EDUCACIÓN CIENTÍFICA TRANSFORMADORA

Pensamiento crítico y compromiso para la justicia social y planetaria

Bilbao 2026 | APICE

32 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales

2, 3 y 4 de septiembre de 2026

Libro de actas

EHU

APICE
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PROFESORES E INVESTIGADORES EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

IkasGaraia
Educación, cultura y desarrollo sostenible

Actas electrónicas de los 32 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Organizadores

- Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU).

- APICE. Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias.

- IkasGaraia: Educación, Cultura y Desarrollo Sostenible. Grupo de investigación de la EHU financiado por el Gobierno Vasco (IT1637-22).

Coordinadores de la edición

Joserra Díez y Aritz Ruiz-González

Comité Organizador

Joserra Díez, Kristina Zuza, Jenaro Guisasola, Oihana Barrutia, Unai Ortega y Aritz Ruiz-González

Comité local (EHU)

Ainara Achurra, Josetxo Gutiérrez (IMH), Elvira Gutiérrez, Oier Pedrera, Ane Portillo, Arantza Rico, Paulo Sarriugarte, Maialen Sistiaga, Araitz Uskola, Teresa Zamalloa, Daniel Zuazagoitia

COMITÉ CIENTÍFICO

Coordinación científica

Joserra Díez (EHU), Kristina Zuza (EHU), Jenaro Guisasola (IMH), Oihana Barrutia (EHU), Unai Ortega (EHU), Aritz Ruiz-González (EHU), Rut Jiménez Liso (UAL), José Cantó Domenech (UV), Araitz Uskola (EHU), Daniel Cebrián (UMA), Ángel Blanco (UMA), Dani Zuazagoitia (EHU), Fátima Rodríguez (US), Genina Calafell (UB), Arantza Rico (EHU), Ana Mª Abril Gallego (UJA), Antonio García Carmona (US), Teresa Zamalloa (EHU), Enrique Ayuso (UM), Rafael López Gay (UAL), Kristina Zuza (EHU), Èlia Tena (UAB), Jaume Ametller (UdG), Ainara Achurra (EHU), Mª José Saiz Bondía (UNIZAR), Víctor López Simó (UAB)

Equipo revisor

Dra. Ana Mª Abril Gallego (Universidad de Jaén); Dra. María del Carmen Acebal (Universidad de Málaga); Dra. Ainara Achurra Ahumada (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dr. David Aguilera Morales (Universidad de Granada); Dr. Jaume Ametller (Universitat de Girona); Dra. Lourdes Aragón (Universidad de Cádiz); Dra. María del Mar Aragón Méndez (Universidad de Cádiz); Dra. María Armario Bernal (Universidad de Cádiz); Dr. Gabriel Enrique Ayuso Fernández (Universidad de Murcia); Dra. Neus Banqué Martínez (Universitat Autònoma de Barcelona); Dra. Oihana Barrutia Sarasua (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dra. Alicia Benarroch Benarroch (Universidad de Granada); Dr. Ángel Blanco López (Universidad de Málaga); Dra. Beatriz Bravo Torija (Universidad Autónoma de Madrid); Dra. Genina Calafell (Universitat de Barcelona); Dra. María Calero Llinares (Universitat de València); Dr. Mario Calvo-Utrilla (Universidad de Castilla-La Mancha); Dr. Rafael Campillos Ladero (Universidad Complutense de Madrid); Dr. Alejandro Carlos Campina López (Universidad de Huelva); Dr. José Cantó Domenech (Universitat de València); Dra. Florentina Cañada (Universidad de Extremadura); Dr. Joaquín Cañero-Arias (Universidad de Málaga); Dra. Esther Cascarosa Salillas (Universidad de Zaragoza); Dr. Daniel Cebrián Robles (Universidad de Málaga); Dr. Isaac Corbacho-Cuello (Universidad de Extremadura); Dra. Digna Couso (Universitat Autònoma de Barcelona); Dra. Beatriz Crujeiras-Pérez (Universidade de Santiago de Compostela); Dra. Marta Cruz-Guzmán Alcalá (Universidad de Sevilla); Dra. Isabel Cruz-Lorite (Universidad de Zaragoza); Dra. María Ángeles De las Heras (Universidad de Huelva); Dr. Antonio De Pro (Universidad de Murcia); Dr. Carlos De Pro Chareguini (Universidad de Murcia); Dr. Luis Delgado Mayoral (Universidad de Almería); Dr. José Ramón Díez (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dra. Yolanda Echegoyen (Universitat de València); Dra. Tamara Esquivel Martín (Universidad Autónoma de Madrid); Dra. Rocío Esteban Gallego (Universidad de Salamanca); Dra. Anna Raquel Esteve Martínez (Universitat de València); Dra. Marcia Eugenio-Gozalbo (Universidad de Valladolid); Dr. Ángel Ezquerra Martínez (Universidad Complutense de Madrid); Dra. Marta Fonolleda Riberaygua (Universitat Autònoma de Barcelona); Dr. Joaquín Franco Mariscal (Universidad de Málaga); Dra. María-Jesús Fuentes-Silveira (Universidade da Coruña); Dra. Rosa Esperanza Galera Flores (Universidad de Cádiz); Dr. Antonio García Carmona (Universidad de Sevilla); Beatriz García Fernández (Universidad de Castilla-La Mancha); Dra. Esther García González (Universidad de Cádiz); Ángela García Lladó (Universitat de Barcelona); Dra. Isabel García-Rodejas Gayoso (Universidade de Santiago de Compostela); Dra. Cristina García-Ruiz (Universidad de Málaga); Dr. Carlos Gómez (Universitat de València); Dra. Marta Gómiz Aragón (Universidad de Cádiz); Dra. Irene González Costa (Universidade de Santiago de Compostela); Dr. David González Gómez (Universidad de Extremadura); Dra. Manuela González Herrera (Universidad de Almería); Dra. Carme Grimalt-Álvaro (Universitat Autònoma de Barcelona); Dra. Marta Gual Oliva (Universitat de Girona); Dra. Irene Guevara Herrero (Universidad Autónoma de Madrid); Dr. Jenaro Guisasola (Escuela de Ingeniería Dual-IMH Campus); Dr. Josetxo Gutiérrez Berraondo (Escuela de Ingeniería Dual-IMH Campus); Dra. Soraya Hamed Al-Lal (Universidad de Sevilla); Dra. Raquel Heras Colàs (Universitat de Girona); Dra. Miriam Andrea Hernández del Barco (Universidad de Alcalá); Dr. Lorenzo Hernández Villalobos (Junta de Andalucía); Dra. Julia Hinojosa Lobato (Universitat de Barcelona); Dra. Amparo Hurtado (Universitat de València); Dra. Mireia Illescas Navarro (Universidad de Huelva); Dra. Rocío Jiménez Fontana (Universidad de Cádiz); Dra. María Rut Jiménez Liso (Universidad de Almeria); Dra. Natalia Jiménez Tenorio (Universidad de Cádiz); Dr. Miguel Lara Rayo (Universidad de Cádiz); Dr. Rubén Limiñana Morcillo (Universidad de Alicante); Dra. Carlota López Fernández (Universidad de Castilla-La Mancha); Dra. María Antonia López Luengo (Universidad de Valladolid); Dr. Víctor López Simó (Universitat Autònoma de Barcelona); Dra. Luisa López-Banet (Universidad de Murcia); Dr. Rafael López-

Gay (Universidad de Almería); Dr. Antonio Lorca Marín (Universidad de Huelva); Dra. María del Mar López-Fernández (Universidad de Huelva); Antonio Lorca Marín (Universidad de Huelva); Dra. Anna Marbá (Universitat Autònoma de Barcelona); Dr. José María Marcos Merino (Universidad de Extremadura); Jorge Martín García (Universidad de Zaragoza); Dra. María Mercedes Martínez Aznar (Universidad Complutense de Madrid); Dra. María Martínez-Chico (Universidad de Almería); Dra. Beatriz Mazas Gil (Universidad de Zaragoza); Dr. Pedro Membiela (Universidade de Vigo); Dra. Asunción Menargues (Universidad de Alicante); Dr. Francisco Javier Muela García (Universidad de Jaén); Dra. María Napal (Universidad Pública de Navarra); Dr. José María Oliva (Universidad de Cádiz); Dra. Begoña Oliveras Prat (Universitat Autònoma de Barcelona); Dra. Vanesa Ortega Quevedo (Universidad Complutense de Madrid); Dr. Unai Ortega Lasuen (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dr. Jairo Ortiz Revilla (Universidad de Burgos); Dra. Mª Esther Paños Martínez (Universidad de Castilla la Mancha); Dra. Montse Pedreira (Universitat de Manresa); Dr. F. Javier Perales (Universidad de Granada); Dr. Uxío Pérez (Universidade de Vigo); Dra. M. Tatiana Pina Desfilis (Universitat de València); Dra. Carolina Pipitone (Universitat de Barcelona); Dr. Adrián Ponz (Universidad de Zaragoza); Dr. Jorge Pozuelo Muñoz (Universidad de Zaragoza); Dr. Antonio Quesada Armenteros (Universidad de Jaén); Dra. Alejandra Ramírez Segado (Universidad de Granada); Dr. Diego Armando Retana Alvarado (Universidad de Costa Rica); Dr. José Reyes Ruiz (Universidad de Castilla-La Mancha); Dra. Arantza Rico Martínez (Euskal Herriko Unibertsitatea), Dr. Juan Rivadulla López (Universidade da Coruña); Dra. Ana Rivero (Universidad de Sevilla); Dr. Francisco Javier Robles Moral (Universidad de Murcia); Dra. Beatriz Robredo Valgañón (Universidad de La Rioja); Dr. Íñigo Rodríguez Arteche (Universidad de Almería); Dr. Carlos Rodríguez Casals (Universidad de Zaragoza); Dra. Fátima Rodríguez Marín (Universidad de Sevilla); Dra. Marta Romero Ariza (Universidad de Jaén); Dr. Miguel Romero Gutiérrez (Universidad de Murcia); Dra. María del Carmen Romero López (Universidad de Granada); Dr. Germán Ros Magán (Universidad de Alcalá); Dr. Aritz Ruiz-González (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dra. Mª José Saez Bondía (Universidad de Zaragoza); Dr. J. Samuel Sánchez Cepeda (Universidad de Extremadura); Dr. Josu Sanz (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dr. Paulo Sarriugarte (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dr. Francisco Savall Alemany (IES Veles e Vents); Dra. Cristina Simarro (Universitat Politècnica de Cataluyna); Dra. Maialen Sistiaga (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dr. Joan J. Solaz (Universitat de València); Dra. Caterina Solé Martín (Universitat Autónoma de Barcelona); Dra. Èlia Tena Gallego (Universitat Autònoma de Barcelona); Dra. Sandra Pilar Tierno Gómez (Universitat de València); Dra. Araitz Uskola Ibarluzea (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dra. Cristina Vallés Rapp (Universidad de Valladolid); Dr. José Javier Verdugo (Universitat de Valéncia); Dr. Juan José Vicente Martorell (Universidad de Cádiz); Dr. José Miguel Vílchez (Universidad de Granada); Dra. Teresa Zamalloa Echevarría (Euskal Herriko Unibertsitatea) Dr. Francisco Zamora Polo (Universidad de Sevilla); Daniel Zuazagoitia Rey-Baltar (Euskal Herriko Unibertsitatea); Dra. Mª Isabel Zudaire Ripa (Universidad Pública de Navarra); Dra. Kristina Zuza Elosegi (Euskal Herriko Unibertsitatea).

PRESENTACIÓN

Los 32 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (ÁPICE) se celebran, por primera vez, en Bilbao. Del 2 al 4 de septiembre de 2026, el Bizkaia Aretoa acoge este evento bajo el lema "Educación científica transformadora: pensamiento crítico y compromiso para la justicia social y planetaria". Con esta elección, la organización ha querido remarcar la urgencia de repensar la educación científica frente a los desafíos globales de nuestro tiempo: la crisis climática, la pérdida de biodiversidad, la proliferación de bulos, el auge del autoritarismo y la lucha por la justicia social. Ante esta realidad, es prioritario capacitar al alumnado —y muy especialmente al futuro profesorado— para actuar con criterio, integrar la educación para la sostenibilidad y proteger la salud colectiva y ambiental. La comunidad de investigación en educación científica sigue consolidando, en esta línea, sus trabajos teóricos y aplicados. El alcance de estos Encuentros es deliberadamente amplio: abarca desde la educación infantil hasta la universitaria, sin olvidar los entornos no formales e informales.

Más allá de difundir la producción científica, el objetivo principal de este congreso es generar espacios de aprendizaje colectivo y diálogo crítico. Estas actas reflejan ese esfuerzo por fortalecer los vínculos dentro de ÁPICE y promover el intercambio genuino de experiencias que consolida nuestra red colaborativa. El fin último es generar conocimiento compartido y riguroso, capaz de responder a la necesidad de alfabetización científica y de toma de decisiones informadas, tanto en las aulas como en la sociedad en su conjunto.

Estas actas reúnen las aportaciones y avances de los Encuentros, estructurados en torno a las siguientes líneas temáticas:

- Cuestiones sociocientíficas, pensamiento crítico y ciudadanía democrática
- Educación científica para la sostenibilidad, la salud y la justicia social
- Naturaleza de la ciencia, epistemología y alfabetización científica
- Formación del profesorado y desarrollo profesional en didáctica de las ciencia
- Diseño y evaluación de propuestas didácticas innovadoras
- Enseñanza de las ciencias en contextos diversos

La acogida de esta edición ha sido excelente. Se han inscrito 300 personas, procedentes en su mayoría de universidades y centros de investigación del Estado español. A ellas se ha sumado una representación internacional de investigadoras e investigadores de Chile, Portugal, Italia, Costa Rica, Corea del Sur y los Países Bajos.

La participación se ha organizado en dos modalidades. La primera, denominada Flash-Diálogo, es un formato novedoso orientado a favorecer el aprendizaje colectivo: la articulación temática entre comunicaciones breves y el debate crítico con ponentes y público. La segunda, presentaciones Estándar, sigue el formato clásico e individualizado.

Las sesiones Flash-Diálogo (nueve en total) agrupan, en torno a cada línea temática, un conjunto de comunicaciones breves —diez o más, de cinco minutos cada una— seguidas de un debate colectivo estructurado de entre 45 y 50 minutos. Cada sesión completa dura dos horas y se celebra en una de las tres

salas paralelas habilitadas para esta modalidad, lo que concentra una audiencia mayor que en las sesiones estándar, repartidas en seis salas simultáneas. El formato se celebra como una conversación académica estructurada, y no como una simple sucesión de exposiciones independientes. Para lograrlo, cada línea cuenta con una persona experta que ha preparado de antemano el estado del arte de la temática y las preguntas de reflexión que estructuran el hilo conductor.

La clave de esta modalidad reside en combinar brevedad, orden y capacidad de articulación temática. Las sesiones funcionan de forma óptima gracias a la implicación conjunta de las personas coordinadoras de línea y de la persona experta, y gracias también a preguntas capaces de generar diálogo real. Así, las intervenciones se orientan no solo a cada trabajo individual, sino al valor de conjunto que emerge de la conversación académica.

Las sesiones Estándar (veintidós en total) ofrecen, por su parte, un formato individualizado, con presentaciones agrupadas por líneas temáticas y un debate específico tras cada intervención. Al desarrollarse en seis sesiones paralelas simultáneas, su audiencia potencial es menor. Cada sesión, de 90 minutos, reune por lo general seis comunicaciones de diez minutos por línea temática, seguidas de una discusión de máximo cinco minutos con el resto de ponentes y el público asistente. La moderación corresponde a las personas asignadas por el Comité Científico, que gestionan el tiempo con rigor.

Las guías que el Comité de Dirección del congreso ha hecho llegar con semanas de antelación a coordinadoras de línea, personas expertas y moderadoras son decisivas para lograr una moderación eficiente y una gestión impecable del tiempo.

Se presentan 236 comunicaciones —104 como flash-diálogo y 132 como estándar— en el emblemático edificio del Bizkaia Aretoa, cedido para la celebración del evento por la Euskal Herriko Unibertsitatea. Cabe destacar la intensa labor de los coordinadores y coordinadoras de línea, tanto en la organización de la revisión de las comunicaciones recibidas como en el desarrollo de las sesiones. También merece mención el trabajo de moderadores y moderadoras, que conducen las sesiones estándar conforme a las normas establecidas, así como el de las personas expertas, cuya dedicación previa y durante el congreso es muy intensa. Por último, ha de reconocerse la labor de más de 130 personas que han actuado como revisoras, aplicando con rigor las normas de evaluación. La actuación conjunta de todas ellas, junto con el Comité Local y la Secretaría Técnica, da como resultado un espacio de aprendizaje y reflexión compartida. Eventos como este, en los que la comunidad ÁPICE participa de forma activa, resultan indispensables para avanzar hacia una educación científica transformadora, que aporte bases teóricas y empíricas sólidas para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, desde la etapa Infantil hasta la Educación Superior.

Coordinadores de la edición

Joserra Díez y Aritz Ruiz-González (Euskal Herriko Unibertsitatea)

ÍNDICE

LT1. Cuestiones sociocientíficas, pensamiento crítico y ciudadanía democrática

Comunicaciones Flash - Diálogo

Utilización en el aula de una controversia socio-científica sobre alimentos transgénicos para la mejora de la argumentación entre los estudiantes de 1° Bachillerato 32

Adolfo Carrasco-Sánchez, Juan Pedro Martínez-García, Gabriel Enrique Ayuso-Fernández y Francisco Javier Robles-Moral

Asistente de IA para la Argumentación y la Toma de Decisiones sobre Cambio Climático 38

Isabel María Cruz Lorite, Alba Ramos Solano, Adrián García Abenza y Paloma España Naveira

Ideas previas sobre raza y genética en alumnado de secundaria: un diagnóstico para la deconstrucción de prejuicios mediante la alfabetización genética 44

Diana Diaby Sánchez, Lucía Torres-Muros y Jose Manuel Sánchez-Robles

Mitos y realidades en la ciencia: una propuesta para desarrollar el pensamiento y la alfabetización científica en Educación Primaria 50

Carmela García-Marigómez, Elena Yagüe Fuentes y Cristina Gil-Puente

Cultivando criticality en el aula: un diseño One Health sobre microbiota 56

Irene González-Costa, Paloma Blanco-Anaya y Blanca Puig

El abordaje del pensamiento crítico en el diseño de actividades de educación ambiental 62

Isabel Lara-Espinosa, Carme Grimalt-Álvaro y Anna Marbà Tallada

Asistente de IA para abordar el problema sociocientífico del cambio climático con estudiantes del Grado en Educación Primaria 68

Miriam Palma-Jiménez, Daniel Cebrián-Robles y Ángel Blanco-López

Consumo informativo e interés espontáneo por la ciencia entre los docentes en formación 73

Reina Vázquez, Marta; Ceballos Aranda, Marta; Pérez Bueno, Beatriz; Vílchez López, José Eduardo; Pamplona Roche, Sonia; Martínez Chicharro, María y Ezquerra, Ángel

Evolución de la percepción y el pensamiento crítico sobre el cambio climático asistido por IA 79

Claudia Valero Porras, Alba Ramos Solano, Francisco José González García y Daniel Cebrián Robles

La IA socrática como motor de pensamiento crítico: Percepciones, retos y la importancia de la guía docente 85

Vicente Zambrana Arranz y Daniel Cebrián

Comunicaciónes Estándar

Sesión 1: **Inteligencia artificial, argumentación y competencia digital en la educación científica**

La no irrupción de la IA en la enseñanza de las ciencias en las revistas españolas 91

Mario Calvo-Utrilla, Esther Paños, Carlota López-Fernández y José Reyes Ruíz-Gallardo

Promover la argumentación mediante juegos de rol frente a problemas sociocientíficos: percepciones de los docentes en formación 97

Eugenia García García, Elena García Buitrago, Blanca A. García Yelo, Ricardo del Toro, Ana Cano-Ortíz y Vanessa Ortega-Quevedo

La competencia digital y el pensamiento crítico del profesorado de educación primaria en formación 103

M. Francisca Petit y Jordi Solbes

Asistente de IA para ayudar al mapeo de controversias relacionadas con las centrales nucleares 109

Daniel Cebrián Robles, Isabel María Cruz Lorite, Aurelio Cabello Garrido y Enrique España Ramos

Impacto de un asistente de inteligencia artificial en la evolución de la argumentación del alumnado de Formación Profesional sobre la vacunación del VPH 115

Agustina Torres-Prioris, María del Carmen Acebal-Expósito y Daniel Cebrián-Robles

Evaluación de modelos de Inteligencia Artificial generativa abierta y cerrada en educación superior 121

Paloma España-Naveira, Eva Luque-García, Luz del Pino Fernández-Valderrama Aparicio, y Daniel Cebrián Roble

Sesión 2: **Alfabetización científica, pensamiento crítico y toma de decisiones en la educación científica formal**

Evolución de las opiniones de estudiantes de 4.º de ESO sobre la desextinción durante una propuesta didáctica 127

Cristina Ruiz González, Isabel María Cruz Lorite y Ángel Blanco López

Ideas no basadas en evidencias científicas en los futuros docentes de primaria 133

Jordi Solbes, Rafael Palomar y M. Francisca Petit

Uso de fuentes de conocimiento y su evolución en ensayos de Biología....138

Sonia Carolina Sepúlveda González y Anna Marbà Tallada

Dimensiones socio-científicas empleadas por el profesorado en formación en la toma de decisiones sobre productos de consumo.....144

Virginia Aznar-Cuadrado y Sabela F. Monteira

La toma de decisiones como eje del pensamiento crítico en la formación de maestros.....150

Lucía Casas-Quiroga

Estudio sobre dificultades y estrategias didácticas en la enseñanza de la alimentación sostenible en la Educación Secundaria Obligatoria 156

Samuel Cabrera Edery y Teresa Lupión Cobos

Cumbre energética: análisis argumentativo, metacognitivo y emocional en la formación inicial del profesorado.....162

Hernández-Barco, M.A. y Ros-Magán, G.

LT2. Educación científica para la sostenibilidad, la salud y la justicia social

Comunicaciones Flash - Diálogo

Avances en el diseño de EcoScale. Un instrumento para evaluar la conciencia ambiental 169

David Aguilera, Alejandro Buendía-Martínez y José Miguel Vílchez-González

Competencias en sostenibilidad del futuro profesorado de Educación Primaria en Finlandia y España 175

Isabel Banos-González, Eija Yli-Panula, Ana Ruiz-Navarro y María Á. García-Fortes

Percepciones y competencias para la sostenibilidad en la profesión docente..... 180

Sandra Bueno Férez, Patricia Esteve Guirao, Magdalena Valverde-Pérez y María Á. García-Fortes

Educación para el cambio climático en la formación inicial del profesorado de secundaria..... 186

Genina Calafell-Subirà, Anna Serra, Ferran Crespo, Gregorio Jiménez, Gerard Guimerà, Noelle Fabre, Mireia Esparza, Rosa M. Medir y Salvador Viciana

Educación para la Sostenibilidad en la formación inicial docente: Análisis de la percepción del alumnado del Grado en Maestro/a en Educación Primaria 192

María Calero, José Cantó, Raquel De Rivas, Olga Mayoral, Tatiana Pina y Amparo Vilches

Ciencia y sostenibilidad en la formación inicial de maestras y maestros: un estudio descriptivo de creencias y actitudes 198

Nuria Castiñeira-Rodríguez, Cristina Cambeses-Franco, Candela Rodríguez-Conde y Uxío Pérez-Rodríguez

Aproximación al Conocimiento del Enfoque One Health en Futuros Docentes de Educación Infantil: Implicaciones para la Didáctica de las Ciencias 204

Laura Salahange González, Alejandro De la Hoz Serrano, Lina Viviana Melo Niño, Miguel Ángel Gonzámez Maestre, Susana Sánchez Herrera, María Luísa Navarro Pérez y Javier Cubero Juánez

De la comprensión a la aplicación: sostenibilidad, ODS y transición ecosocial en el Trabajo de Fin de Grado en la formación inicial docente..... 209

Mireia Esparza, Genina Calafell Subirà, Ferran Crespo i Torres, Salvador Viciana, Encarnación Carrasco, Enric Font, Amor Montané, Berta Palou, Francina Torras y Annie E. Wilson

Comprender el contagio: efectos de una intervención educativa sobre conocimiento, comportamiento preventivo y culpabilidad anticipada 215

Marta González Pulido, Jesús Gómez Ochoa de Alda, María Rocío Esteban Gallego y José María Marcos Merino

¿Desde qué áreas enseñar sostenibilidad? Percepciones del profesorado de educación primaria sobre su integración curricular..... 221

Marta Gual Oliva, Paula López-Serentill y Leslie Mahe Collazo

Educación para el cambio climático en secundaria: análisis cualitativo de prácticas docentes y prioridades didácticas..... 227

Guimerà-Ballesta, Gerard; Calafell-Subirà, Genina y Jiménez-Valverde, Gregorio

Una propuesta de progresión sobre la noción de circularidad para abordar la alimentación sostenible 233

Lidia López Lozano, Fátima Rodríguez-Marín, Marta Dormido Delgado, María Puig Rodríguez y J. Eduardo García Díaz

Alfabetización Ambiental Crítica: Una propuesta de Hipótesis de Transición de la Argumentación Científica Escolar (HTACE) 239

Joyce Maturana, Esther García y Beatriz Gallego

Implicación de la comunidad educativa frente al cambio climático en un centro educativo 245

Mar Montalvo-García, Vanessa Ortega-Quevedo, María Antonia López-Luengo y Carmela García-Marigómez

¿Ciencia de bata o de bota? La actividad científica desde la mirada infantil y las prácticas científicas..... 251

Hortensia Morón Monge, Mario Sahuquillo Hortelano y Carmen Solís-Espallargas

Educación para la sostenibilidad, creatividad e IA: una experiencia educativa con futuros maestros..... 257

Isabel Pont Niclòs, Yolanda Echegoyen Sanz, Patricia Orozco Gómez y Antonio Martín Ezpeleta

Evaluar la Nueva Cultura del Agua en formación docente: comparación entre dos instrumentos de medida..... 262

Alejandra Ramírez-Segado, María Rodríguez-Serrano y Alicia Benarroch Benarroch

Convergencias educativas entre STEM, sostenibilidad y justicia social: una revisión sistemática..... 268

Susana Rams, Araceli García-Yeguas, Sila Pla-Pueyo y Francisco Javier Perales-Palacios

Explorando las concepciones del alumnado sobre el sistema agroalimentario contextualizado en el territorio.....274

Carlos Rodríguez-Casals, Beatriz Carrasquer Álvarez, Esther Cascarosa Salillas, Adrián Ponz Miranda, Jorge Pozuelo Muñoz y Eva María Terrado Sieso

Indagación y fortalecimiento de actitudes ambientales hacia el uso responsable del agua en educación primaria..... 280

Alejandro Stiven Valerín Navarro y Diego Armando Retana Alvarado

Cambio conceptual sobre la descomposición de materia orgánica mediante ciencia ciudadana: un análisis multimodal en secundaria..... 286

Daniel Zuazagoitia, Marcia Eugenio-Gozalbo, Lucía Alcántara Rubio, Lourdes Morillas, Inés Ortega-Cubero, Pablo Homet, María Teresa Domínguez, Marta Gil-Martínez

Comunicaciones Estándar

Sesión 1: **Currículo, ODS y transición ecosocial**

De la Agenda 2030 al aula de infantil: análisis de la presencia y ausencia de los ODS en el currículo español de educación científica temprana..... 292

Juan-Francisco Álvarez-Herrero

Perspectivas y dimensiones de los ODS en alumnado de primaria..... 296

Jorge Crespo-Martín, Isaac Corbacho-Cuello y Aurora Muñoz-Losa

La Competencia de Cambio Climático (C3). Una ruta para pasar de las ideas a la acción en el sistema educativo..... 302

Enzo Ferrari, Anne-Marie Balleger, Inés García-Bohorquez, Diego Corrochano, Rafael Suárez y Camilo Ruiz

El Rol de las Organizaciones Escolares en la Educación para la Sostenibilidad 306

Inés García-Bohórquez, Dries Verhelst, Fernando Martínez-Abad y Camilo Ruiz

¿Cómo enseñamos sobre el agua? Concepciones de docentes en un proyecto de ciencia ciudadana 312

Alba Ramos-Solano, Daniel Cebrián-Robles, Isabel María Cruz-Lorite y Paloma España-Naveira

Sesión 2: **Formación inicial del profesorado y educación STEAM para la sostenibilidad**

Educación científica frente al reto de la contaminación plástica en la formación inicial del profesorado 318

Laura Salahange-González, María Antonia Dávila-Acedo, Jesús Sánchez-Martín y Florentina Cañada-Cañada

Revalorizar los Servicios Ecosistémicos en la formación inicial del profesorado de educación secundaria mediante diseño de propuestas ABP..... 324

Ana Cano-Ortiz, Juan Peña-Martínez, José Daniel Sánchez-Martínez, Eugenia García García, Ricardo del Toro, Blanca Ana García Yelo y Elena García Buitrago

Evolución de las emociones en Alfabetización Ambiental 330

Alicia Guerrero Fernández, Rocío Jiménez Fontana y Emilio Solís Ramírez

Innovación social educativa y educación STEAM transdisciplinar: orientaciones didácticas para abordar problemas sociales 336

Miguel Ángel Merino-Fernández y Jairo Ortiz-Revilla

La identidad STEM en Educación Primaria: análisis del interés, la autoeficacia, las aspiraciones y la autoidentificación STEM del alumnado de 5° y 6° del País Vasco 342

Unai Coronel-Gastiain, Eider Goñi y Arantza Rico

Sesión 3: **Evaluación, alfabetización ambiental y conciencia ecosocial**

Riesgo percibido y compromiso ante la emergencia climática..... 348

Isabel Banos González, Carlos Martínez Román, Francisco Sánchez López, Moisés Birruezo Gutiérrez, Antonio González Carrión, María Ángeles García Fortes, Magdalena Valverde Pérez y Ana Navarro Ruiz

Revisión sistemática de cuestionarios sobre conciencia oceánica. Resultados preliminares 354

Isabel María Cruz Lorite, Blanca Puig, Ángel Blanco López y Maria Evagorou

Cuestionario para analizar el grado de alfabetización ambiental que tiene el profesorado en activo y su modelo de enseñanza 360

Sandra María Ramos Ballesteros, Emilio Solís Ramirez, Soraya Hamed Al-Lal, Alicia Guerrero Fernández y Lidia López Lozano

Instrumento para indagar la alimentación sostenible en la comunidad universitaria 366

Emilio Solís Ramírez, Soraya Hamed Al-lal, Gonzalo Ramírez-Macías, Olga Duarte Piña y Ana Rivero García

¿Es transversal la Alfabetización Ambiental en el currículo de educación primaria de la Comunidad Valenciana? 372

Paula Bo Devís, Ignacio García Ferrandis y Cristina Sendra Mocholí

Sesión 4: **Cambio climático, biodiversidad y aprendizaje en contextos naturales**

Validación transnacional de una escala de Competencia en Cambio Climático para adolescentes de España y Honduras 378

Enzo Ferrari, Rebeca Ferreira Corchero, Anne-Marie Ballegeer y Camilo Ruiz

Razonamiento sistémico sobre la pérdida de biodiversidad usando la red ecológica de la charca del campus 384

Lidia Caño Pérez y Maialen Sistiaga Poveda

Enseñanza científica en la naturaleza: una aproximación desde la escuela bosque Abellota 390

Javier Martínez-Aznar, Ángel de Frutos, Guiomar Calvo y Pedro Lucha

¿Qué hacemos con NOVA y los Ultraprocesados? 396

Aurelio Cabello Garrido, Enrique España Ramos, Alba Ramos Solano y Francisco José González García

Observando seres vivos en la naturaleza. Ceguera hacia las plantas en educación primaria 402

Jerónimo Torres-Porras, Jorge Alcántara-Manzanares, José Joaquín Ramos-Miras, Isabel María Muñoz-García y Patricia Hidalgo-Vaquerizas

Validación del School Garden Learning Questionnaire (SGLQ): un instrumento competencial para evaluar el aprendizaje en huertos escolares en educación primaria 408

Enzo Ferrari y Marcia Eugenio-Gozalbo

Comunicaciones Flash - Diálogo

La naturaleza de la ciencia (NOS) en el núcleo de la formación didáctica específica del profesorado 415

Carlos Agudelo-Carvajal, Àngela Garcia-Lladó, Carolina Pipitone-Vela y Agustín Adúriz-Bravo

Evolución del concepto de alfabetización científica en educación infantil: del modelo deficitario a la participación ciudadana (2000-2024) 421

Juan-Francisco Álvarez-Herrero

Robótica Educativa en la Enseñanza de las Ciencias: una Revisión de la literatura 425

Viviane Barbosa da Silva Paiva, Luciana Harumi dos Santos Sakano, Safaa Shamhood, Maria Martínez-Chicharro, Ivoneide Mendes da Silva, Sonia Pamplona y Ignacio Julio Idoyaga

Conocimiento epistémico y pensamiento crítico puesto en juego para evaluar la adecuación de una actividad de indagación en el laboratorio escolar 431

Leticia González-Rodríguez y Beatriz Crujeiras-Pérez

Valores de la ciencia y confianza epistémica: un desafío educativo en la era de la posverdad 437

Elisa Izquierdo-Acebes y Antonio García-Carmona

Analogías para indagar concepciones de estudiantes de secundaria sobre el concepto de ciencia 443

María Gabriela Lorenzo, Teresa Quintero y Ángel Blanco-López

La evolución biológica en el currículo LOMLOE de Educación Secundaria: un análisis desde el modelo de ser vivo complejo 449

Javier M. Zambruno, Hortensia Morón Monge, Paula Daza Navarro y Miguel Ángel Herrera Pavo

Comprensión de la naturaleza de la ciencia y la indagación científica en Educación Infantil: Estudio piloto en el País Vasco utilizando el instrumento YCVS 455

Aritz Ruiz-González y Arantza Rico

NOS-copio: Imágenes generadas por IA como recurso explícito-reflexivo sobre Naturaleza de la Ciencia en la formación inicial docente 461

Eva M. Terrado Sieso, Jorge Pozuelo Muñoz, Esther Cascarosa Salillas, Francisco J. Serón Torrecilla, Ana de Echave Sanz, Carlos Rodríguez Casals

Avances en la caracterización de la alfabetización genética funcional: análisis de instrumentos de evaluación para los desafíos del siglo XXI 467

Zudaire, I.; Ayuso, G.E., Robles-Moral, F.J.; Vázquez-Urio, I.; Huidobro, C.; Napal, M.[6]; Uriz, I.; Cruz Lorite, I.M. y Ruya Bedizel, N.

Comunicaciones Estándar

Sesión 1: **Modelos, modelización y naturaleza de la ciencia en la educación científica obligatoria y la formación del profesorado**

Construyendo las bases para una alfabetización científica desde la primera infancia: Revisión de estudios sobre modelos precursores..... 473

Isabel García-Rodeja Gayoso, Vanessa Sesto Varela y Susana Vázquez Martínez

Más allá de “piedras bonitas”: aprender sobre rocas y minerales en Educación Infantil..... 477

Ana Forriol, Olga Martínez-Jareño, Carlota López-Fernández, Mario Calvo-Utrilla, Esther Paños y José Reyes Ruiz-Gallardo

Modelos mentales iniciales del Reino Fungi en Educación Primaria y sus implicaciones didácticas..... 483

Daniela Barría-Díaz y Pedro Lucha

Persistencia de los modelos del alumnado sobre la disolución de un gas en un líquido: un estudio longitudinal..... 489

Joaquín Cañero Arias, José María Oliva Martínez y Ángel Blanco López

Aspectos metacognitivos y motivacionales durante una SEA sobre naturaleza de la ciencia a través de la indagación basada en modelos..... 495

Germán Ros, Rafael Fernández-Toledano e Iñigo Rodríguez-Arteche

Prácticas docentes para la modelización científica escolar: aproximación progresiva a la enseñanza modelizadora 501

Ainoa Marzabal, Franklin Manrique y Digna Couso

Comunicaciones Flash - Diálogo

El imaginario docente sobre la enseñanza de las ciencias en Educación Infantil antes de cursar una asignatura sobre didáctica de las ciencias 508

Guiomar Calvo Sevillano, Pedro Lucha López, Javier Martínez Aznar y Ángel de Frutos Tena

Introducción a las prácticas de ingeniería en la formación inicial de maestras de Infantil 514

Marta Cruz-Guzmán y Antonio García-Carmona

¿Cómo evolucionan las emociones que experimentan las futuras docentes de educación infantil tras una experiencia formativa activa sobre nutrición humana? 520

Carlos de Pro Chereguini, Miguel Romero Gutiérrez y Florencia Natalia Praderio Gaias

Visión de la ciencia escolar por docentes de Educación Infantil 526

Anna R. Esteve, Tatiana Pina, Cristina Sendra y Sandra P. Tierno

Álbumes ilustrados y juegos para enseñar ciencias en la etapa infantil: retos y oportunidades 532

Noëlle Fabre, Genina Calafell, Salvador Viciana, Ferran Crespo, Sandra Entrena, Cinthia Pereira y Montserrat Olmeda

El valor de la educación al aire libre para los maestros en ejercicio 538

Luis Miguel Ferrer Bueno y Javier Martínez Aznar

Impacto emocional de una metodología de aula invertida en la enseñanza universitaria de las ciencias 543

Hernández-Barco, M.A., Rodríguez-Laguna, M.T., Ortega-Higueruelo, F.J., López-Comazzi, A. y Larrodera-Baca, C.

Bajo el prisma de la IA: pensamiento crítico sobre profesiones científicas en la formación inicial del profesorado 549

Covadonga Huidobro, Elena Arboleya-García y Jose Manuel Montejo-Bernardo

Docentes del futuro ante la inteligencia artificial: adaptación del cuestionario AIEDSAT mediante Mini-Delphi en profesorado en formación 555

Lizbeth Labañino Palmeiro, Antonio Alejandro Lorca-Marín, María Ángeles De las Heras-Pérez y Alejandro Carlos Campina-López

De la retroalimentación entre iguales a la reflexión didáctica en una experiencia de microteaching de química 561

Iván Marchán-Carvajal y Gregorio Jiménez-Valverde

Reduciendo la brecha entre perfiles STEM y no STEM de futuros maestros mediante indagación interdisciplinar biología-matemáticas 567

José María Marcos-Merino, Cristina Valares-Masa, Jesús Gómez Ochoa de Alda y María Rocío Esteban Gallego

Percepción del alumnado del Grado en Educación Primaria sobre una secuencia formativa orientada a disminuir la brecha entre la formación universitaria y la práctica escolar 573

Marina Martínez-Carmona e Iñigo Rodríguez-Arteche

Ejemplo de buena práctica docente en el desarrollo del pensamiento científico en Educación Infantil 579

Mar Montalvo-García, Vanessa Ortega-Quevedo, María Antonia López-Luengo y Cristina Gil-Puente

Las aves como recurso educativo: percepciones y conocimientos de futuros docentes 585

Alba Moreno, Mª del Carmen Conde y Elena Bravo, Emilio Costillo

La evaluación en Física y Química: análisis exploratorio de los instrumentos utilizados en Secundaria 590

Enric Ortega Torres

Patrones temporales de las emociones académicas en el aprendizaje de la Física 596

Beatriz Pérez-Bueno, Roque Jiménez-Pérez y María de los Ángeles de las Heras Pérez

Ideas previas del profesorado de Primaria en formación sobre rocas y minerales: representaciones y reconocimiento. Resultados iniciales 602

Francisco Javier Robles Moral, Manuel Fernández Díaz y José Orenes Carceles

Diseño de secuencias didácticas basadas en la indagación en la formación inicial del profesorado de Educación Infantil: ¿están preparados los futuros docentes? 608

Beatriz Robredo, Enrique V. Navajas, Eva M. Gómez, Esther Sevilla, Ruben Limiñana, Isabel Luján, Carolina Nicolás, Alexandra Rey, Esther Paños, Carlota López, J. Reyes Ruiz, M. Asunción Menargues

Aprender haciendo: el jardín geológico como laboratorio de inteligencia artificial 614

Marta I. Saludes Zanfaño, M.ª Rocío Esteban Gallego y Agustina Fernández Fernández

Intervención formativa con IA educativa para el desarrollo de competencias técnicas, éticas y pedagógicas desde un contexto de conciencia ambiental. Un estudio de caso mixto 620

Paula Andrea Segura Delgado, Enrique Maya Cámara y Martha Helena Ramírez Bahena

Educación STEM con visión disciplinar en la formación inicial del profesorado de secundaria 626

Cristina Simarro, Caterina Solé Martín, Èlia Tena Gallego, Susana Vásquez Elias y Antonio Hernández-Fernández

¿Qué acciones docentes clave identifican las maestras en formación para diseñar e implementar un taller de experimentación? 632

Caterina Solé, Èlia Tena y Digna Couso

Diseño de rincones de ciencias por profesorado de Educación Infantil en formación 637

Sandra P. Tierno y José Cantó

Integración de Ciencias y Matemáticas en la formación inicial del profesorado: La charca del Campus 643

Ane Zabaleta, Ane Izagirre y Lidia Caño

Comunicaciones Estándar

Sesión 1: Identidad docente, reflexión y pensamiento implícito en la formación inicial del profesorado de ciencias

Estudio exploratorio sobre las identidades científica y docente del profesorado en formación inicial de ciencias y tecnología de Educación Secundaria 649

Cristina García-Ruiz, Jorge Luque-Jiménez, Carolina Martín-Gámez y Alicia Fernández-Oliveras

Percepciones del profesorado en formación inicial sobre la aplicación del visual thinking para la reflexión sobre la identidad docente 655

Liliana López-López y Cristina García-Ruiz

Identidad docente STEM a través de la indagación y las controversias: diseño de un instrumento 661

Israel Díez Santibáñez, Francisco J. Muela y Ana M. Abril

Percepción de profesorado en formación inicial sobre aspectos de su identidad docente STEM con perspectiva de género 667

Carolina Martín-Gámez, Cristina García-Ruiz, Verónica Torres-Blanco, Desirée García-Durán, Agustina Torres-Prioris y Asunción Jiménez-Cordero

Cuestionando el pensamiento docente implícito del futuro profesorado de secundaria 673

Alejandra Abellán-Llobregat, Alexandra Rey Cubero, Carolina Nicolás-Castellano, Isabel Luján Feliu-Pascual, Rubén Limiñana Morcillo, Asunción Menargues Marcilla, Sergio Rosa Cintas, Joaquín Martínez-Torregrosa

Mapeando trayectorias reflexivas en futuros docentes de ciencias a través del "darse cuenta": Un estudio exploratorio 679

Jaime Solís Pinilla, Roxana Jara Campos, Joyce Maturana Ross y Cristian Merino Rubilar

Sesión 2: **Perspectiva de género en la formación docente: concepciones, prácticas e identidad profesional**

Más allá del sesgo de género: estereotipos físicos como marcadores tempranos del cambio en las representaciones científicas de futuras maestras 684

Juan-Francisco Álvarez-Herrero

Expresión de las jerarquías de género en concepciones y prácticas de enseñanza del profesorado en formación de ciencias 688

Pamela Palomera-Rojas

Formación del profesorado de ciencias: prácticas educativas con perspectiva de género 694

Carolina Martínez-Galaz, Pamela Palomera-Rojas y Núria Solsona-Pairó

Construcción de la identidad profesional de formadores de docentes de ciencias sensibles al género: experiencias, conocimiento epistemológico y prácticas educativas 700

Carolina Martinez-Galaz, Jaime Fauré Niñoles, Giselle Melo-Letelier, Pamela Palomera-Rojas, Núria Solsona i Pairó, Valeria del Campo y Maximiliano Montenegro

Experiencias subjetivas de aprendizaje y conocimiento epistemológico en formadores de docentes de ciencias sensibles a la relación entre género y educación científica 706

Carolina Martinez-Galaz, Giselle Melo-Letelier y Jaime Fauré Niñoles

Diseño y validación de una rúbrica para evaluar la perspectiva de género en prácticas de indagación científica del profesorado de ciencias en formación 712

Fabianna Otárola-Benavides, Carolina Martín-Gámez, Cristina García-Ruiz, Sylvia Moraga-Toledo, Carolina Martínez-Galaz

Sesión 3: **Del diseño a la práctica: proyectos STEM/STEAM e interdisciplinariedad en la educación científica**

La integración de las ciencias experimentales en proyectos STEAM. Análisis desde la perspectiva docente 718

Vanessa Ortega Quevedo, María Mercedes Martínez Aznar, Juan Fraile González, Belén Palop del Río, Irene Ortiz Nieto, Susana Sastre Merino y José Luis Martínez Núñez

Desafíos organizativos y pedagógicos en la implementación de proyectos STEAM en Educación Secundaria 724

Verónica Guilarte, Ana Belén Montoro, María del Carmen Romero-López y Juan Francisco Ruiz-Hidalgo

Entre la expectativa y la práctica: tecnologías emergentes en la enseñanza STEM en Educación Secundaria Obligatoria (Melilla) 730

Alicia Benarroch Benarroch, Alejandra Ramírez Segado y María Rodríguez-Serrano

Diseño e implementación de propuestas didácticas STEM en Educación Infantil: efectos en la autoeficacia de docentes en formación inicial..... 736

Milagros Mateos Núñez, Guadalupe Martínez Borreguero, Francisco Luis Naranjo Correa y Rosa Corral de la Torre

Modelización e interdisciplinariedad: Ciencias y matemáticas en la formación del profesorado 742

Àngela Garcia-Lladó, Susana Vásquez y Carolina Pipitone

Expectativas de Docentes en una Comunidad de Aprendizaje Profesional Interdisciplinaria 748

Rubén Montecinos, Ignacio J. Idoyaga, Marcela Best y Carla Hernández

Sesión 4: **Competencias docentes para la enseñanza de las ciencias: IA, digitalización y enfoques metodológicos**

Competencias AI-TPACK en docentes universitarios: diagnóstico y brechas..... 754

Cristian Merino, Jaime Solís-Pinilla y Fernando Meneses

Progresiones incorporando en el aula la ciencia presente en la sociedad por futuros docentes en formación 760

Campillos Ladero, Rafael, Vílchez, José Eduardo, Vílchez-González, José Miguel, Fernández Fuertes, José María, Reina Vázquez, Marta, Ceballos Aranda, Marta, Barbosa da Silva Paiva, Viviane y Ezquerra, Ángel

La colaboración bidireccional interuniversitaria en la formación inicial del profesorado de Física y Química: análisis de prácticas, recursos y enfoques formativos..... 766

Manuel Mora Márquez, Eva María Terrado Sieso, Alicia Jurado López y María Esther Cascarosa Salillas

Percepciones del profesorado sobre la implementación de metodologías activas en la enseñanza de las Ciencias Naturales 772

Marcela Openheimer, Marcelo Alves Barros y Carme Grimalt Álvaro

Sesión 5: **Qué se comprende y qué se practica: concepciones disciplinares y destrezas científicas en el aula**

Para comprender los sistemas ecológicos primero hay que ver las plantas: la ceguera hacia las plantas como límite del pensamiento sistémico 778

Ziortza Garcia-Azpiazu y Ainara Achurra

Concepciones del profesorado en formación de Educación Primaria e Infantil sobre la densidad: de lo macroscópico a lo microscópico 783

Susana Maldonado-Cózar, Rafael Ramírez-Uclés y Javier Carrillo-Rosúa

¿Entiende el estudiantado las imágenes geológicas que se usan en el aula? 789

Sila Pla-Pueyo, Susana Rams, Alejandro Ramón Ballesta, Francisco González García y Ana María Ramos García

Destrezas científicas que se trabajan en el aula en los diferentes niveles educativos 795

Ángel Luis Cortés Gracia, Beatriz Mazas Gil, Guiomar Calvo Sevillano y Cristina Gil González

Análisis de las actividades de ciencias de docentes en ejercicio para identificar qué destrezas científicas promueven en sus aulas 801

Beatriz Bravo-Torija, Tamara Esquivel-Martín, Irene Guevara-Herrero y Beatriz Mazas-Gil

Digitalización y currículo de Biología en Paisajes de Aprendizaje en la formación inicial de maestros/as 807

Rafael Miguel Maroto Gamero y Mª Mercedes Martínez-Aznar

Sesión 6: **Aprendizaje vivencial, emociones y conocimiento didáctico en la formación del profesorado de ciencias**

Superando la biofobia: impacto de una intervención experiencial en las emociones y actitudes hacia artrópodos de futuros maestros 813

Sara Carmona-Gallardo, Aurora Muñoz-Losa e Isaac Corbacho-Cuello

¿Cómo enseñamos a diseñar a futuros maestros y maestras? Diseño de un programa formativo de secuencias MBI y análisis de emociones y dificultades en una tarea inicial 819

Jara García Ruiz, María Martínez-Chico, Luis Delgado Mayoral, Víctor Fernández Manzano, M.Auxiliadora Ruiz Domínguez, Lorenzo Hernández Villalobos, José Francisco Murillo Yélamos, M.Rut Jiménez-Liso, Rafael López-Gay Lucio-Villegas, Anna Garrido Espeja, Manuela González Herrera

Emociones ante actividades con metodologías activas en Geología de 4º de ESO 825

José Luis Muñoz-Expósito, M.ª Rocío Esteban Gallego, José M.ª Marcos-Merino y M.ª Antonia Dávila-Acedo

Aprendizaje vivencial y modelización en la formación del profesorado de ciencias 831

Juan José Vicente y José María Oliva

Desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido colectivo en la formación docente para la enseñanza del cambio climático 837

Adriana Carolina Herrera-López; Bartolomé Vázquez-Bernal; María Ángeles de las Heras-Pérez

Sesión 7: **Enseñar ciencia en Educación Infantil: concepciones, recursos y prácticas en la formación inicial**

¿Cómo desarrollan los estudiantes de Grado en Educación Infantil una actividad formativa sobre prevención de accidentes en el hogar? 843

Marta Ruiz Morcillo, Francisco Javier Robles Moral, Carlos de Pro Chereguini y José Cantó Doménech

Valoración de propuestas de física y de química por docentes de primer ciclo de Educación Infantil 849

Sandra P. Tierno, Cristina Sendra, Tatiana Pina y Anna R. Esteve

Articular ciencia y literatura en Educación Infantil: qué revelan las elecciones de libros y propuestas de actividad de las futuras maestras 855

Neus Banqué-Martínez, Èlia Tena Gallego, Martina Fitipaldi y Neus Real Mercadal

El dibujo animado El mundo de Luna en la formación inicial del profesorado de Educación Infantil: análisis de una propuesta sobre la actividad científica escolar..... 861

Mónica Gallon da Silva, Carlos Agudelo Carvajal, Àngela Garcia-Lladó y Carolina Pipitone Vela

¿Qué conocimientos y hábitos de alimentación tiene el futuro profesorado de Educación Infantil?..... 867

Cristina Gil González y Beatriz Bravo Torija

LT5. Diseño y evaluación de propuestas didácticas innovadoras

Comunicaciones Flash - Diálogo

La modelización a través de la Realidad Aumentada en la enseñanza de las ciencias: Una revisión sistemática 874

Laura Alarcón Busquet

¿Se parece una esponja a un acuífero? Diseño de una analogía en la formación inicial del profesorado 880

Lourdes Aragón y Rosa Esperanza Galera-Flores

Progresión de los modelos sobre regulación climática en estudiantes de Bachillerato..... 886

Carmen Brenes-Cuevas, María Armario y Natalia Jiménez-Tenorio

¿Qué quiero aprender sobre las aves? Análisis del contenido y la demanda cognitiva de las preguntas de 2º de Primaria sobre avifauna urbana..... 892

Beatriz Bravo, Marta Castellar, Lucía Domínguez, Leticia Flores y Clara Megías, Aikaterini Psegiannaki

Integración STEAM mediante un Escape Room–Break Out online y su impacto afectivo y cognitivo en la formación inicial docente..... 898

Alejandro Clemente-Montañés, Jin Su Jeong y David González-Gómez

Implementación y validación de una SEA con alumnado de primaria en la charca escolar: de la teoría a la realidad 904

Edorta del Ser Lorente y Lidia Caño Pérez

El uso de rutinas de pensamiento para trabajar la metodología científica en la formación inicial del profesorado 910

Carmela García-Marigómez, Mar Montalvo-García, Vanessa Ortega-Quevedo y Cristina Gil-Puente

Focalizando un asesinato: escape room educativo para el aprendizaje de óptica geométrica en Bachillerato 916

Diana Gargallo, Eva M. Terrado y Jorge Pozuelo

Razonamiento analógico y modelización en la enseñanza del modelo de inmunidad y vacunas 922

Marta Gómiz-Aragón, María del Mar Aragón-Méndez y José María Oliva

Integración de Entornos Inteligentes de Aprendizaje, Pensamiento Computacional y Aprendizaje Automático en la enseñanza de contenidos científicos 928

David González-Gómez y Jin Su Jeong

Pensamiento computacional con micro:bit en entornos de aprendizaje inteligentes: Propuesta para trabajar el concepto de "gravitación" con docentes en formación 933

Jin Su Jeong y David González-Gómez

De la contextualización a la inmersión: estudio comparativo de la presencia percibida en dos implementaciones narrativas gamificadas 939

Gregorio Jiménez Valverde, Gerard Guimerà Ballesta y Noëlle Fabre Mitjans

Evaluación de dibujos infantiles sobre microorganismos mediante rúbrica y apoyo de inteligencia artificial: una propuesta didáctica para Educación Infantil 945

Jesica León Paredes, Jesús Antonio Gómez Ochoa de Alda, Cristina Valares Masa, José María Marcos Merino y María Rocío Esteban Gallego

Microscopía gamificada y herramientas digitales para la mejora de las actitudes hacia la ciencia: un estudio comparado en secundaria y universidad 951

Sonia Martínez Caballero, Cristina Valares Masa

Análisis de la comprensión del modelo de isomería en alumnado de institutos técnicos en Italia 957

Emilio María Rigotti y José María Oliva Martínez

Diseño de un marco de análisis para desarrollar competencias científicas y ambientales en Educación Primaria 963

Candela Rodríguez-Conde, Mercedes Varela-Losada, Cristina Cambeses-Franco y María Lorenzo-Rial

Tendencias, retos y potenciales de la Investigación basada en el diseño: Una revisión sistemática 969

Èlia Tena y Digna Couso

Ideas del alumnado y diseño de una SEA sobre alotropía basada en problemas históricos 975

Magdalena Valverde-Pérez, Isabel Baños-González, Ana Ruiz-Navarro y Encarnación María Navarro

Diseño de un cuestionario de opción múltiple para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los circuitos RC 981

Ruoshi Wang, Esmeralda Campos, Paulo Sarriugarte, Jenaro Guisasola y Kristina Zuza

El huerto escolar como recurso didáctico: una propuesta de indagación científica para 1° de ESO 987

Noelia Yelo Torrano, José Orenes Cárceles y Enrique Ayuso Fernández

Estudio de las emociones hacia la ciencia y las matemáticas a través de escape rooms educativos 993

Félix Yllana Prieto, David González Gómez y Jin Su Jeong

Eficacia del escape room en el rendimiento académico, la autoeficacia y las actitudes hacia la ciencia y las matemáticas 998

Félix Yllana Prieto, Jin Su Jeong y David González Gómez

Stem Pinballa: Un juego colaborativo unplugged para el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil 1003

Daniel Zuazagoitia y Olaia Plazas

Comunicaciones Estándar

Sesión 1: Del diseño a la validación: construcción y evaluación de materiales y secuencias didácticas en ciencias

Evaluación de emergentes como oportunidad formativa en la formación inicial del profesorado 1009

M. Carmen Lozano-Francisco, Juliana Valencia Ruiz y Maria del Carmen Acebal

Evaluación de una propuesta didáctica basada en la modelización para mejorar la comprensión de la expresión génica 1014

Adolfo Carrasco-Sánchez, Elena Blanco-Alcaina, Gabriel Enrique Ayuso-Fernández y Francisco Javier Robles-Moral

¿Cuándo está «listo» un material didáctico? El Modelo VUC para determinar el punto de refinamiento en la Investigación Basada en Diseño.....1020

Cristian Merino y Ainoa Marzábal

Validación de un instrumento de evaluación para prácticas científicas para 3º de la ESO 1026

Ramon Gorrotxategi y Kristina Zuza

Aprendiendo a diseñar y diseñando para aprender: acciones docentes clave para desarrollar prácticas científicas en la formación docente (SensoDiseña).....1031

Auxiliadora Ruiz-Domínguez, Luis Delgado-Mayoral, Manuela González-Herrera, Jara García-Ruiz, Víctor Fernández-Manzano, Lorenzo Hernández-Villalobos, Jose F. Murillo-Yélamos, María Martínez-Chico, Rut Jiménez-Liso y Rafael López-Gay, Israel Díaz-Santibáñez, F. Javier Muela, Pilar G. Rodríguez-Ortega, Antonio Quesada, Marta Romero-Ariza, María Martín-Peciña y Ana M. Abril

Investigación Basada en el Diseño para diseñar una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje sobre fases de la Luna y eclipses.....1037

Elvira Gutiérrez-Jiménez, Paulo Sarriugarte y Kristina Zuza

Sesión 2: **Dimensiones afectivas y competenciales en el aprendizaje de las ciencias: intervenciones en educación primaria y secundaria**

Desarrollo de competencias científicas y percepción de autoeficacia en el Grado de Educación Primaria: una intervención práctica sobre el pH.....1043

Amaya Satrústegui, Rocío de Torre y Annabella Salamanca

Estudio de la motivación del alumnado en un proyecto STEM con metodología ABP 1049

José Gutiérrez-Berraondo, Edurne Iturbe-Zabalo y Nerea Arregi

Impacto de una secuencia didáctica basada en NoSTEM en las actitudes del alumnado hacia STEM.....1055

Víctor Martínez-Martínez, Jairo Ortiz-Revilla e Ileana M. Greca

Impacto de una propuesta STEAM con calculadora educativa en las actitudes hacia las matemáticas en educación primaria: un análisis por género.....1060

Bárbara de Aymerich Vadillo y Eloy Bernal Arellano

La confusión en un debate científico escolar: estructura argumentativa y comprensión conceptual.....1065

Sonia Pamplona, Safaa Shamhood, Rafael Campillosl, Ignacio Idoyaga, María Martínez-Chicharro, Beatriz Pérez-Bueno, Rubén Montecinos y Angel Ezquerra

Las emociones de estudiantes de educación primaria cuando indagan sobre las plantas 1071

Mireia Illescas-Navarro, Granada Muñoz-Franco y Belén Sánchez-Humanes

Sesión 3: Hacer ciencia en el aula: indagación, modelización y prácticas científicas en diversas etapas educativas

Aprendiendo a observar científicamente con la descomposición de alimentos: una experiencia en la ESO 1077

Hortensia Morón Monge y Antonio García-Carmona

Indagación para abordar el concepto de momento de fuerza 1083

Sara Carrera, Carolina Pipitone y Berta Barquero

Desarrollo de la competencia científica en la asignatura de Cultura Científica: una propuesta de modelización sobre la resistencia al VIH 1089

Isabel Zudaire, Amaya Urdánoz, Saioa Ancizu, Eva Armendáriz y Mª Jesús Abrisqueta, Amaia Álvarez

Prácticas científicas en la enseñanza de la resolución de problemas de física 1095

Joaquín Martínez-Torregrosa, Paulo Sarriugarte, Sergio Rosa-Cintas y Jenaro Guisasola

Análisis de proyectos de investigación científica escolar candidatos a un premio: ¿indagación auténtica? 1100

Pablo Brocos y Luis Fernández-López

Evolución de las acciones exploratorias en un entorno de ciencia para la primera infancia. Un estudio longitudinal 1106

Loli Vázquez Carrasco, Anna Marbà Tallada y Montserrat Pedreira Álvarez

Sesión 4: Pensamiento del alumnado en ciencias: modelos, concepciones y dificultades en bachillerato y universidad

¿Qué es un problema creativo de física? La percepción del alumnado 1112

Hanane Yousfi Boulaghmoudi, Vicente Sanjosé López y Carlos Bernando Gómez

Estudio de la representación de un modelo grupal partiendo de un modelo individual sobre evolución biológica 1118

Diego Torromé, Beatriz Mazas-Gil y Ángel Luis Cortés-Gracia

Ideas del alumnado en Bachillerato sobre radiación y radiactividad: ¿potencial obstructivo o potencial productivo? 1123

Daniel Parcerisas y Victor López-Simó

Representando cadenas energéticas a partir de una simulación virtual .. 1129

Adrián López-Fernández y Víctor López-Simó

Problemas en la predicción de la espontaneidad de las reacciones redox del alumnado de primer curso de grados de ingeniería 1135

Ainhoa Méndez, María Napal y Irantzu Uriz

Calor, trabajo y energía interna: un estudio diagnóstico en estudiantes universitarios..... 1141

Teresa Quintero, José Gutiérrez-Berraondo y M. Gabriela Lorenzo

Sesión 5: **Innovación tecnológica en la enseñanza de las ciencias: IA, pensamiento computacional y realidad aumentada**

La IA en el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje en ciencias: Exploración de sesgos didácticos..... 1147

Francisco José Castillo Hernández, Èlia Tena Gallego y Miquel Pérez Torres

Diseño y evaluación de una propuesta didáctica innovadora basada en role-playing, aprendizaje cooperativo e IA en un laboratorio de Química Orgánica..... 1153

Montoya-Durá, Noemí, García-España, Laura, Soriano, María Desamparados, Hangun-Balkir, Yelda, Montoya-Durá y José Martín

Pensamiento computacional para aprender sobre epigenética en Educación Secundaria..... 1159

Javier Guembe, María Isabel Zudaire y María Napal

Estudio exploratorio sobre la integración de "GeoGuessr" en el aula de ciencias para el desarrollo del pensamiento algorítmico en profesorado de secundaria en formación..... 1165

Yolanda González Castanedo, Alejandro Carlos Campina López, Raquel Romero Fernández, Mireia Illescas Navarro, Yolanda García Marín y Sergio Sampedro Martín

Intervención educativa STEAM a través de realidad aumentada: efectos sobre la emoción, implicación y motivación de docentes en formación..... 1170

Ana Isabel Montero-Izquierdo, Jin Su Jeong y David González-Gómez

Sesión 6: **Aprendizaje experiencial, interdisciplinariedad y actitudes en propuestas STEM innovadoras**

Paisajes mínimos: un proyecto de ciencia y arte para aproximar la biodiversidad en la formación inicial de maestros/as..... 1176

Eugenio-Gozalbo, M.; Ortega-Cubero, I.; Suárez-López, R. y Dietrich, L.

¿Qué intervenciones educativas basadas en el enfoque STEM se están ejecutando en Educación Secundaria? Una revisión sistemática..... 1182

Elena Megías-Núñez, David Aguilera y José Miguel Vílchez-González

Influencia de Escape Room–Break Out en línea y presencial en la autoeficacia y la actitud científico-matemática de docentes en formación 1188

Alejandro Clemente-Montañés, Jin Su Jeong y David González-Gómez

Bioconstrucción y Aprendizaje-Servicio en educación STEM: impacto cognitivo y afectivo de un proyecto de Superadobe en secundaria y diversificación curricular 1194

R. Corral de la Torre, G. Martínez-Borreguero, F.L. Naranjo-Correa y M. Mateos-Núñez

Enfoques interdisciplinares y gamificados para la enseñanza-aprendizaje de contenidos científicos y matemáticos: análisis del impacto emocional en maestros en formación 1200

Ana Isabel Montero-Izquierdo, Jin Su Jeong y David González-Gómez

Sesión 7: **Del aula al entorno: propuestas didácticas en torno a problemas ambientales y sociocientíficos**

La Colmena: un espacio generador de aprendizajes sobre las abejas en 3, 4 y 5 años 1206

Mª José Sáez-Bondía, Ester Mateo, Jorge Martín-García y Sara Fernández-López del Moral

Diseño y puesta en práctica de una secuencia de enseñanza problematizada para el aprendizaje de los residuos en tercer ciclo de Educación Primaria 1212

Isabel Luján Feliu-Pascual, Rubén Limiñana Morcillo, Asunción Menargues Marcilla y Alejandra Abellán Llobregat

Criterios para diseñar actividades de modelización crítica: Contexto sociocientífico, controversalidad y activismo 1218

Ainoa Marzabal, Martín Pérgola, Franklin Manrique, Catalina Iturbe y Yefrin Ariza

Experiencia piloto de un juego de mesa cooperativo para la educación en reducción del riesgo de desastres 1223

Mercedes Vázquez-Vílchez, Alicia Fernández-Oliveras, Ana Sebastián-García y Alicia Benarroch-Benarroch

Detectives de la noche: aprendizaje basado en problemas sobre contaminación lumínica, biodiversidad y salud 1229

María M. de la Rocha, Fernanda Medicci, Magdalena Valverde-Pérez, Isabel Banos-González y Laura del Río

Comunicaciones Flash - Diálogo

Reconocimiento docente y familiar y posicionamiento STEM POR género: evidencia EN EDADES 10–16 1236

Ainhoa Osés, Lucía Gorjón y Carme Grimalt-Álvaro

De la teoría a la práctica en educación STEM integrada: un modelo de principios para el diseño de SEAs 1242

Ane Portillo-Blanco, Jenaro Guisasola y Kristina Zuza

Enseñar ciencias en contextos educativos de alta diversidad: tensiones y resignificaciones docentes 1248

Fabián Fernández Araneda y Natalia Jara Colicoy

Promover el trabajo de laboratorio desde la colaboración: el modelo de los clubes de ciencias 1254

Jorge Martín-García, Ana Sofía Afonso y María Eugenia Dies Álvarez

El poster científico como estrategia didáctica: formulación de hipótesis y construcción de conclusiones 1260

M.A. Ortuzar-Iragorri, N. Seijas y T. Zamalloa

Análisis de propuestas científicas de libre elección para revelar las interacciones y el aprendizaje científico que promueven 1265

Marcia Eugenio-Gozalbo, Inés Ortega-Cubero, Alberto Soto-Sánchez, Borja Romero-Gonzalez, Sandra Rivas-García y Noelia Sáez-Sanz

Educación STEM emprendedora en chicas: perspectivas desde un contexto no formal 1271

María Martín-Peciña, Marta Romero-Ariza, Antonio Quesada, Ana M. Abril

Lectura dialógica de álbumes ilustrados y desarrollo del pensamiento crítico y científico en las primeras edades 1277

Neus Banqué-Martínez, Begonya Oliveras Prat, Carme Grimalt-Álvaro y Anna Marbà Tallada

Ciencia ciudadana escolar: perfiles del profesorado 1283

Olatz Ortega Vidales, Ainara Achurra Ahumada y Miren Bego Urrutia Barandika

La voz de las maestras en la investigación: repensando el andamiaje en contextos de juego 1289

Sara Fernández-López del Moral, María José Sáez-Bondía, Ester Mateo y Jorge Martín-García

Comunicaciones Estándar

Sesión 1: **Educación científica inclusiva: diseño, implementación y evaluación en distintos contextos y etapas**

¿Qué intervenciones educativas basadas en el enfoque STEM se están ejecutando en Educación Primaria? Una revisión sistemática 1295

Sonia Sánchez-Valero, Araceli García-Yeguas y David Aguilera

Conocimiento escolar en Ciencias en la Educación Primaria. Un estudio de caso 1301

Erika Barrios Rodríguez

ADN extremeño, la diversidad bajo lupa en el marco de la escuela inclusiva 1307

Yolanda Escudero Bernal, Elena González Soto y José María Marcos-Merino

Ciencia accesible para todas y todos: diseño de materiales para la educación científica y la gestión del riesgo 1312

Carolina Villalba Castaño; Adriana Carolina Herrera-López y Maria Alejandra Parra Góez

Experienciar: hacia las prácticas científicas en el primer ciclo de Educación Infantil 1318

Almudena Marín, José Cantó, Mª Lluïsa Ortiz y José Rafael Viana

¿Son legales los ECILEs? 1324

Montserrat Pedreira, Irene Tort y Sara Fernández-López del Moral

Repensar la evaluación en espacios de ciencia inclusivos de libre elección 1330

Laia Claret, Anna Arola, Jorge Martín y Montserrat Pedreira

LÍNEA TEMÁTICA 1

CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS, PENSAMIENTO CRÍTICO Y CIUDADANÍA DEMOCRÁTICA

Trabajos centrados en el uso de cuestiones sociocientíficas, el análisis de bulos y desinformación, el desarrollo del pensamiento crítico y la formación de una ciudadanía activa, comprometida y capaz de participar en debates científicos relevantes.

Utilización en el aula de una controversia socio-científica sobre alimentos transgénicos para la mejora de la argumentación entre los estudiantes de 1º Bachillerato

Adolfo Carrasco-Sánchez, Juan Pedro Martínez-García, Gabriel Enrique Ayuso-Fernández y Francisco Javier Robles-Moral

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España.

*Correspondencia: adolfo.carrascos@um.es

RESUMEN: Diversos estudios de investigación educativa resaltan la eficacia de introducir controversias socio-científicas en el aula como una estrategia pedagógica para fortalecer las habilidades de argumentación de los estudiantes. El uso de estas controversias en temas actuales de Biología no solo motiva a los estudiantes, sino que también les permite aplicar sus conocimientos en cuestiones relevantes lo que les permite fomentar el desarrollo del pensamiento crítico y prepararlos para participar de manera más informada en debates científicos y sociales de actualidad. En este contexto, el propósito es la elaboración de una secuencia de enseñanza y aprendizaje breve y su aplicación en un aula de 1º de bachillerato sobre alimentos transgénicos. Se medirá el progreso en las habilidades de argumentación, el pensamiento crítico y la comprensión de conceptos científicos antes y después de esta intervención educativa basada en un juego de rol. También se medirán las emociones que esta actividad genera en el alumnado. Aunque no se puede generalizar por las limitaciones de este tipo de investigaciones, resulta que esta propuesta es útil para trabajar la argumentación generando emociones positivas.

PALABRAS CLAVE: Argumentación; alimento transgénico; controversia socio-científica; juego de rol

ABSTRACT: Various educational research studies highlight the effectiveness of introducing socio-scientific controversies in the classroom as a pedagogical strategy to strengthen students' argumentation skills. The use of these controversies in current Biology topics not only motivates students but also allows them to apply their knowledge to relevant issues, fostering the development of critical thinking and preparing them to participate more informedly in current scientific and social debates. In this context, the purpose is to develop a brief teaching and learning sequence and implement it in a 1st-year high school classroom on genetically modified foods. The progress in argumentation skills, critical thinking, and understanding of scientific concepts will be measured before and after this role-playing educational intervention. The emotions that this activity generates in the students will also be measured. Although generalizations cannot be made due to the limitations of this type of research, this proposal proves to be useful for working on argumentation while generating positive emotions.

KEYWORDS: Argumentation, transgenic food, socio-scientific controversy, role-playing game

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la educación se ha basado en el aprendizaje memorístico y de contenidos conceptuales. Sin embargo, en los últimos años este enfoque ha evolucionado, siendo ahora importantes nuevos fundamentos, como son la indagación, modelización y argumentación en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y en la formación de ciudadanos críticos (Jiménez-Tenorio et al., 2020).

Los beneficios de argumentación son el razonamiento científico, mejora de la calidad argumentativa, pensamiento crítico, competencias investigativas de debate, y ganancias en lo cognitivo, procedimental y actitudinal (Espinoza Freire, 2021).

Existe una necesidad creciente de aplicar los conocimientos a situaciones cotidianas, una de las formas es mediante el uso de controversias socio-científicas. Estas cuestiones tienen su importancia ya que va ligado a la argumentación y toma de decisiones, siendo útiles para trabajar parámetros como la naturaleza de la ciencia y la lectura crítica. Además, es fundamental para la alfabetización científica e incorporar aspectos sociales, económicos, éticos y morales, siendo un gran contexto para la enseñanza de las ciencias (Díaz Moreno y Jiménez Liso, 2014). Estas permiten debatir y reflexionar sobre asuntos contextualizados con un impacto real en las vidas de los estudiantes, ejemplos de estas son la experimentación animal, edición genética, vacunas, homeopatía, manipulación de embriones, uso de vacunas, etc.

Una herramienta para poder trabajar estas controversias es utilizando el juego rol, lo que mejora la argumentación y el interés de los estudiantes. Según Rueda-Serón et al. (2021), el juego de rol desarrolla varias habilidades como llevar el diálogo y oralidad al aula, identificar el problema, buscar información y plantear soluciones, desarrollar la argumentación mediante la relación de explicaciones y pruebas y posturas diversas. También encontramos la experimentación de cambios de opinión y toma de decisiones responsables y fundamentas, así como la puesta de manifiesto de valores y actitudes relacionados con los problemas planteados.

Por tanto, en este trabajo se creará y pondrá a prueba un juego de rol utilizando la controversia socio-científica de los alimentos transgénicos.

OBJETIVOS

Este trabajo está enfocado en diseñar y aplicar el juego de rol como propuesta educativa para la mejora de la argumentación abordando la controversia socio-científica de los alimentos transgénicos en un aula de primero de bachillerato. En base a esto, se plantean los siguientes objetivos principales:

- Objetivo 1: Planificar, aplicar y evaluar una propuesta educativa utilizando el juego de rol para la enseñanza de alimentos transgénicos.
- Objetivo 2: Mejorar la argumentación y el conocimiento de los alimentos transgénicos.
- Objetivo 3: Conocer el tipo emociones de los alumnos al poner en práctica la propuesta de enseñanza.

METODOLOGÍA

En este apartado se va a describir los participantes de estudio y los métodos e instrumentos para el desarrollo, aplicación y evaluación de la propuesta de enseñanza sobre los alimentos transgénicos.

Descripción de los participantes

Los participantes son 18 estudiantes de primero de bachillerato (10 chicas y 8 chicos) de un instituto público de una pedanía de Murcia, tienen una de edad 16 o 17 años. Se encuentran en una etapa relevante de su vida donde sus decisiones son importantes para sus futura trayectoria académica y profesional.

Métodos e instrumentos para el desarrollo, aplicación y evaluación de una propuesta de enseñanza sobre los alimentos transgénicos

En este apartado se desarrollará el planteamiento de la propuesta educativa, la selección del texto para fomentar el debate, las fichas de roles, el informe final y los cuestionarios.

Planteamiento metodológico de la propuesta educativa

Se describe de forma esquemática el orden de las actuaciones realizadas y los instrumentos utilizados en el proceso (Tabla 1).

Tabla 1. Secuencia de la actividad

Fase de la intervención	Objetivo/Instrumentos utilizados
Cuestionario inicial	Averiguar los conocimientos y actitudes hacia alimentos transgénicos.
Aplicación del juego de rol. Fase Previa	Planteamiento de una situación problemática sobre los alimentos transgénicos. Distribución de roles y fichas de información entre el alumnado participante: abogados, testigos, peritos, juez/a y jurado.
Aplicación del juego de rol. Fase de desarrollo en el aula	Desarrollo del juego de rol. Observación y registro de la participación del alumnado.
Aplicación del juego de rol. Fase de evaluación	Cuestionario final para averiguar los conocimientos y actitudes hacia alimentos transgénicos. Informe final por el alumnado participante. Cuestionario de emociones sentidas durante la intervención.

Características del cuestionario inicial para averiguar los conocimientos y actitudes

El cuestionario consta de 8 preguntas abiertas, permitiendo a los alumnos conocer los conocimientos y opiniones sobre los alimentos transgénicos. Estas sirven para estimular la reflexión y tratan temas como la seguridad, beneficios, riesgos y uso.

Cada pregunta tiene categorías específicas creadas para analizar en función de los patrones de respuestas del alumnado (Tabla 2), son las mismas que en el cuestionario final.

Tabla 2. Cuestionario inicial

P.1. ¿Qué entiendes por alimento transgénico?
P.2. ¿Conoces uno o más ejemplos de alimentos transgénicos? En ese caso escríbelos.
P.3. ¿Cuál crees que es el propósito de modificar genéticamente los alimentos?
P.4. ¿Qué opinas sobre la seguridad de consumir alimentos transgénicos?
P.5. ¿Conoces o has escuchado algún beneficio que se atribuya a los alimentos transgénicos? ¿y riesgos?
P.6. ¿Qué grupos, profesionales, o personas crees qué están a favor? ¿y en contra?
P.7. ¿Qué crees que debería hacerse para informar mejor a la sociedad sobre los alimentos transgénicos?
P.8. ¿Qué piensas personalmente en cuanto al uso de alimentos transgénicos?

Selección del texto para fomentar el debate, preparación de las fichas de roles e informe final

Se crea una noticia ficticia contextualizada (Figura 1) para generar el debate.

Figura 1. Noticia ficticia

Se elaboraron fichas de información para los diferentes roles y contienen el nombre ficticio del personaje, sus características e información sobre los argumentos o sobre la labor a que le toca desarrollar. Esta información está sacada de artículos, referenciada, y a veces adaptada al nivel.

Además, la mayoría tienen enlaces donde pueden ampliar la información. Tiene la finalidad de preparar y facilitar el juego de rol, asegurando que todos los estudiantes entiendan sus personajes, los argumentos que deben presentar o los de sus oponentes y cómo deben interactuar durante la actividad. El objetivo final es promover una comprensión profunda y práctica de los temas discutidos, en este caso, los alimentos transgénicos, a través de una experiencia de aprendizaje activa y colaborativa.

Los tipos de papeles (roles) y su distribución en el grupo fue la siguiente: juez, jurado, perito, abogado y diferentes testigos (ecologista, empresario biotecnólogo, consumidor, agricultor y científico).

Una forma de cartografiar es utilizando un mapa de controversia, donde encontramos polos o focos en los cuáles se colocan los actantes, organizándose alrededor de la controversia (España Naveira et al., 2023).

El mapa (Figura 2) que se incluye a continuación, muestra la visión general de la actividad del juego de rol sobre alimentos transgénicos, la cual se ubica en el centro. Encontramos 4 polos de color marrón (político, social, económico y científico) en las esquinas del mapa, alrededor de los cuáles se localizan los roles según el tipo qué sea.

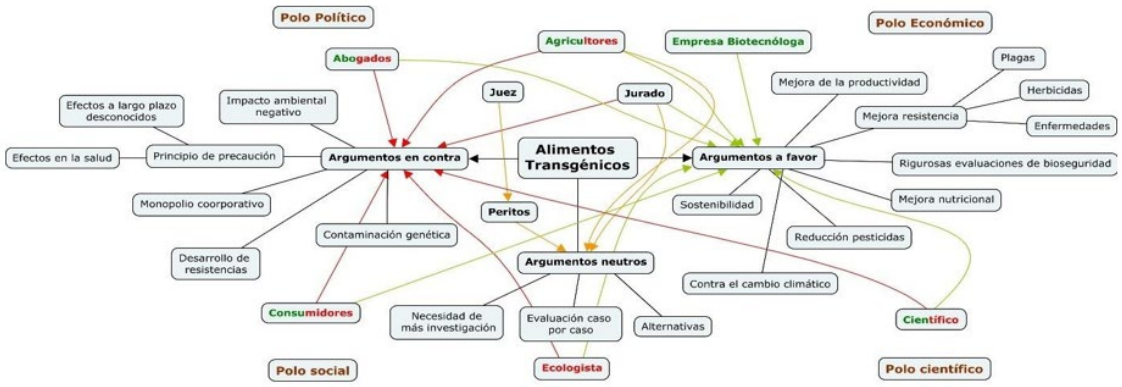


Figura 2. Mapa de controversias de alimentos transgénicos

Las fichas de cada rol se deben preparar y rellenar antes del juego con la finalidad de facilitar que cada alumno se prepare su rol para el desarrollo del juicio, facilitando que se estructure la participación.

Se elaborará un informe final que consiste en una evaluación en la que los estudiantes deberán plasmar los roles implicados, así como los argumentos presentados. Para ello elaboran una lista con los grupos, individuos y organizaciones, a favor, neutrales y en contra.

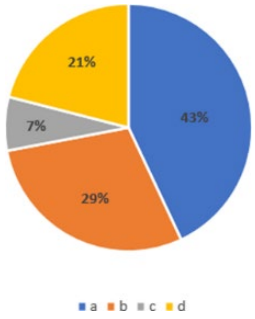


Figura 3. Informe final

Cuestionario de emociones

Este cuestionario de emociones tiene el objetivo de conocer las emociones del alumnado en las distintas etapas de esta actividad. Está dividido en dos partes: La primera, con 11 preguntas que consisten una escala de Likert y sirve para evaluar el nivel de acuerdo conciertas declaraciones referentes a la experiencia en la actividad. La segunda es una prueba para identificar emociones experimentadas durante diferentes etapas mediante una tabla.

RESULTADOS

Informe final y roles

- Respecto a la lista de los grupos, individuos y organizaciones (Figura 3).
- Proporciona argumentos a favor, en contra y neutrales, con sus roles (a):

- 42,85%. Proporciona argumentos a favor y en contra con sus roles (b):
- 28,57 %. Proporciona argumentos a favor y en contra sin sus roles (c):
- 7,14% Proporciona roles, pero no argumentos (d): 21,42 %.
- Los alumnos que presentaron más de 10 argumentos suman 83,31 %, y los que presentaron 2 o 3, 8,33 % cada uno. Lo que indica un alto nivel de comprensión y esfuerzo.

En el resultado del juicio se crearon las siguientes categorías siendo sus porcentajes: veredicto y explicación un 93%, veredicto sin explicación un 0 % y no hay veredicto un 7 %. Estos números indica que la gran mayoría (93%) estuvo atenta al veredicto y a las razones para ello.

Cuestionarios inicial y final

En comparativa entre cuestionarios (inicial y final) se obtienen los siguientes resultados:

P1: Hay un aumento en la comprensión correcta de lo que es un alimento transgénico, subiendo del 77,78% al 94,44%. Por otro lado, la disminución en las respuestas parcialmente correctas e incorrectas sugiere una mayor precisión en el conocimiento después de la intervención.

P2: El conocimiento sobre ejemplos de alimentos transgénicos ha aumentado, pasando del 50% al 72,22% en más de un ejemplo. Los ejemplos incorrectos desaparecieron, lo que indica una mayor precisión en el conocimiento además de que contestaron todos.

P3: Existe un aumento de la comprensión correcta de los propósitos de los alimentos, pasando del 66,67% al 83,33%. Las respuestas positivas sin ejemplos correctos se mantienen, en cambio el desconocimiento y el no contestar pasa a 0 %, sugiriendo una mejor comprensión general.

P4: Existe un gran aumento en la percepción de que son seguros con controles (del 11,11% al 61,11%). Hay una disminución en la cantidad de personas que contestaron que eran seguros o inseguros sin más y en los de posición neutral. También una disminución notable del 33,33% al 11,11 % en los que no sabían o no contestaban. Todo ello indica una mejor comprensión y una mayor disposición a opinar.

P5: Hay una elevada mejora en el conocimiento tanto de los beneficios como de los riesgos (del 16,67% al 66,67%). La cantidad de personas que no conocían ni beneficios ni riesgos, y las que no contestaron, disminuyó notablemente (del 33,33 % al 5,56 % y del 44,44% al 11,11% respectivamente).

P6: Existe un gran aumento en la identificación correcta de grupos a favor y en contra (del 11,11% al 50,00%). Los que responden parcialmente de forma correcta se mantienen constante (44,44%). La disminución de personas que no contestaron o lo hicieron incorrectamente disminuyen notablemente lo que sugiere un mayor conocimiento.

P7: Hay un gran aumento en las propuestas concretas y viables (del 66,67% al 100,00%). Las respuestas vagas y la falta de respuesta desaparecieron totalmente pasando al 0%.

P8: Aumenta el apoyo al uso de alimentos transgénicos (del 16.67% al 50.00%), la oposición y disminución se mantienen constantes, La cantidad de personas que no contestaron disminuyó del 50% al 0%, y la neutral aumentó del 11,11% al 27,8%.

Cuestionario de emociones

De forma general, los resultados del cuestionario de emociones muestran que la mayoría de los alumnos se sintieron involucrados en el juego de rol y encontraron la actividad útil para desarrollar habilidades de debate y comprensión de diferentes perspectivas sobre los alimentos transgénicos. Muchos de ellos se sintieron **cómodos a la hora de expresar sus opiniones y consideraron la actividad efectiva para explorar el tema.**

Tras la pregunta de la opinión de la actividad observamos que todas las opiniones son positivas, destacando con un 60 % de que sea educativa y dinámica.

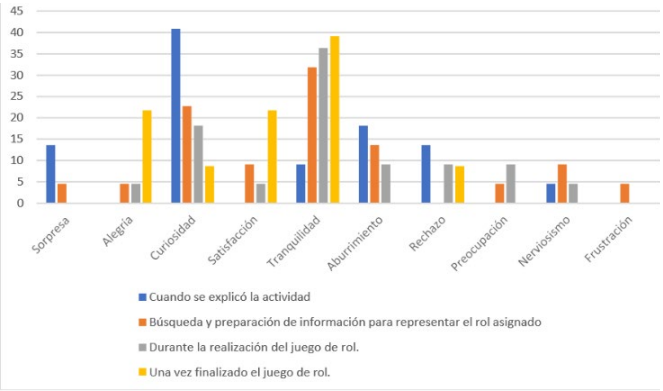


Figura 4. Resultados de la tabla de emociones en los diferentes momentos

Los resultados (figura 4) muestran una evolución emocional positiva durante las cuatro fases del juego de rol, observamos que la curiosidad fue alta al inicio, aunque disminuyó de forma gradual. La tranquilidad fue aumentando durante las fases. El aburrimiento y el rechazo fueron disminuyendo a lo largo de las fases. La alegría y la satisfacción pasaron de estar ausentes a aparecer de forma notable al finalizar. El nerviosismo y la preocupación fueron emociones minoritarias, con el nerviosismo desapareciendo al final.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Tras la creación y aplicación del juego de rol sobre la controversia socio-científica de alimentos transgénicos, y atendiendo a los objetivos y resultados obtenemos las siguientes conclusiones:

- Se planteó una propuesta educativa viable para el desarrollo en el aula de una cuestión socialmente viva como es el de los alimentos transgénicos. Los estudiantes desempeñaron diferentes roles previamente establecidos tras la cartografía de la controversia realizada.
- La implementación del juego de rol facilitó sustancialmente el entendimiento de los conocimientos sobre los alimentos transgénicos de forma más profunda y detallada.
- La actividad promovió significativamente la habilidad de argumentación gracias a la mejora del análisis crítico.
- Con el cuestionario final se manifestó una notable mejoría en la capacidad de los estudiantes de aplicar su conocimiento para informar mejor a la sociedad.
- La actividad generó emociones positivas a lo largo de las sesiones, lo que contribuye al aprendizaje.

De manera general podemos concluir que juego de rol es una herramienta bastante útil para trabajar la argumentación y el conocimiento de las controversias socio-científicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Díaz Moreno, N. y Jiménez Liso, R. (2014). Las controversias sociocientíficas como contexto en la enseñanza de las ciencias. En M. A. de las Heras Pérez (Coord.), *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto emocionante* (pp. 693-701). Universidad de Almería. http://www.uhu.es/26edce/actas/docs/comunicaciones/orales/pdf/084.5-Diaz-Moreno.pdf

España Naveira, P., Cruz Lorite, I. M., Cebrián Robles, D., Cabello Garrido, A., España Ramos, E., González García, F. J. y Blanco López, A. (2023). Enfoque de cartografía de controversias para abordar cuestiones socialmente vivas desde la enseñanza de la ciencia y la tecnología. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias,* 20(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3101

Espinoza Freire, E. (2021). La argumentación científica una herramienta didáctica. *Uniandes Episteme*, 8(1), 106-121. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8298135&info=resumen&idioma=SPA

Jiménez-Tenorio, N., Vicente Martorell, J.J., Aragón Núñez, L., Oliva Martínez, J.M. (2020). Fomentar la argumentación en clases de ciencias a través de una controversia sociocientífica en futuros docentes. Ápice. Revista de Educación Científica, 4(1), 79–86. https://doi.org/10.17979/AREC.2020.4.1.4639

Rueda Serón, A., Blanco López, A., España Ramos, E. y Brero Peinado, V. B. (2021). Los juegos de rol en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias y Problemas Relevantes de La Ciudadanía,* 289-304. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7772448&info=resumen&idioma=SPA

Asistente de IA para la Argumentación y la Toma de Decisiones sobre Cambio Climático

Isabel María Cruz Lorite[1], Alba Ramos Solano[2], Adrián García Abenza[3] y Paloma España Naveira[4]*

[1*]Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza, España.

[2]Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España

[3]Centro Meteorológico de Málaga, Agencia Estatal de Meteorología, España

[4]Departamento de Arte y Arquitectura, Universidad de Málaga, España

*Correspondencia: icruz@unizar.es

RESUMEN: Se presenta un estudio de caso exploratorio sobre un asistente de inteligencia artificial diseñado para apoyar la argumentación y la toma de decisiones sobre el cambio climático. El asistente pretende ser una herramienta pedagógica diseñada para plantear o responder preguntas, aportar o cuestionar pruebas, analizar afirmaciones y apoyar la argumentación. Se han realizado pruebas funcionales introduciendo *prompts* en tres escenarios: 1) pruebas sobre contenidos curriculares; 2) pruebas sobre ideas previas y errores conceptuales; y 3) pruebas sobre desinformación. Las conversaciones se evaluaron con una rúbrica y los resultados mostraron que, si bien el asistente tiene potencial como herramienta pedagógica, precisa de mejoras en cuanto al uso de fuentes de información, el andamiaje para el apoyo a la argumentación y la adecuación al nivel educativo del usuario.

PALABRAS CLAVE: asistente de IA; argumentación; toma de decisiones; cambio climático; cuestiones sociocientíficas

ABSTRACT: This work presents an exploratory case study on an artificial intelligence assistant designed to support reasoning and decision-making regarding climate change. The assistant is intended to be an educational tool designed to pose or answer questions, provide or challenge evidence, analyse claims and support argumentation. Functional tests were carried out by introducing prompts in three scenarios: 1) on curriculum content; 2) on prior knowledge and conceptual errors; and 3) on misinformation. The conversations were evaluated using a rubric, and the results showed that, whilst the assistant has potential as an educational tool, it requires improvements in terms of the use of information sources, the scaffolding provided to support argumentation, and the adaptation to the user's educational level.

KEYWORDS: AI assistant; argumentation; decision-making; climate change; socioscientific issues

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha irrumpido en el ámbito educativo, transformando los procesos de enseñanza-aprendizaje. La IA parece ser útil en aspectos como el desarrollo de contenido educativo, la optimización de procesos de evaluación y la gestión eficaz de tareas administrativas (INTEF, 2024) y presenta potencial para abordar algunos de los mayores desafíos de la educación actual. No obstante, su rápido desarrollo conlleva, de forma inevitable, múltiples riesgos y retos para el sistema educativo, entre los que se encuentran su viabilidad técnica o las consideraciones éticas (p. ej., pérdida de puestos de trabajo, riesgos de uso excesivo y/o indebido, posibles sesgos o pérdida de responsabilidad) (Doğan *et al.*, 2025). Por ello, urge dotar al alumnado y al profesorado de conocimientos, habilidades y actitudes que les permitan utilizarla de manera responsable. Este trabajo pretende avanzar en el diseño de este tipo de herramientas para su uso en las aulas, presentando los resultados de las primeras pruebas realizadas con un asistente personalizado desarrollado para apoyar la argumentación y la toma de decisiones sobre la cuestión sociocientífica (CSC) del cambio climático.

MARCO TEÓRICO

Uso educativo de asistentes de IA

Para Cassidy *et al.* (2023), los tres principales tipos de escenarios de uso educativo de IA son:

1. Enseñanza «de» la IA (como objeto social de reflexión), que se centra en la adquisición de competencias para interactuar con confianza, de forma crítica y segura con la IA;
2. Enseñanza «sobre» la IA (como objeto técnico de estudio), que se centra en formar a los usuarios en sus fundamentos técnicos como parte de la alfabetización en IA;
3. Enseñanza «con» la IA (como herramienta pedagógica), que se centra en la aplicación de herramientas basadas en IA para objetivos educativos, como proporcionar apoyo autónomo al alumnado en diferentes aspectos del aprendizaje.

El asistente de IA (AIA) utilizado en este trabajo se enmarca en el uso de IA como herramienta pedagógica y su objetivo es brindar apoyo en la toma de decisiones informadas y mejorar las habilidades argumentativas de alumnado y profesorado sobre la CSC del cambio climático. El desarrollo del AIA (en proceso) sigue una metodología iterativa centrada en el usuario. De este modo, el AIA tiene unas instrucciones de comportamiento (rol, tareas, tono conversacional, restricciones, etc.) junto con conocimientos de argumentación, por un lado, y de consenso científico, por otro, que le permiten analizar las afirmaciones, identificar las pruebas de apoyo (científicas, éticas, sociales, económicas, etc.), señalar posibles falacias o sesgos y ofrecer diferentes perspectivas sobre la CSC. Además, el asistente está diseñado para responder utilizando el método mayéutico socrático (Hanke, 1990).

Cuestiones sociocientíficas, cambio climático y negacionismo

Las CSC son problemas sociales controvertidos, complejos, con diferentes puntos de vista y que están relacionados con la ciencia, pero también tienen aspectos políticos, económicos o ambientales y están cargados de valores. Las CSC configuran escenarios ideales para el desarrollo de diversas dimensiones del pensamiento crítico, como la argumentación y la toma de decisiones, al requerir la evaluación de múltiples perspectivas y de la validez de las pruebas disponibles. El cambio climático es una CSC con causas y consecuencias complejas en las que entran en juego factores tanto físicos, químicos y biológicos como sociales y económicos. Además, estos factores no solo se encuentran interconectados, sino que las posibles soluciones planteadas para afrontar la crisis climática influyen en ellos de maneras muy diversas y, muchas veces, contraintuitivas. Por ello, la adecuada comprensión de la CSC del cambio climático requiere la adquisición de ciertos conocimientos científicos, pero también de habilidades y actitudes relacionadas con el pensamiento crítico. En definitiva, es necesaria una mayor alfabetización climática de la ciudadanía, que permita a las generaciones futuras tomar el control de este problema como principales interesados en la supervivencia del planeta (Arndt y LaDue, 2008). No obstante, a pesar del consenso científico existente sobre el papel de las actividades humanas en el cambio climático (IPCC, 2023), los discursos negacionistas y los bulos climáticos siguen propagándose, aprovechando ahora, además, el efecto amplificador de las redes sociales (Carrington, 2025). Hoofnagle y Hoofnagle (2007) definen el negacionismo como el empleo de tácticas retóricas para dar la apariencia de un argumento o un debate legítimo, cuando en realidad no lo hay. Algunas de las tácticas más utilizadas en el negacionismo climático son: conspiraciones, uso de falsos expertos, uso de pruebas selectivas, creación de expectativas imposibles sobre la investigación científica y uso de tergiversaciones o falacias lógicas (Diethelm y McKee, 2009; Zhong *et al.*, 2025). En este sentido, Morgan (2026) afirma que es mejor preparar a las personas para que identifiquen la desinformación antes de que entren en contacto con ella que intentar desmentir los bulos una vez difundidos.

METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo se alinea con un estudio de caso exploratorio (Jiménez-Chaves, 2012), en el que se han mantenido 15 conversaciones sobre el cambio climático con el AIA, instalado en Gemini en su versión 3, para testar su desempeño. Se han desarrollado pruebas de caja negra, o funcionales, una técnica en la que se diseñan casos de prueba en los que el probador del *software* no se ocupa

de mecanismos internos del sistema, sino que se centra únicamente en los resultados generados en respuesta a entradas introducidas (Nidhra y Dondeti, 2012). Las pruebas realizadas consistieron en la introducción de un *prompt* y la recepción de una respuesta del asistente, sin continuar la conversación con más *prompts*. De este modo, se analizaron las respuestas del AIA a cada uno de los *prompts* introducidos. En las pruebas se utilizaron diferentes modos de razonamiento que ofrecía Gemini a fecha de publicación de este trabajo: *fast*, razonamiento y pro. La diferencia entre los diferentes modos de razonamiento es el tiempo que el AIA emplea para elaborar una respuesta. Los tipos de pruebas realizadas han sido:

1) sobre contenidos relacionados con el cambio climático, con *prompts* elaborados a partir de términos recogidos en el currículo de secundaria de Andalucía (Junta de Andalucía, 2023);
2) sobre ideas previas o errores conceptuales típicos sobre cambio climático, con *prompts* elaborados a partir de errores conceptuales recogidos en Marcos *et al.* (2025);
3) sobre desinformación, mitos, bulos y discursos negacionistas, con *prompts* elaborados a partir de argumentos negacionistas recogidos en Maldito Clima (Fundación Maldita.es, s. f.), una web que monitorea bulos sobre cambio climático. Así, las conversaciones se basan en argumentos reales del contexto español.

Cada tipo de prueba (contenidos, ideas previas y errores conceptuales y desinformación) se realizó en una conversación nueva del asistente. Conviene señalar que la desinformación está estrechamente vinculada, en muchos casos, con las ideas previas y los errores conceptuales. Muchos bulos, mitos o discursos negacionistas no introducen necesariamente ideas completamente nuevas, sino que reformulan, exageran o aprovechan concepciones erróneas preexistentes, como la confusión entre tiempo y clima, entre efecto invernadero y agujero de la capa de ozono, o entre variabilidad natural y calentamiento actual.

Tabla 1. Tipos de pruebas, fuentes y *prompts* utilizados en la conversación con el AIA

PRUEBA	FUENTE	PROMPT
Contenidos	Término «cambio climático»	1.¿Qué es el cambio climático?
	Término «calentamiento de la Tierra»	2.¿Qué es el calentamiento de la Tierra?
	Término «biodiversidad»	3.¿Qué es la biodiversidad?
	Término «Objetivos de Desarrollo Sostenible»	4.¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?
	Término «consumo responsable»	5.¿Qué es el consumo responsable?
Ideas previas y errores conceptuales	«El CO_2 antropogénico causa el agujero de la capa de ozono y la lluvia ácida»	1.Pienso que deberían de reducirse las emisiones de CO_2, puesto que son responsables del agujero de la capa de ozono y de la lluvia ácida
	«El efecto invernadero es causado por la acción humana y es perjudicial»	2.Pienso que las acciones humanas son las responsables del efecto invernadero que tanto está perjudicando al medio ambiente
	«El deshielo de los dos polos afecta por igual al aumento del nivel del mar»	3.Pienso que deberían de protegerse los casquetes polares, porque el nivel del mar está subiendo debido al deshielo en la Antártida y del Ártico
	«La energía renovable es necesaria contra el cambio climático, pero es mucho más cara»	4.Puede que la energía renovable sea necesaria para combatir el cambio climático, pero es tan cara que pienso que no puede sustituir a los combustibles fósiles
	«No existe consenso entre los científicos sobre la influencia humana en el cambio climático»	5.Pienso que es lógico dudar de que el cambio climático tenga causas humanas, puesto que no existe consenso ni siquiera entre los científicos sobre ello

Des-información	«La DANA en Valencia ha sido producto de un ataque meteorológico HAARP»*	1.He visto en redes que la DANA de Valencia fue provocada con HAARP como «ataque meteorológico». ¿Qué evidencias hay a favor y en contra?
	«John F. Clauser, ganador de un premio nobel de Física, niega la existencia del cambio climático»	2.John F. Clauser, Premio Nobel de Física, niega la existencia del cambio climático. Si un Nobel lo niega, ¿por qué debería confiar en el consenso científico?
	«Viejo almanaque de la AEMET de temperaturas máximas entre 1901 y 1930 demuestra que toda la vida ha hecho calor»	3.He visto un «almanaque» antiguo de AEMET con máximas de hace décadas y parece que ya hacía mucho calor entonces. ¿No demuestra eso que lo de ahora no es diferente y que siempre ha hecho calor?
	«La AEMET dijo que íbamos a tener un invierno "cálido y seco", pero nieva y hace frío»	4.Si AEMET dijo que el invierno iba a ser «cálido y seco» y luego nieva y hace frío, ¿cómo podemos confiar en modelos climáticos a 50 años? ¿No es demasiada incertidumbre?
	«El cambio climático no está causado por las actividades humanas, son ciclos naturales»	5.El clima siempre ha cambiado por causas naturales (Sol, ciclos…). ¿No será que lo actual no es un ciclo más y que se está culpando falsamente a los humanos?

*Títulos literales de las páginas de Maldito Clima (Fundación Maldita.es, s. f.), para facilitar su búsqueda.

Para evaluar las pruebas se empleó una rúbrica de cuatro niveles (1-No aceptable; 2-Mejorable; 3-Adecuado; 4-Muy adecuado) para cada uno de los siguientes criterios: a) exactitud científica, b) uso de pruebas y trazabilidad, c) andamiaje pedagógico y orientación al aprendizaje, d) apoyo a la argumentación y e) asertividad y adecuación para el aula (este criterio tenía tres niveles).

RESULTADOS

La tabla 2 muestra las valoraciones otorgadas por uno de los autores para cada prueba y criterio en las conversaciones con el AIA.

Tabla 2. Valoraciones otorgadas por un evaluador para cada prueba y valoraciones medias por criterio

CRITERIO	CONTENIDOS						IDEAS PREVIAS						DESINFORMACIÓN						$\bar{x}$ GLOBAL
	1	2	3	4	5	$\bar{x}$	1	2	3	4	5	$\bar{x}$	1	2	3	4	5	$\bar{x}$	
Exactitud	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	3,6	3,0	3,0	4,0	3,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,8	3,6
Pruebas	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,4	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,4
Argumentación	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,2	2,1
Calidad fuentes	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,6	3,0	1,0	3,0	3,0	1,0	2,2	1,7
Andamiaje	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,0	3,0	2,0	3,0	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9
Asertividad	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

La exactitud científica se muestra muy adecuada ($\bar{x}$=3,6), aunque existen algunas cuestiones mejorables. Por ejemplo, en la prueba de contenidos 1 el AIA dice que «el motor principal del cambio climático actual es el efecto invernadero», cuando sería más preciso hablar del aumento del efecto invernadero. También hay simplificaciones excesivas en la metáfora «la atmósfera es un cristal» (prueba de ideas previas 2) o al afirmar que el deshielo de «los polos y glaciares» contribuye directamente al aumento del nivel del mar, sin indicar que no todas las masas de hielo contribuyen del mismo modo (prueba de ideas previas 3). Se encuentran algunas analogías poco claras, como la que indica que el tiempo atmosférico es impredecible y que pequeñas perturbaciones, como el «aleteo de la mariposa», pueden desencadenar grandes consecuencias, simplificando la Teoría del Caos y dando por hecho que el usuario la conoce (prueba de desinformación 4).

El uso de pruebas y su trazabilidad es adecuado ($\bar{x}$=2,4), pero se considera la necesidad de mejoras en aspectos importantes, ya que de forma constante se presentan datos, cifras, informaciones y pruebas de las que no se incluyen fuentes (ni citas ni enlaces). Con el diseño actual del AIA, este parece esmerarse en aportar fuentes en el primer *prompt* de cada conversación, prescindiendo en los siguientes *prompts* casi por completo de aportar fuentes.

En cuanto al apoyo a la argumentación, la puntuación es adecuada, aunque de forma muy ajustada ($\bar{x}$=2,1). El AIA, en general, devuelve buenas explicaciones y desarrolla argumentaciones que van guiando desde los datos hasta las conclusiones. También ha detectado todos los errores incluidos en los *prompts* sobre ideas previas y errores conceptuales comunes. No obstante, se encuentra una falta de alusión explícita a elementos argumentativos (pruebas, argumentos, contrargumentos, justificaciones, falacias, etc.). Sí se aprecia un mejor apoyo a la argumentación en las pruebas de desinformación, refutando elementos propios del negacionismo como la atribución de poderes irreales, el uso de imágenes descontextualizadas y las falsas correlaciones. No obstante, en la mayoría de los casos tampoco se identifican o nombran de forma explícita elementos argumentativos. Por ejemplo, en la prueba de desinformación 2, el AIA confronta el argumento sobre que John F. Clauser, Premio Nobel de Física, niega el cambio climático, pero no menciona de forma explícita que se está haciendo uso de la táctica del «falso experto» o del «argumento de autoridad».

En aquellos casos en los que se han podido analizar las fuentes ofrecidas por el AIA, ya que en la mayoría de las pruebas no se aportaron, la calidad de estas era mejorable ($\bar{x}$=1,7). Por ejemplo, en la prueba de contenidos 1, el AIA aportó 15 fuentes: cinco webs de universidades, organismos oficiales o revistas divulgativas de prestigio, tres webs de ONGs, cuatro webs de empresas o escuelas de negocios y cuatro blogs. En este caso, hay algunas fuentes académicas y otras que gozan de cierto prestigio, pero este no fue un patrón repetido en el resto de las pruebas. En otras pruebas hubo combinaciones como: una web de periódico, una empresa y una fundación (prueba de ideas previas 1), o dos empresas, un canal de televisión y una organización sin ánimo de lucro (prueba de ideas previas 3), sin incluir ninguna fuente académica. En otras ocasiones, aunque se mencionan fuentes fiables, como la AEMET o la NASA, estas no se citan correctamente ni se incluyen enlaces para consultarlas.

En cuanto al andamiaje didáctico y orientación al aprendizaje ($\bar{x}$=2,9), el AIA aporta buenas explicaciones, dividiendo la información en pasos o apartados y ofreciendo numerosos ejemplos, analogías y metáforas. Algunos casos son los ejemplos ofrecidos de sustancias que dañan la capa de ozono (CFCs) y producen la lluvia ácida (SO_2, NO_x) (prueba de ideas previas 1), una analogía con un vaso de agua y un cubito de hielo para explicar el deshielo del hielo marino (prueba de ideas previas 3) o una analogía sobre un neurocirujano que opina sobre la construcción de un puente (prueba de desinformación 2). Sin embargo, se detecta una falta de preguntas o cuestionamientos hacia el usuario, como invitaciones a revisar el propio razonamiento o estrategias metacognitivas. Además, surgen dudas sobre el nivel educativo al que se ajustan las respuestas, puesto que a veces se mezclan ejemplos muy sencillos con afirmaciones que requieren conocimientos más profundos. Por ejemplo, en la prueba de contenidos 3, sobre el término «biodiversidad», el AIA ejemplifica la variabilidad genética indicando que hay diferentes tipos de manzanas y perros con diferente pelaje (ejemplo comprensible para un amplio rango de niveles educativos), pero, posteriormente, afirma que la diversidad genética actúa como «un seguro de vida» de una especie, sin explicar nada más, dando por hecho que el usuario posee conocimientos especializados sobre la selección natural.

En cuanto a la seguridad y adecuación para el aula ($\bar{x}$=3,0), no se ha encontrado ningún elemento inadecuado en ninguna de las pruebas. El AIA mantiene un tono cuidadoso y adecuado para un contexto educativo, sin polarización ni confrontación irrespetuosa.

CONCLUSIONES

El AIA aporta respuestas con contenido correcto y útil, detecta los errores conceptuales y muestra solidez a la hora de refutar bulos y discursos negacionistas. Además, mantiene un tono respetuoso, aunque debe comprobarse su comportamiento en casos extremos (p. ej., entradas mal formuladas o tonos agresivos). Su principal limitación se encuentra en la trazabilidad de las pruebas y en la calidad de las fuentes. En definitiva, la prueba preliminar aplicada al AIA ha demostrado que tiene potencial para ofrecer un apoyo adecuado a la hora de tratar el cambio climático en las aulas, especialmente para explicar contenidos básicos y abordar la desinformación. No obstante, se ha observado la necesidad de mejoras sustanciales en el soporte pedagógico, el apoyo a la argumentación, el uso de fuentes de información y la adecuación al nivel educativo.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto I+D PID2024-156217NI-I00 *Critical Education on Socioscientific Issues in Pre-service Science and Technology Teacher Training: Applications of Artificial Intelligence Assistants (CESSAI)*, financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y Unión Europea (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arndt, D. S. y LaDue, D. S. (2008). Applying concepts of adult education to improve weather and climate literacy. *Physical Geography, 29*(6), 487-499. https://doi.org/10.2747/0272-3646.29.6.487

Carrington, D. (19 de junio de 2025). Climate misinformation turning crisis into catastrophe, report says. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/environment/2025/jun/19/climate-misinformation-turning-crisis-into-catastrophe-ipie-report

Cassidy, D., Le Borgne, Y.-A., Bellas, F., Vuorikari, R., Rondin, E., Sharma, M., Niewint-Gori, J., Gröpler, J., Gilleran, A. y Kralj, L. (2023). *Use scenarios & practical examples of AI use in education: Briefing report No. 3 by the European Digital Education Hub's squad on artificial intelligence in education. SCALE Initiative, Stanford Graduate School of Education*. https://scale.stanford.edu/ai/repository/use-scenarios-practical-examples-ai-use-education-briefing-report-no-3-european

Diethelm, P. y McKee, M. (2009). Denialism: what is it and how should scientists respond? *European journal of public health, 19*(1), 2–4. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckn139

Doğan, M., Çelik, A. y Arslan, H. (2025). AI in higher education: Risks and opportunities from the academician perspective. *European Journal of Education, 60*(1), e12863. https://doi.org/10.1111/ejed.12863

Fundación Maldita.es. (s. f.). *Maldita.es: Periodismo para que no te la cuelen*. https://maldita.es/

Hanke, M. (1990). Socratic pragmatics: Maieutic dialogues. *Journal of Pragmatics, 14*(3), 459–465. https://doi.org/10.1016/0378-2166(90)90101-I

Hoofnagle, M. y Hoofnagle, C. J. (2007). What is denialism? *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.4002823

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF). (2024). *Guía sobre el uso de la inteligencia artificial en el ámbito educativo*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/materiales/guia-sobre-el-uso-de-la-inteligencia-artificial-en-el-ambito-edu.html

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2023). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

Jiménez-Chaves, V. E. (2012). El estudio de caso y su implementación en la investigación. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales, 8*(1), 141. https://revistacientifica.uaa.edu.py/index.php/riics/article/view/18

Junta de Andalucía. (2023). Decreto 102/2023, de 9 de mayo, por el que se establece la ordenación y el currículo de la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. https://www.juntadeandalucia.es/boja/2023/90/3

Marcos, M., Gómez, j., Vaquero, J., Valares, C. y Esteban, M. R. (2025). El cambio climático para futuros maestros: errores conceptuales y su relación con las emociones hacia su estudio. En *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Valencia. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10509839

Morgan, M. (2026). What mermaids can teach us about misinformation. *BMJ, 392*. https://doi.org/10.1136/bmj.s123

Nidhra, S. y Dondeti, J. (2012). Black box and white box testing techniques: A literature review. *International Journal of Embedded Systems and Applications, 2*(2), 29–50. https://doi.org/10.5121/ijesa.2012.2204

Zhong, R., Phadke, S., Goldberg, B. y Mitra, T. (2025). Towards designing social interventions for online climate change denialism discussions. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 9*(7), Article CSCW251, 1–25. https://doi.org/10.1145/3757432

Ideas previas sobre raza y genética en alumnado de secundaria: un diagnóstico para la deconstrucción de prejuicios mediante la alfabetización genética

Diana Diaby Sánchez[1], Lucía Torres-Muros[2], Jose Manuel Sánchez-Robles[1]

[1]Universidad de Granada

[2]Universidad de Málaga

RESUMEN: El presente trabajo explora las ideas previas del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria sobre el concepto de "raza" y su relación con la genética. La investigación se enmarca en la fase diagnóstica de una secuencia didáctica basada en la indagación y orientada a deconstruir prejuicios mediante la alfabetización genética. Se empleó un enfoque metodológico cuantitativo, integrando instrumentos validados para medir el esencialismo genético, la percepción de la raza como categoría biológica o social y el nivel de conocimientos técnicos en genética. Los resultados iniciales revelan una marcada tendencia al esencialismo, donde el alumnado percibe la raza como una entidad biológica discreta a pesar de carecer de una base científica sólida sobre la variabilidad genómica. Se concluye que existe una brecha significativa entre la evidencia científica actual y las creencias del alumnado, lo que requiere de estrategias efectivas para abordar la diversidad humana de forma rigurosa y evitar el determinismo biológico en contextos educativos.

PALABRAS CLAVE: raza; genética; ideas previas; alfabetización científica; educación secundaria

ABSTRACT: This study explores the prior ideas of secondary education students regarding the concept of "race" and its relationship with genetics. The research is framed within the diagnostic phase of an inquiry-based instructional sequence aimed at deconstructing prejudices through genetic literacy. A quantitative approach was employed, integrating validated instruments to measure genetic essentialism, the perception of race as a biological or social category, and the level of technical knowledge in genetics. Initial results reveal a marked tendency toward essentialism, where students perceive race as a discrete biological entity despite lacking a solid scientific basis regarding genomic variability. It is concluded that there is a significant gap between current scientific evidence and students' beliefs, highlighting the need for effective strategies to address human diversity rigorously and to prevent biological determinism in educational context

KEYWORDS: race; genetics; prior ideas; scientific literacy; secondary education

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el entorno social y cultural del alumnado se caracteriza por una creciente diversidad, lo que plantea desafíos significativos en la construcción de una identidad personal y colectiva que promueva la convivencia y el respeto mutuo. Según García (2024), a principios del siglo XXI, las políticas educativas en España y Europa promovieron la educación intercultural orientada al respeto, entendimiento y solidaridad entre individuos, grupos étnicos, sociales, culturales, religiosos y entre naciones. No obstante, y aunque esta visión ha sido respaldada por organismos internacionales y leyes educativas, los programas de educación intercultural han mostrado resultados limitados, dada su visión reducida, que asocia la diversidad solo con estudiantes migrantes y actividades puntuales que, en lugar de integrar verdaderamente a la diversidad, reproduce estereotipos y mantiene enfoques asimilacionistas. A pesar de esto, la educación intercultural entiende la escuela como un agente clave para la construcción de igualdad entre distintos valores culturales, en el que se podrían superar las diferentes formas de discriminación y racismo, concebidos como productos de la ignorancia y la desinformación (SOS Racismo Gipuzkoa, 2022).

El concepto de raza surgió durante el 1600s con el comercio transatlántico de personas esclavizadas, para justificar la esclavitud; explotación, denigración y aniquilación. Desde entonces, y a pesar de la evidencia científica en contra, se ha arraigado la creencia de la existencia de la raza, indicada por características fenotípicas como por ejemplo el color. En el S XVIII, Linneo, en su obra *Systema Naturae* (1758), clasificó a los seres humanos en diferentes grupos raciales. En ese trabajo, Linneo dividió a las personas en cuatro grupos: *Homo Europaeus albescens*, *Homo Americanus rubescens*, *Homo Asiaticus fuscus* y *Homo Africanus níger* (Jablonski, 2021). Blumenbach, conocido como el padre de la antropología física, amplió estas clasificaciones en su obra *De Generis Humani Varietate Nativa* (1775), donde propuso cinco categorías raciales basadas en la morfología craneal. Según Jablonski (2021), filósofos como David Hume e Immanuel Kant asociaron negativamente lo negro con la inferioridad, justificando jerarquías raciales que respaldaron la esclavitud y el comercio transatlántico de esclavos.

Las creencias prejuiciosas basadas en el pensamiento genético se sustentan en supuestos científicamente erróneos, como la idea de que los individuos de una misma raza son genéticamente uniformes y que las personas de razas distintas presentan diferencias categóricas e inmutables (Jackson y Depew, 2017; Lewontin, 1996). Al combinar estas premisas con la noción de que las habilidades influenciadas biológicamente no pueden modificarse, surge la conclusión equivocada de que las intervenciones sociales para reducir la desigualdad racial son inútiles, ya que la raza determinaría la capacidad biológica.

La persistencia de estas concepciones erróneas constituye uno de los principales desafíos para la enseñanza de la biología, dado que, a pesar de que la ciencia contemporánea ha demostrado que la variación genética humana es continua y que la mayor parte de la diversidad se encuentra dentro de las poblaciones y no entre grupos raciales, el alumnado de secundaria llega al aula con sesgos influenciados por interpretaciones deterministas de la genética, lo que lleva a ideas que fomentan estereotipos y refuerzan prejuicios, dificultando la comprensión de que la diversidad humana no está determinada por la genética sino por una combinación compleja de factores culturales, históricos y sociales (Jackson y Depew, 2017).

Según Braveman y Parker Dominguez (2021), desde la ciencia se recomienda reemplazar el uso del término raza por grupo étnico o etnicidad para referirse a lo que actualmente se denominan grupos raciales o étnicos. Esta idea se basa en el consenso científico de que la raza no es un concepto biológico, sino social. Las diferencias físicas superficiales como el color de piel no reflejan diferencias biológicas fundamentales, ya que todos los grupos humanos muestran una mezcla genética significativa debido a la migración y la mezcla histórica. Sin embargo, aunque el término "raza" no tiene utilidad como categoría biológica, sigue siendo importante como categoría social para analizar las desigualdades que están profundamente influenciadas por el racismo. Por ejemplo, estas categorías reflejan experiencias históricas como la esclavitud de las personas afroamericanas, la colonización de los pueblos indígenas, y las raíces coloniales de América Latina (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2023).

Bajo este marco, el presente trabajo se centra en la **fase diagnóstica** de una secuencia didáctica diseñada para Educación Secundaria, cuyo objetivo es explorar las ideas iniciales del alumnado sobre el concepto de raza y su relación con la genética, y utilizar esta información para orientar el diseño de actividades basadas en la indagación que promuevan la alfabetización científica a este respecto. La investigación se plantea como un primer paso para mejorar la enseñanza de la genética desde una perspectiva inclusiva, crítica y basada en evidencia científica, ofreciendo herramientas para que los estudiantes comprendan la diversidad humana de manera rigurosa y reflexiva.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se llevó a cabo mediante un diseño descriptivo y transversal involucrando a 14 estudiantes (8 mujeres y 6 hombres) de 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en un centro de titularidad pública. La selección de este nivel educativo responde a criterios curriculares estratégicos, ya que es en este curso donde se introducen formalmente la genética molecular, la herencia mendeliana y la evolución humana. Este marco académico constituye el escenario propicio para intervenir sobre

concepciones sociocientíficas complejas y evaluar el impacto de la alfabetización científica en la deconstrucción de prejuicios.

La investigación presenta un enfoque metodológico cuantitativo basado en el análisis descriptivo de frecuencias y medias de respuestas a instrumentos previamente validados para medir distintas dimensiones de las concepciones del alumnado. Para la identificación de ideas previas de categorización racial en seres humanos y conocimientos de genética se utilizaron tres instrumentos: i) Escala de racismo basado en la genética (Genetically Based Racism Instrument -GBRI): se trata de un instrumento compuesto por 10 ítems (escala del 1 (total desacuerdo) al 5 (total acuerdo)) que permite evaluar actitudes racistas basadas en creencias genéticas midiendo la tendencia a percibir características y capacidades de las personas como determinadas biológicamente según su raza (Parrot et al. (2005)); ii) Escala de concepciones sobre raza (Race Conception Scale-RCS): se trata de un instrumento compuesto por 9 items (escala del 1 (total desacuerdo) al 7 (total acuerdo)) que permite evaluar cómo las personas conciben la raza en términos biológicos o sociales, identificando si los estudiantes consideran la raza como un concepto rígidamente biológico o como un constructo social (Williams y Eberhardt (2008)); iii) Instrumento de Evaluación de Alfabetización Genética (Genetic Literacy Assessment Instrument-GLAI), test de opción múltiple que aborda conceptos identificados como fundamentales para la alfabetización genética, evaluando el nivel de comprensión científica del alumnado en aspectos relacionados con la herencia y la variabilidad genética (Bowling et al., 2008). Para este último instrumento se utilizaron los 2 Items específicos referentes a la relación entre los genes, ADN y cromosomas utilizados en el estudio realizado por Donovan et al. (2024). Los datos obtenidos a partir de estos instrumentos proporcionan información sobre las concepciones iniciales del alumnado, permitiendo identificar patrones de pensamiento esencialista y vacíos conceptuales.

La exploración de las ideas iniciales del estudiantado se desarrolló de forma previa a cualquier instrucción formal sobre genética de poblaciones para asegurar la captura de las ideas intuitivas del alumnado. De esta manera, los instrumentos aquí descritos no solo actúan como herramientas de recolección de datos, sino como catalizadores de la autorreflexión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos iniciales muestra un panorama de "analfabetismo genómico" que favorece la supervivencia de mitos raciales. Los estudiantes presentan una visión tipológica de la humanidad, clasificando la diversidad en categorías estancas. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los diferentes instrumentos utilizados.

Genetically Based Racism Instrument (GBRI)

La media total del instrumento de 10 ítems en escala Likert fue de 3. Este resultado sugiere ambivalencia o duda entre aceptar o rechazar la idea de que la genética explica las diferencias entre grupos étnicos, pudiendo relacionarse con una persistencia de creencias confusas, esencialismo difuso o una posible normalización de ideas biologicistas sin una reflexión crítica que bien podría relacionarse con las necesidades educativas a este respecto. Medin y Ortony (1989), exponían hace varias décadas que las personas esperan que exista alguna propiedad intrínseca que una a los miembros de la categoría, sin expectativas sobre lo que implica esa propiedad.

El ítem que registró el mayor nivel de acuerdo -es decir, con más respuestas en opción 5 (totalmente de acuerdo) – fue "Una raza puede ser más fuerte que otra debido a la genética", con un 42% del alumnado participante. Este posicionamiento puede estar relacionado con la persistencia de creencias esencialistas difusas, que pueden tener origen en una normalización de discursos biologicistas que no siempre son debatidos y contrastados críticamente en entornos educativos. Esperar que una niña que crece en un hogar de niños prefiera las princesas a los camiones de juguete, suponer que los afroamericanos sobresalen en los deportes debido a un gen en particular o creer que los liberales y los conservadores son tipos de personas fundamentalmente distintos, todo ello refleja una visión esencialista de la organización social humana (Rhodes y Mandalaywala, 2017). En muchos contextos educativos, el concepto de raza no se aborda de manera crítica, lo que deja espacio para que el alumnado

adopte visiones esencialistas influenciadas por discursos mediáticos, culturales o pseudocientíficos. No existe ningún gen o conjunto de genes que determine de manera confiable la raza o etnicidad de un individuo (Lewontin, 1972).

Por otro lado, la afirmación más rechazada con un 64% de alumnado que está en desacuerdo con la afirmación que "los miembros de un grupo racial son más musicales que los del otro". Lo que puede indicar que ciertos estereotipos son más fácilmente identificados como problemáticos por el estudiantado.

Race Conception Scale (RCS)

La media total fue de 5 sobre 7, lo que indica una tendencia hacia concepciones esencialistas o naturalizadas del alumnado. El ítem que obtuvo un mayor nivel de acuerdo fue "La raza de una persona está fijada desde el nacimiento" con un 64% del alumnado puntuando con 6 o 7, lo que refuerza la idea de la raza como una característica inmutable. Cabe destacar, otras afirmaciones que también obtuvieron un número elevado de respuestas en valor máximo 7: con un 57%, "Generalmente, dos personas negras siempre se parecerán más entre sí que una persona negra y una blanca" y con un 50% "Nadie puede cambiar su raza, eres quién eres" o "Si una familia blanca viaja alrededor del mundo, las personas que conozcan probablemente los consideren blancos también". Por otro lado, el ítem que mostró mayor nivel de desacuerdo fue "El clima político puede dictar si una persona es clasificada como negra o blanca" (con un 14%). Según Williams y Eberhardt (2008), autoras de la elaboración de este instrumento, se demuestra que una concepción biológica de la raza se asocia no solo con un círculo menos diverso de personas cercanas, sino también con una menor motivación para buscar contacto fuera del propio grupo racial.

Estas respuestas reflejan una aceptación extendida de ideas que asocian la raza con rasgos físicos visibles y con una continuidad a lo largo del tiempo y espacio, lo que sugiere la creencia de modelos rígidos y naturalizados. Así mismo, sugiere que el alumnado no reconoce aún la dimensión sociopolítica del concepto de raza. Este desconocimiento puede estar vinculado a un desconocimiento sobre el origen construido y cambiante de las categorías raciales.

La idea de que la raza está fijada desde el nacimiento que nadie puede cambiar su raza, responde a una visión naturalizada que ignora que las categorías raciales no tienen base biológica, sino que son el resultado de procesos de jerarquización histórico-política., especialmente en contextos marcados por el colonialismo y el racismo estructural. Por ejemplo, Estados Unidos, el trato a las personas mestizas (en particular, a las personas birraciales entre negros y blancos) se ha regido históricamente por la regla de la "gota única". Esta regla, que variaba ligeramente según el estado, sometía a las personas birraciales entre negros y blancos a la severa discriminación legal y social que sufrieron sus antepasados negros (Ho et al., 2010). Según Davis (1991) muestra como a las personas birraciales asiático-blancas y latino-blancas se les reconocerá el estatus de blancos en algunos lugares y en otros no.

Genetic Literacy Assessment Instrument (GLAI)

Los datos muestran que el 42% del alumnado respondió correctamente en los dos ítems seleccionados, lo que indica que menos de la mitad del alumnado tiene una comprensión básica adecuada sobre la estructura genética, lo que justifica la necesidad de una alfabetización genética.

Aparecieron múltiples respuestas incorrectas que reflejan confusión o desconocimiento sobre los conceptos fundamentales de genética. Algunas respuestas erróneas comunes fueron: "Los genes se encuentran solo en el ADN y no en los cromosomas" o "El ADN y los cromosomas son estructuras completamente separadas". Estas respuestas incorrectas sugieren una comprensión mal estructurada sobre cómo se organiza el material genético.

La teoría del esencialismo genético (Dar-Nimrod y Heine, 2011) sostiene que la exposición a la información genética afecta la creencia en el esencialismo genético a través de su impacto en cómo los individuos perciben la relación entre genes y rasgos. La información que lleva a los estudiantes a creer que existe una relación específica, próxima, estable e inmutable entre un gen y un rasgo tiende a aumentar la creencia en el esencialismo genético mediante un mecanismo basado en el razonamiento causal (Lynch et al., 2018).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta exploración de ideas iniciales ponen de manifiesto la persistencia de concepciones esencialistas en el alumnado de Educación Secundaria en relación con el concepto de raza y su vínculo con la genética. A pesar de la ausencia de una base científica sólida que sustente dichas creencias, una parte significativa del estudiantado continúa interpretando la diversidad humana desde un enfoque biologicista, percibiendo la raza como una categoría discreta, fija e inmutable. Esta tendencia se ve reforzada por un conocimiento limitado sobre los fundamentos de la genética, lo que favorece interpretaciones simplificadas y deterministas de la relación entre genes y rasgos humanos.

Por otra parte, se evidencia una desconexión entre el conocimiento científico actual —que entiende la variabilidad genética como continua y mayoritariamente intra-poblacional— y las ideas previas del alumnado, fuertemente influenciadas por discursos sociales, culturales y mediáticos. Esta brecha no solo dificulta la comprensión rigurosa de conceptos biológicos clave, sino que también contribuye a la reproducción de estereotipos y prejuicios, especialmente cuando no se aborda explícitamente la dimensión social e histórica del concepto de raza en el aula.

Estos hallazgos subrayan la importancia de implementar propuestas didácticas efectivas basadas en la indagación y la alfabetización genética que no solo aborden los contenidos científicos, sino también sus implicaciones sociocientíficas. Resulta fundamental promover una enseñanza de la genética que contribuya a desmontar el determinismo biológico, fomente el pensamiento crítico y favorezca una comprensión inclusiva y fundamentada de la diversidad humana. De este modo, la educación científica puede desempeñar un papel clave en la construcción de una ciudadanía más informada, crítica y comprometida con la equidad social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bowling, B. V., Acra, E. E., Wang, L., Myers, M. F., Dean, G. E., Markle, G. C., Moskalik, C. L., & Huether, C. A. (2008). Development and Evaluation of a Genetics Literacy Assessment Instrument for Undergraduates. *Genetics*, *178*(1), 15–22. https://doi.org/10.1534/genetics.107.079533

Braveman, P., & Parker Dominguez, T. (2021). Abandon "Race." Focus on Racism. *Frontiers In Public Health*, 9:689462. https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.689462

Bybee, R.W. (2014). The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications. *Science and Children*, *51*(8), 10–13. https://doi.org/10.2505/4/sc14_051_08_10

Dar-Nimrod, I., & Heine, S. J. (2011). Genetic essentialism: On the deceptive determinism of DNA. *Psychological Bulletin*, *137*(5), 800–818. https://doi.org/10.1037/a0021860

Davis, F. J. (1991). *Who is black?: One nation's definition*. Penn State Press.

Donovan, B. M., Weindling, M., Amemiya, J., Salazar, B., Lee, D., Syed, A., Stuhlsatz, M., & Snowden, J. (2024). Humane genomics education can reduce racism. *Science*, *383*(6685), 818–822. https://doi.org/10.1126/science.adi7895

García, J. G. (2024). Diversidad, cultura, nación: El currículum oculto de la Sociología de la Educación. *Revista de Sociología de la Educación-RASE*, *17*(2), 203–221. https://doi.org/10.7203/rase.17.2.28916

Ho, A. K., Sidanius, J., Levin, D. T., & Banaji, M. R. (2010). Evidence for hypodescent and racial hierarchy in the categorization and perception of biracial individuals. *Journal Of Personality And Social Psychology*, *100*(3), 492-506. https://doi.org/10.1037/a0021562

Jablonski, N. G. (2021). The evolution of human skin pigmentation involved the interactions of genetic, environmental, and cultural variables. *Pigment Cell & Melanoma Research*, *34*(4), 707–729. https://doi.org/10.1111/pcmr.12976

Jackson, J., & Depew, D. (2017). Darwinism, Democracy, and Race: American Anthropology and Evolutionary Biology in the Twentieth Century (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315210803

Lewontin, R. C. (1972). The Apportionment of Human Diversity. En Evolutionary Biology (pp. 381–398). https://doi.org/10.1007/978-1-4684-9063-3_14

Lynch, K. E., Morandini, J. S., Dar-Nimrod, I., & Griffiths, P. E. (2018). Causal Reasoning About Human Behavior Genetics: Synthesis and Future Directions. *Behavior Genetics*, *49*(2), 221–234. https://doi.org/10.1007/s10519-018-9909-z

Medin, D., & Ortony, A. (1989). Comments on Part I: Psychological essentialism. *Cambridge University* (pp. 179-196). https://doi.org/10.1017/cbo9780511529863.009

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2023). Using Population Descriptors in Genetics and Genomics Research: A New Framework for an Evolving Field. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/26902

Parrott, R.L., Silk, K.J., Dillow, M.R., Krieger, J.L., Harris, T.M., Condit, C.M. (2005). Development and validation of tools to assess genetic discrimination and genetically based racism. *J Natl Med Assoc. 97*(7):980–90. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16080668/

Rhodes, M., & Mandalaywala, T. M. (2017). The development and developmental consequences of social essentialism. *Wiley Interdisciplinary Reviews Cognitive Science*, *8*(4). https://doi.org/10.1002/wcs.1437

SOS Racismo Gipuzkoa (2022). Guía para la educación antirracista para docentes. *Diputación Foral de Gipuzkoa*. Recuperado 29 de abril de 2025, de https://www.gipuzkoa.eus/es/web/gizaeskubideak/w/gazte-eta-nerabeekin-antirrazismoa-lantzeko-gida-bikoiztu-1-1

Williams, M. J., & Eberhardt, J. L. (2008). Race conceptions scale. *PsycTest* Dataset. https://doi.org/10.1037/t05294-000

Mitos y realidades en la ciencia: una propuesta para desarrollar el pensamiento y la alfabetización científica en Educación Primaria

Carmela García-Marigómez[1], Elena Yagüe Fuentes[1] y Cristina Gil-Puente[1]*

[1]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valladolid, España.

*Correspondencia: cristina.gil.puente@uva.es

RESUMEN: El presente estudio analiza el impacto de una propuesta didáctica basada en el enfoque de Pensamiento Visible para promover la alfabetización científica y el desarrollo de habilidades de pensamiento en Educación Primaria. La intervención, centrada en el análisis crítico de mitos alimentarios, se implementó con 12 estudiantes de segundo curso mediante una metodología que integra rutinas de pensamiento y aprendizaje cooperativo. Desde un enfoque cualitativo y un diseño basado en análisis de contenido, se recogieron datos a través de rúbricas específicas, lista de cotejo y cuaderno de campo. Los resultados muestran avances en la observación detallada, la formulación de preguntas y el establecimiento de conexiones entre conocimientos científicos y situaciones cotidianas. Sin embargo, se evidencian dificultades en la construcción de explicaciones fundamentadas y en la consideración de múltiples perspectivas. La propuesta favorece la participación activa, la reflexión metacognitiva y una aproximación crítica a la información científica difundida por los medios. Se concluye que la integración de contenidos contextualizados y rutinas de pensamiento constituye una vía eficaz para iniciar la construcción de una cultura de pensamiento científico desde edades tempranas.

PALABRAS CLAVE: alfabetización científica; alimentación; pensamiento visible; Educación Primaria; mitos

ABSTRACT: This study analyses the impact of a teaching intervention based on the Visible Thinking approach to promote scientific literacy and thinking skills in Primary Education. The programme focused on the critical analysis of food-related myths and was implemented with 12 second-grade students. A qualitative design based on content analysis was adopted. Data were collected through specific rubrics, a checklist and a field diary. Results show improvements in close observation, questioning and the establishment of connections between scientific knowledge and everyday situations. However, difficulties were identified in constructing evidence-based explanations and considering multiple perspectives. The proposal fostered active participation, metacognitive reflection and a more critical approach to scientific information disseminated by the media. It is concluded that integrating contextualised scientific content with thinking routines represents an effective strategy to initiate the development of a scientific thinking culture from early educational stages.

KEYWORDS: scientific literacy; visible thinking; primary education; food; myths

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios señalan que, a medida que avanzan en el sistema educativo, el alumnado desarrolla actitudes menos favorables hacia la ciencia (Paños, 2019), lo que resulta preocupante en una sociedad moldeada por la ciencia (Ortega-Quevedo et al., 2022) que requieren ciudadanos capaces participar críticamente en debates sociocientíficos (Lederman et al., 2024). La enseñanza tradicional, centrada en contenidos descontextualizados, escasa experimentación y repetición conceptual, ha contribuido a este distanciamiento (Vázquez y Manassero, 2018).

Frente a ello, se defiende una educación orientada a la alfabetización científica para todos, entendida como desarrollo de conocimientos y capacidades para comprender, interpretar y actuar sobre la realidad (Ballesteros-Ballesteros y Gallego-Torres, 2022). Esta alfabetización integra dimensiones informativa (saber), formativa (pensamiento) y aplicativa (transferencia a la vida cotidiana), por lo que la enseñanza

en Primaria debe apoyarse en contextos significativos y problemáticas reales, promoviendo indagación, reflexión y construcción activa del conocimiento.

En la sociedad de la información, marcada por la proliferación de las pseudociencias en ámbitos, la persistencia de mitos evidencia la dificultad para distinguir entre buena ciencia y mala ciencia. Esto subraya la necesidad de formar al alumnado en el análisis crítico de la información científica difundida por los medios.

Desde esta perspectiva, el aula debe ser un espacio para aprender ciencia y pensar científicamente. Para ello, el estudio adopta el enfoque de Pensamiento Visible del Project Zero (Ritchhart et al., 2014), integrando habilidades de pensamiento y contenidos curriculares mediante rutinas que hacen visibles los procesos cognitivos, conectan ideas previas y nuevos saberes, promueven la argumentación basada en evidencias y desarrollan destrezas propias del pensamiento científico (Ritchhart et al., 2014; Vázquez y Manassero, 2018). Esta visibilización favorece la comprensión conceptual y una evaluación formativa centrada en procesos y retroalimentación ajustada (Ortega-Quevedo y Gil, 2020). La propuesta se implementa, además, mediante aprendizaje cooperativo, promoviendo construcción compartida del conocimiento, responsabilidad individual y grupal y habilidades interpersonales, lo que permite consolidar una cultura de pensamiento científico desde edades tempranas (García-Martín y Gil, 2020).

En coherencia con esta fundamentación, este estudio busca promover una alfabetización científica a partir del trabajo de la ciencia en la vida cotidiana (concretamente, mitos alimentarios) a través del enfoque de pensamiento y el aprendizaje cooperativo. De este objetivo se derivan tres objetivos específicos: (1) analizar si la participación en el programa favorece la comprensión crítica de la información científica difundida por los medios; (2) examinar cómo las rutinas de pensamiento influyen en la comprensión de contenidos científicos vinculados a la alimentación; y (3) analizar en qué medida dichas rutinas promueven el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, como establecer conexiones, construir explicaciones y razonar con evidencias.

MÉTODO

La investigación adopta un enfoque cualitativo basado en el análisis de contenido (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018), lo que permite profundizar en las experiencias del alumnado y en los efectos de su participación en la propuesta educativa.

Participantes

Participaron 12 estudiantes de segundo curso de Educación Primaria (7–8 años) de un centro de la provincia de Segovia. La muestra fue no probabilística por conveniencia.

Técnica e instrumentos de recogida de la información

Para recopilar información, se emplearon la observación sistemática y el análisis de las producciones del alumnado. Se elaboró una lista de cotejo basada en los objetivos de la propuesta didáctica, con ítems formulados a partir del currículo oficial español, como evidencias de alfabetización científica. Para las habilidades de pensamiento, se tomaron como referencia las rúbricas de García et al. (2017). De forma complementaria, se utilizó un cuaderno de campo.

Desarrollo de la propuesta de intervención

Se diseña una propuesta formativa centrada en el contenido de la alimentación (Tabla 1) conformada por una serie de actividades interrelacionadas para promover la comprensión del contenido y el desarrollo de habilidades de pensamiento.

Tabla 1. Desarrollo de la propuesta didáctica "La verdad sobre los mitos"

Sesión	Objetivo principal	Actividades clave	Evaluación
Los mitos y el misterio de las zanahorias	Introducir el concepto de mito y fomentar la identificación de creencias erróneas sobre alimentación.	Debate introductorio "Juego de la soga" (discusión y argumentación)	Autoevaluación individual escrita
Investigamos algunos mitos	Profundizar en el análisis de mitos alimentarios y desarrollar habilidades de indagación y contrastación de información.	Rutina Mito-Pienso-Me pregunto Lectura de noticias. Debate y puesta en común	Autoevaluación y reflexión oral

El plato equilibrado	Reflexionar sobre la alimentación equilibrada y distinguir entre mitos y fundamentos científicos.	Creación de un plato equilibrado con recortes. Justificación individual con la rutina Tomo nota. Asamblea para análisis colectivo.	Autoevaluación y reflexión oral
¿Será verdad?	Analizar críticamente la información mediática vinculada con alimentación.	Análisis de cartel publicitario con la rutina Leo-Pienso-Me pregunto. Debate sobre medios. Detección de *fake news* (titulares). Reflexión final con la rutina Antes pensaba-Ahora pienso	Autoevaluación del alumnado y reflexión oral

Técnica e instrumentos de análisis de la información

El análisis de contenido se realizó mediante un proceso deductivo de identificación de categorías y subcategorías (Tabla 2). Concretamente, los datos se analizaron a partir de la lectura y detección de los aspectos recogidos en las rúbricas de evaluación y en la lista de cotejo diseñadas.

Tabla 2. Categorías pre-establecidas.

Instrumento	Categorías	Subcategorías
Lista de cotejo (conocimiento científico)	Alimentación	- Salud - Dieta equilibrada - Actividad física
Rúbricas de las rutinas de pensamiento (habilidades del pensamiento)	Juego de la soga	- Construir explicaciones e interpretaciones. - Establecer conexiones. - Tener en cuenta diferentes puntos de vista.
	Titular	- Captar lo especial y llegar a conclusiones.
	Mito-Pienso-Me pregunto	- Establecer conexiones - Construir explicaciones e interpretaciones. - Razonar con evidencia. - Preguntar y hacer preguntas.
	Tomo nota	- Establecer conexiones. - Construir explicaciones e interpretaciones. - Captar lo esencial y llegar a conclusiones.
	Leo-Pienso-Me pregunto	- Observar de cerca y describir que hay ahí - Construir explicaciones e interpretaciones. - Razonar con evidencia. - Preguntar y hacer preguntas.
	Antes pensaba…Ahora pienso	- Reflexión y metacognición.

RESULTADOS

El análisis de los datos se orientó a evaluar si la participación en el programa promovía una comprensión más crítica de la información científica y a determinar cómo el uso de rutinas de pensamiento favorecía la comprensión de contenidos científicos sobre alimentación y el desarrollo de habilidades de pensamiento.

Resultados de la primera sesión

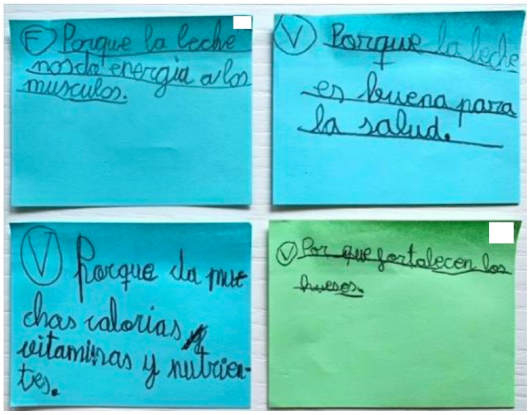
La sesión inicial tuvo como finalidad introducir la temática y explorar las habilidades de pensamiento del alumnado mediante cinco afirmaciones sobre alimentación y salud, trabajadas con las rutinas "Juego de la soga" y "Titular".

En general, la mayoría logró formular al menos un argumento para justificar su postura, estableciendo relaciones con la alimentación saludable, la actividad física y el cuidado de la salud, lo que evidencia un nivel medio de logro. Sin embargo, algunos se limitaron a repetir las afirmaciones sin justificarlas, mostrando dificultades para construir significados más complejos.

La principal dificultad se situó en la consideración de distintos puntos de vista, posiblemente debido a la escasa experiencia previa y a características evolutivas propias de la edad que dificultan adoptar perspectivas alternativas.
En afirmaciones como las referidas al consumo de frutas o leche (Figura 1), se observaron explicaciones de mayor calidad, con argumentos múltiples y conexiones más complejas entre nutrientes y salud, alcanzando algunos estudiantes el nivel máximo de logro.

Figura 1. "Juego de la soga – mitos sobre la leche"

En la rutina Titular, la mayoría identificó la idea principal y formuló conclusiones coherentes (nivel medio), aunque no siempre científicamente fundamentadas. En conjunto, esta primera sesión evidenció que las rutinas de pensamiento favorecen la participación activa y la expresión de ideas vinculadas a contenidos científicos relevantes.



Resultados de la segunda sesión

En la segunda sesión se aplicó la rutina "Mito-Pienso-Me pregunto" para analizar creencias populares sobre alimentación. Aunque muchos estudiantes no habían oído previamente algunos de los mitos, lograron vincularlos con conocimientos previos o intuiciones personales, mostrando una comprensión incipiente de los contenidos científicos implicados.

Sin embargo, la mayoría no consiguió justificar de forma sólida por qué las afirmaciones eran falsas o carecían de base científica, lo que pone de manifiesto la necesidad de profundizar en la construcción de conocimiento conceptual. Aun así, se observaron casos puntuales de argumentaciones más estructuradas.

Destaca especialmente la formulación de preguntas pertinentes durante la actividad, lo que refleja curiosidad e interés por comprender el fundamento científico de los mitos. Esta disposición hacia la indagación constituye una base relevante para el desarrollo del pensamiento científico.

Resultados de la tercera sesión

En la tercera sesión, mediante la rutina "Tomo nota", el alumnado diseñó un "plato equilibrado" y justificó sus elecciones. La mayoría alcanzó un nivel medio al establecer conexiones con nociones básicas de nutrición saludable, y algunos lograron el nivel máximo al incorporar relaciones más complejas, como el equilibrio dietético o el aporte vitamínico.

En el movimiento captar lo esencial y llegar a conclusiones se observaron buenos desempeños, aunque la fundamentación de las explicaciones fue más limitada, lo que evidencia la necesidad de seguir reforzando esta habilidad.

La puesta en común, registrada en el cuaderno de campo, favoreció la reflexión colectiva sobre variedad y equilibrio alimentario, promoviendo conexiones más significativas y mayor conciencia sobre la importancia de una dieta equilibrada.

Resultados de la cuarta sesión

En la cuarta sesión se utilizó la rutina "Leo-Pienso-Me pregunto" para analizar críticamente mensajes publicitarios bajo la consigna "¿Natural o artificial?". La mayoría del alumnado alcanzó el nivel máximo en el movimiento observar y describir, realizando descripciones detalladas del contenido visual (Figura 2).

Todos formularon interpretaciones sobre el mensaje publicitario, aunque no siempre lograron justificarlas con evidencias, lo que limitó la calidad del razonamiento argumentado. En cambio, la formulación de preguntas fue abundante y pertinente, evidenciando implicación y deseo de contrastar la veracidad de los mensajes.

Se identificaron además análisis especialmente críticos en casos puntuales, donde se detectaron posibles estrategias de persuasión o elementos engañosos.

La última rutina aplicada, "Antes pensaba…/Ahora pienso…", permitió al alumnado reflexionar sobre sus concepciones iniciales y los aprendizajes adquiridos (Figura 3). Aunque algunos mostraron dificultades para recuperar ideas previas, la mayoría evidenció cambios en su comprensión sobre alimentación y salud, lo que indica una evolución en su pensamiento.

Figura 2. "Leo – Pienso – Me pregunto"

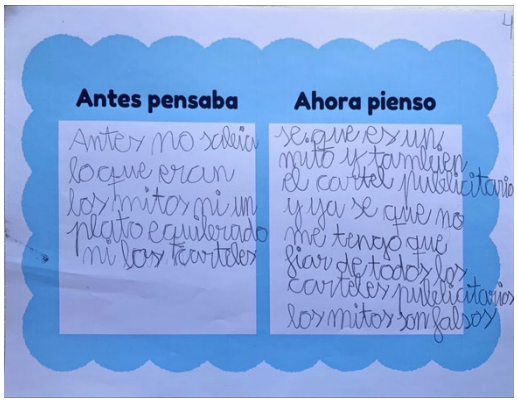


Figura 3. "Antes pensaba – Ahora pienso"

En conjunto, los resultados muestran avances en participación, curiosidad, formulación de preguntas y establecimiento de conexiones, así como progresos incipientes hacia una comprensión más crítica de la información relacionada con la alimentación.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que, en coherencia con la literatura (García-Marigómez et al., 2024), la integración sistemática de rutinas de Pensamiento Visible en torno a contenidos científicos contextualizados constituye una estrategia pertinente para favorecer la alfabetización científica en Educación Primaria. La propuesta no solo promovió la participación activa del alumnado, sino que permitió hacer explícitos sus procesos de razonamiento, facilitando una evaluación formativa ajustada a sus necesidades y estimulando el desarrollo de la metacognición.

La aportación de esta investigación reside en articular las rutinas de pensamiento con una temática científica cercana y socialmente relevante como los mitos alimentarios, cuya contextualización favoreció la implicación y el sentido del aprendizaje. En una sociedad marcada por la desinformación y la difusión de contenidos pseudocientíficos, formar ciudadanos capaces de analizar críticamente la información es una responsabilidad ineludible de la escuela. Iniciar este proceso desde edades tempranas impulsa la construcción progresiva de una cultura de pensamiento que trasciende el área de ciencias y se proyecta a otras dimensiones del aprendizaje y de la vida cotidiana.

En relación con el desarrollo de habilidades específicas, y considerando el punto de partida y el momento psicoevolutivo del alumnado, se observaron avances significativos en la observación detallada, la identificación de ideas clave y la formulación de preguntas. Estas habilidades constituyen la base del pensamiento científico, al permitir problematizar la realidad y abrir procesos de indagación. Del mismo modo, la incorporación de espacios de diálogo favoreció la ampliación y profundización del pensamiento a través de la interacción, reforzando la dimensión social del aprendizaje científico.

No obstante, otras competencias de mayor complejidad cognitiva, como la consideración de múltiples perspectivas o la construcción de explicaciones fundamentadas en evidencias, mostraron un desarrollo más incipiente. Este hallazgo no debe interpretarse como una limitación del enfoque, sino como un indicador de que el pensamiento científico requiere continuidad temporal, andamiaje progresivo y experiencias reiteradas.

La intervención también puso de manifiesto el potencial del enfoque para fomentar una mirada crítica hacia la información difundida por los medios de comunicación. Las rutinas ayudaron al alumnado a cuestionar afirmaciones que, a primera vista, no parecían requerir un análisis profundo. De este modo, se promovió una disposición intelectual crítica en el aula, lo que supone un avance significativo hacia una alfabetización científica crítica (Ballesteros-Ballesteros y Gallego-Torres, 2022).

Entre las limitaciones del estudio destacan el tamaño reducido de la muestra y la breve duración de la intervención, factores que limitan la generalización de los resultados. Futuras investigaciones deberían ampliar el número de participantes y prolongar la implementación con el fin de analizar el impacto a medio y largo plazo.

En definitiva, trabajar los mitos alimentarios mediante el enfoque de Pensamiento Visible se configura como una vía didáctica significativa para conectar la ciencia escolar con la vida cotidiana y contribuir a la construcción progresiva de una cultura de pensamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballesteros-Ballesteros, V. y Gallego-Torres, A. P. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 14*(26). https://doi.org/10.22430/21457778.1855

García Marigómez, C., Ortega Quevedo, V., Gil Puente, C. y Montalvo García, M. M. (2024). El enfoque de pensamiento visible para el desarrollo de una adecuada alfabetización científica. En I. M. Greca Dufranc, E. M. García Terceño, R. B. Toma y J. Ortiz Revilla (Coords.), 31 *Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Hacia una educación científica alineada con la Agenda 2030* (pp. 555–560).

García-Martín, N. y Gil, C. (2020). ¿En qué consiste el enfoque del Pensamiento Visible? En MiríadaX, Módulo 1 MOOC Pensamiento visible para la docencia. Universidad de Valladolid.

García, N., Cañas, M. y Pinedo, R. (2017). Métodos de evaluación de rutinas de pensamiento: Aplicaciones en diferentes etapas educativas. *SCINFOPER*.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Education.

Lederman, J., Akerson, V. Bartels, S. y Schwartz, R. (2024). Attention science educators, we have a problem: lack of global functional scientific literacy. *International Journal of Science Education*. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2361934

Ortega-Quevedo, V. y Gil Puente, C. (2020). La evaluación formativa como elemento para visibilizar el desarrollo de competencias en ciencia y tecnología y pensamiento crítico. *PUBLICACIONES*, *50*(1), 275–291. https://doi.org/10.30827/publicaciones.v50i1.15977

Ortega-Quevedo, V., Gil, C. y Vallés, C. (2022). Decisiones científico-tecnológicas y equilibrios en la ciencia y la tecnología. Una propuesta basada en el desarrollo del pensamiento. *IENCI, 27*(1), 223-244. http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p223

Paños Martínez, E. (2019). *Actitud hacia la ciencia en los primeros años educativos: Estudio longitudinal tras una intervención* [Tesis doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha]

Ritchhart, R., Church, M. y Morrison, K. (2014). Hacer visible el pensamiento. Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes. Paidós SAJCF.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 17*(2), 309-336.

Cultivando *criticality* en el aula: un diseño *One Health* sobre microbiota

Irene González-Costa[1], *Paloma Blanco-Anaya*[1] *y Blanca Puig*[1]

[1] Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela (USC), España

*Correspondencia: irenegonzalez.costa@usc.es

RESUMEN: En la era de la desinformación es necesario aprender a pensar y, sobre todo, a actuar de forma crítica. En este trabajo se aplica la noción de *criticality* a una situación de aprendizaje centrada en microbiota y enfoque *One Health*, ambas poco abordadas en el aula de secundaria. El objetivo ha sido generar este diseño siguiendo la metodología de la investigación basada en el diseño. En el proceso se han involucrado docentes de secundaria en formación que cursaban el Máster de Formación de Profesorado de Educación Secundaria en la USC. Los resultados de este estudio muestran la situación de aprendizaje final apoyada en la caracterización de las prácticas de *criticality* implícitas en las diferentes actividades y en la integración, en estas últimas, del enfoque *One Health*. De este estudio derivan beneficios formativos en materia de *criticality* tanto para docentes en formación como para el alumnado de secundaria que ha participado en las sesiones.

PALABRAS CLAVE: investigación basada en diseño; pensamiento crítico; criticality; microbiota; una salud.

ABSTRACT: In the current era of widespread misinformation, it is absolutely essential to learn how to think and, above all, how to act in a truly critical manner. This paper applies the theoretical notion of *criticality* to a practical learning situation centered on both microbiota and the One Health approach, both of which are seldom addressed within the traditional secondary school classroom. The main objective has been to generate this instructional design by strictly following the methodology of design-based research. Throughout this process, several pre-service secondary school teachers who were enrolled in the Master's Degree in Secondary Teacher Training at the USC were actively involved. The results of this study showcase the final learning situation, supported by the characterization of the criticality practices implicit in the different activities and the integration of the One Health approach. This study yields significant formative benefits regarding criticality for both pre-service teachers and secondary students.

KEYWORDS: design-based research; critical thinking; criticality; microbiota; one health.

MARCO TEÓRICO

El pensamiento crítico (PC en adelante) conforma una línea de investigación prioritaria debido al auge de la desinformación científica en la era de postverdad en la que las creencias personales y emociones moldean, en gran medida, la opinión pública. Según autores como Barnett (1997), ser un pensador crítico va más allá del mero hecho de pensar, siendo necesario actuar. En sintonía con esta idea surge la noción de *criticality* (Davies y Barnett, 2015). Esta perspectiva defiende que el PC estaría conformado por tres grandes dimensiones: el *razonamiento crítico*, la *reflexión crítica* y la *acción crítica,* todas ellas influenciadas por los valores, actitudes y emociones personales. Cada una de estas tres dimensiones estaría compuesta, a su vez, de diferentes prácticas, que se incluyen en la figura 1. Es importante destacar que, para facilitar la comprensión, se establecen dos niveles: crítico y acrítico. Pese a esto, estas prácticas podrían solaparse e ir acompañadas de otras diferentes.

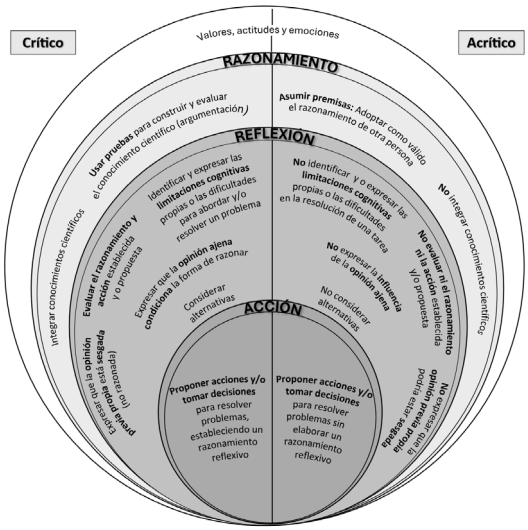


Figura 1. Dimensiones y prácticas de criticality. Elaborado por autoras.

El razonamiento crítico implica pensar críticamente y está íntimamente ligado con la práctica científica de la argumentación (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022). De este modo, razonar de forma crítica supondría: integrar conocimientos científicos y usar pruebas para construir y evaluar el conocimiento científico.

La reflexión crítica se vincula al ser y hace referencia a practicar de forma consciente el PC, es decir, desarrollar habilidades metacognitivas (Colucci-Gray y Gray, 2022). En el aula, podría fomentarse estimulando prácticas como: considerar alternativas; ser consciente de las limitaciones cognitivas propias, de la existencia de posibles sesgos en la opinión previa y de la influencia de la opinión ajena; y evaluar el razonamiento y/o la acción propuesta. De este modo, reflexionando críticamente seremos conscientes de cómo nuestras experiencias y decisiones condicionan nuestro propio pensamiento (Dunne, 2015).

La acción crítica implica actuar o tomar decisiones de forma razonada y reflexiva (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022). De esta forma, que una acción sea crítica o acrítica no depende de la acción *per se*, sino de los procesos de razonamiento y/o reflexión vinculados a la misma.

Promover el PC en el aula es una tarea que requiere de tiempo, instrucción y de una práctica sostenida (Kuhn, 2019), siendo fundamental el desempeño docente. Además, existen investigaciones que evidencian las ventajas de emplear las cuestiones socio-científicas (CSC en adelante) como contexto didáctico para fomentar el PC (Franco-Mariscal, 2024; Solbes, 2013). Dentro de las CSC, se consideran especialmente relevantes aquellas que integran el enfoque *One Health* (OH en adelante) (Hobusch et al., 2024), que defiende que la salud debe entenderse como un sistema complejo formado por tres esferas (salud humana, salud animal y salud ambiental) relacionadas entre sí. Este último, pese a estar presente en el actual currículum de Educación Secundaria, está todavía poco integrado en el aula de ciencias. Para mejorar la enseñanza del PC, es necesario invertir esfuerzos en formar al futuro profesorado en cómo enseñar a pensar de forma crítica (Guisasola, 2024) pero también a ser y actuar en consecuencia. En este estudio se involucra a docentes de secundaria en formación inicial en el diseño e implementación en el aula de una situación de aprendizaje (SA en adelante) centrada en la microbiota, una CSC emergente vinculada con la educación para la salud que permite, además de promover el PC, aplicar la noción OH.

METODOLOGÍA

Este estudio ha seguido la metodología de la investigación basada en el diseño, que ha permitido implementar en el aula la situación de aprendizaje (SA) 1 "Explorando tu microbiota", reflexionar sobre

su puesta en práctica y mejorarla, resultando así en la SA2, titulada "Una sola microbiota". El proceso seguido hasta la creación de esta última se detalla en la figura 2.

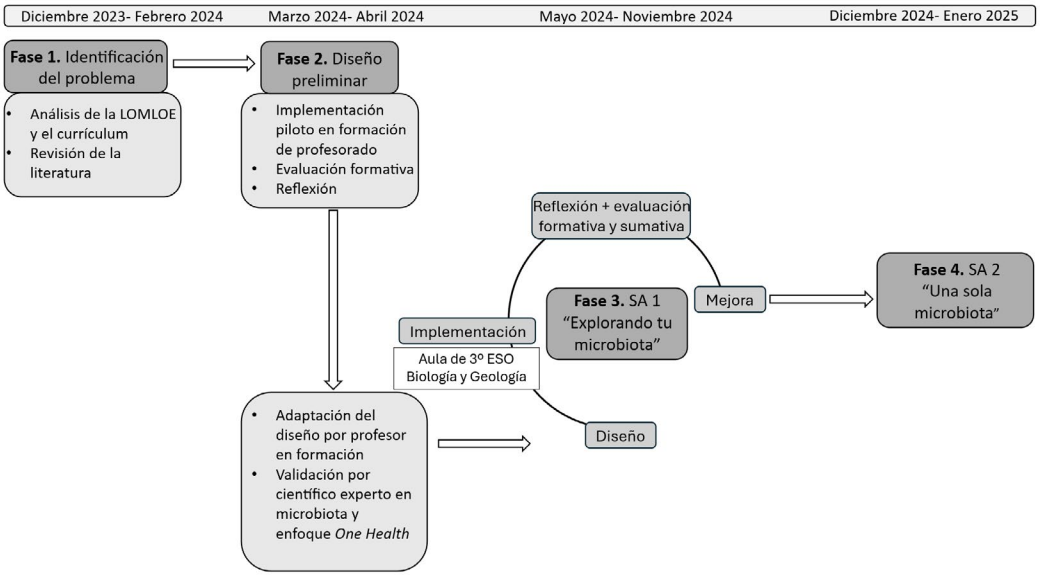


Figura 2. Esquemas de las fases de la investigación basada en diseño seguidas para diseñar la SA2 (González-Costa et al.,2026)

La primera fase consistió en analizar el currículum de la materia Biología y Geología de educación secundaria, así como la literatura referente al PC, microbiota y enfoque OH.

A continuación, en la fase 2, se elaboró un diseño preliminar resultado de la integración de los hallazgos de la fase 1. Este diseño consistía en 5 actividades que han sido evaluadas por Ignacio López Goñi, referente nacional en microbiota y enfoque OH. Posteriormente, las actividades fueron adaptadas por un docente de secundaria en formación, que en el curso 2023-2024 realizaba el Máster de Formación de Profesorado de Educación Secundaria, a su contexto de aula concreto.

Dicha adaptación derivó en la fase 3, que consistió en el diseño de la SA1 y su implementación en un aula de 3º ESO (27 estudiantes) por el docente en formación encargado de su adaptación en la fase previa. La implementación se desarrolló durante el periodo de prácticas de este último. Una vez realizada, las investigadoras revisaron los resultados obtenidos y mejoraron el diseño junto con una nueva docente en formación en el curso siguiente (2024-2025).

Finalmente, en la fase 4, esta nueva docente colaboró con las investigadoras en el diseño de la SA2 "Una sola microbiota", aplicando así la metodología de la investigación basada en el diseño. La SA2 ha sido implementada en un aula de 3º ESO durante su período de prácticas.

Los resultados derivados de esta segunda implementación están siendo analizados actualmente.

RESULTADOS

Los resultados de la aplicación de la investigación basada en el diseño se corresponden con la SA2 "Una sola microbiota", compuesta por siete actividades que se describen a continuación:

- A1- ¿Qué sabemos sobre microorganismos y microbiota?: Cuestionario de ideas previas sobre microorganismos y microbiota que incluye preguntas tanto abiertas como cerradas. También se han incluido preguntas concretas sobre la noción OH.
- A2- ¿Nivel micro o macro?: Actividad de clasificación de entidades biológicas (p.ej. levadura, tardígrado, espermatozoide, virus, mosca) según puedan ser observadas, en nivel microscópico o macroscópico.

- A3-Somos superorganismos: Elaboración de mapas de microbiota humana, diferenciando microorganismos beneficiosos de patógenos. Se complementa con preguntas para identificar interacciones entre factores ambientales y microbiota así como la propuesta de acciones favorables para recuperar la salud de esta última.
- A4- ¿Podemos compartir nuestros microbios?: Experimento breve para comprobar cómo varía la microbiota a través del contacto entre individuos y elaboración de un informe de laboratorio con preguntas abiertas.
- A5- Un microbioma: Actividad de análisis de casos prácticos que relacionan los hábitos de vida con la salud de la microbiota y sus implicaciones en las tres esferas de la salud.
- A6- Microbiota, ¿verdades o mitos?: Actividad en la que se solicita la evaluación de afirmaciones observadas en medios de comunicación y la gestión de la incertidumbre asociada a la ciencia.
- A7- Autoevaluación: Cuestionario de reflexión sobre el desarrollo de las tres dimensiones de *criticality*.

En la tabla 1 se detalla de qué forma se ha integrado el enfoque OH en las siete actividades de esta SA así como las prácticas de *criticality* (figura 1) implicadas en cada una de ellas. El diseño de esta SA2 puede consultarse en González-Costa et al. (2026).

Tabla 1. Actividades que conforman la SA2 "Una sola microbiota". Se especifican las prácticas de *criticality* asociadas a cada una de ellas y de qué forma se ha integrado el enfoque OH.

	Enfoque *One Health*	**Prácticas criticality**
A1- ¿Qué sabemos sobre microorganismos y microbiota?	Integra el enfoque OH al solicitar al alumnado explicar con sus palabras el significado de OH así como reflexionar acerca de la premisa "Si cuidamos sólo una, nos quedaremos sin ninguna"	Razonamiento crítico: - Integrar conocimientos científicos sobre microorganismos, microbiota y enfoque OH
A2- ¿Nivel micro o macro?	No se integra el enfoque OH	Razonamiento crítico: - Integrar conocimientos científicos Reflexión crítica: - Identificar limitaciones cognitivas - Considerar alternativas - Evaluar el razonamiento propuesto Acción crítica: - Tomar decisiones para situar en distintos niveles entidades biológicas, estableciendo un razonamiento reflexivo
A3-Somos superorganismos	Integra el enfoque OH al tener que identificar interacciones entre factores ambientales y la microbiota humana, así como reconocer y sugerir acciones de las tres esferas OH favorables para recuperar la salud de la microbiota	Razonamiento crítico: - Integrar conocimientos científicos sobre cuerpo humano, microbiota y factores OH que influyen en la microbiota Reflexión crítica: - Considerar alternativas - Evaluar el razonamiento propuesto Acción crítica: - Tomar decisiones acerca de las medidas adecuadas para recuperar la salud de la microbiota, estableciendo un razonamiento reflexivo

A4- ¿Podemos compartir nuestros microbios?	Integra el enfoque OH al tener que establecer hipótesis sobre la posibilidad de compartir microbiota y reflexionar sobre su naturaleza compartida pero individual a la vez, resultado de las interacciones con el ambiente y sus hábitos de vida (tres esferas OH)	Razonamiento crítico: - Integrar conocimientos científicos sobre enfoque OH y microbiota - Usar pruebas para construir y evaluar el conocimiento científico
A5- Un microbioma	Integra el enfoque OH al tener que señalar factores de las tres esferas OH que influyan en la microbiota y construir un modelo OH que integre dichos factores.	Razonamiento crítico: - Integrar conocimientos científicos sobre factores de las tres esferas OH que influyan en la microbiota Reflexión crítica: - Considerar alternativas Acción crítica: - Tomar decisiones acerca de en qué esfera ubicar cada factor, estableciendo un razonamiento reflexivo
A6- Microbiota, ¿verdades o mitos?	Integra el enfoque OH al tener que evaluar enunciados y noticias que evidencian la compleja relación entre la microbiota y las tres esferas OH	Razonamiento crítico: - Integrar conocimientos científicos sobre microbiota y salud - Usar pruebas para construir y evaluar el conocimiento científico Reflexión crítica: - Identificar y expresar las limitaciones cognitivas propias -Considerar alternativas - Expresar que la opinión ajena condiciona la forma de razonar - Expresar que la opinión previa propia puede estar sesgada - Evaluar el razonamiento y acción propuesta Acción crítica: - Tomar decisiones acerca de clasificar premisas como veraces o falsas, estableciendo un razonamiento reflexivo
A7- Autoevaluación	No se integra el enfoque OH	Reflexión crítica: - Identificar y expresar las limitaciones cognitivas propias para resolver las actividades de la SA - Expresar que la opinión ajena condiciona la forma de razonar - Expresar que la opinión previa propia puede estar sesgada

CONCLUSIONES

Cultivar el PC en el aula requiere preparar y guiar al profesorado para este fin. Esto no está exento de retos, puesto que realizar en el aula intervenciones largas que permitan implicar al profesorado en el diseño, implementación y evaluación de propuestas no siempre es posible.

Es importante remarcar que, para fomentar que los estudiantes practiquen la acción crítica en su vida diaria, las intervenciones aisladas en el aula no son suficientes. Convertirse en un buen pensador (y actor) crítico requiere de tiempo y de una práctica sostenida (Kuhn, 2019). En este caso, se ha fomentado la enseñanza consciente del PC enfocado a la acción (Davies y Barnett, 2015) obteniendo como resultado una SA centrada en saberes básicos poco abordados en el aula de secundaria, como el caso de la microbiota y el enfoque OH. Las actividades diseñadas integran la acción crítica desde la toma de decisiones razonada y reflexiva, integrando una visión holística en la cual la salud humana,

animal y ambiental se comprende como única. Así, se promueve la concienciación del alumnado sobre la importancia de aplicar las tres dimensiones de *criticality* y la visión OH a la hora de tomar decisiones acerca de problemáticas vinculadas a la salud. Además, involucrar a docentes de secundaria en formación en el diseño y puesta en práctica de la SA a través de la metodología de la investigación basada en el diseño ha permitido contribuir a su formación en este ámbito (Guisasola, 2024), evidenciando la necesidad de prestar atención a los desempeños del alumnado en términos de *criticality* y OH.

Se espera que el análisis de los datos derivados de esta segunda implementación permita avanzar en la caracterización del ambiente de aprendizaje idóneo para fomentar el PC desde una perspectiva integral en la que el último paso sea la toma de decisiones crítica.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto SOS Con-ciencia (Pensamiento crítico para la acción ante desafíos socio-científicos emergentes en la educación científica), PID2022-138166NB-C21/AEI/501100011033/ FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barnett, R. (1997). *Higher education: A critical business*.MacGraw-Hill Education, Ed.

Colucci-Gray, L., y Gray, D. (2022). Critical thinking in the flesh: Movement and metaphors in a world in flux. En B. Puig y M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Critical thinking in Biology and Environmental Education: Facing challenges in a post-truth world* (1 ed, pp. 21–39).

Davies, M., y Barnett, R. (2015). Introduction. En M. Davies y R. Barnett (Eds.), *The Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education* (pp. 1–26).

Dunne, G. (2015). Beyond critical thinking to critical being: Criticality in higher education and life. *International Journal of Educational Research*, *71*, 86–99. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2015.03.003

Franco-Mariscal, A. J. (2024). *Critical Thinking in Science Education and Teacher Training* (A. J. Franco-Mariscal, Ed.; Vol. 64). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78578-8

González-Costa, I., Puig, B. y Blanco-Anaya, P. (2026) Investigación basada en el diseño para la promoción de *Criticality*: una propuesta *Una Salud*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 23(1), 1801. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1801

Guisasola, J. (2024). La investigación basada en el diseño: algunos desafíos y perspectivas. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, *21*(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2801

Hobusch, U., Scheuch, M., Heuckmann, B., Hodžić, A., Hobusch, G. M., Rammel, C., Pfeffer, A., Lengauer, V., y Froehlich, D. E. (2024). One Health Education Nexus: enhancing synergy among science-, school-, and teacher education beyond academic silos. *Frontiers in Public Health*, *11*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1337748

Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2022). Educating critical citizens to face post-truth: the time is now. En B. Puig y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.): Critical Thinking in Biology and Environmental Education. Facing Challenges in a Posttruth World. Springer.

Kuhn, D. (2019). Critical Thinking as Discourse. *Human Development*, *62*(3), 146–164. https://doi.org/10.1159/000500171

Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, *10*(2), 148–153.

El abordaje del pensamiento crítico en el diseño de actividades de educación ambiental

Isabel Lara-Espinosa[1], Carme Grimalt-Álvaro[1] y Anna Marbà Tallada[1]

[1]Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

*Correspondencia: Isabel.LaraE@autonoma.cat

RESUMEN: Educar en materia de medio ambiente desde una mirada crítica es actualmente una necesidad creciente, a pesar de las dificultades señaladas al promover el pensamiento crítico en el aula (Loaiza et al., 2025). No obstante, el diseño de materiales educativos ofrece la oportunidad para que el profesorado promueva esta habilidad en su práctica, dentro de la educación ambiental. En este estudio preliminar, se caracterizaron las actividades de educación ambiental de tres páginas web dirigidas al profesorado: ARC, Erasmus+ y Eco-schools. La caracterización se hizo para identificar si el pensamiento crítico se plantea como un objetivo de aprendizaje y cuál es el grado de coherencia entre estos con el diseño didáctico. En total, se seleccionaron 231 actividades de educación ambiental del nivel de educación secundaria. Solo en 27 actividades se evidenció el abordaje del pensamiento crítico como parte del diseño y de estas, solo 5 muestran coherencia alta (es decir, también lo explicitan en los objetivos). Además, en 23 de las actividades, el pensamiento crítico se promueve mediante su aplicación. Por ello, pese a la diversidad de actividades analizadas, no todas se han aprovechado como un medio para reflexionar sobre la construcción y las características del pensamiento crítico, frente a las problemáticas ambientales.

PALABRAS CLAVE: Pensamiento crítico; educación ambiental; educación secundaria; actividades de enseñanza-aprendizaje.

ABSTRACT: Educating about the environment from a critical perspective is currently a growing necessity, despite the difficulties noted in promoting critical thinking in the classroom (Loaiza et al., 2025). However, the design of educational materials offers teachers the opportunity to promote this skill in their environmental education practice. In this preliminary study, the environmental education activities of three websites aimed at teachers were characterised: ARC, Erasmus+ and Eco-schools. The characterisation was carried out to identify whether critical thinking is set as a learning objective and the degree of consistency between these and the didactic design. A total of 231 environmental education activities for secondary education were selected. Only 27 activities showed critical thinking to be part of the design, and of these, only five showed a high level of consistency (by explicitly incorporating it into the objectives). Furthermore, in 23 of the activities, critical thinking was promoted through its application. Therefore, despite the diversity of the activities analysed, not all of them have been used to reflect on the construction and characteristics of critical thinking in relation to environmental issues.

KEYWORDS: Critical thinking; environmental education; secondary education; teaching-learning activities.

INTRODUCCIÓN

Una de las habilidades ampliamente reconocidas y que ha tomado relevancia en diversos campos de la educación es el pensamiento crítico (PC). Uno de estos campos es el de la educación ambiental (EA), que en años recientes ha sido considerada como un espacio privilegiado para el desarrollo de dicha habilidad (Arslan, 2012). Esto se ha atribuido a que en la EA no basta con promover la acción ambiental, sino también, que el alumnado tome acción a partir de una reflexión crítica de las problemáticas socioambientales.

Autoras como Sauvé (2005) plantean que una EA orientada a la transformación social requiere de una

participación activa y del desarrollo de capacidades críticas, que permitan a los estudiantes cuestionar los marcos de referencia desde los cuales se problematizan las cuestiones socioambientales. En este sentido, el PC, a pesar de ser un concepto polisémico, las definiciones propuestas concuerdan en que favorece comportamientos reflexivos en los estudiantes. Esto, al incentivar la evaluación de sus propias acciones y de los impactos ambientales asociados a estas, así como la toma de decisiones orientadas a la reducción de su huella ecológica (Shutaleva, 2023). En particular, los estudiantes de educación secundaria constituyen un grupo clave para la EA, dado que, si la EA es integrada en etapas de educación temprana, puede promover comportamientos pro-ambientales (Ardoin, 2017).

Además, la construcción del PC otorga al alumnado la capacidad de discernir entre diversas fuentes de información, lo cual resulta relevante frente a la creciente difusión de información falsa y sesgada sobre las problemáticas socioambientales. Así, el PC impulsa la toma de decisiones informadas, evitando obstaculizar los esfuerzos por mejorar las condiciones ambientales.

El pensamiento crítico y su abordaje en la educación ambiental

Ahora bien, dentro del contexto de la EA son todavía escasos los estudios que se han centrado en la caracterización de las actividades educativas que promueven el desarrollo del PC (Sterling, 2010). Desde una lógica conservacionista y normativa, las actividades de EA presentan los problemas ambientales de manera descontextualizada y promueven conductas proambientales consideradas "correctas", sin discutir las causas estructurales de dichos problemas, ni fomentar el cuestionamiento de los discursos dominantes (Sauvé, 2005). A ello se suman enfoques de carácter instrumental, que como advierte Sterling (2010), abordan los problemas socioambientales como desafíos principalmente técnicos, sin impulsar al alumnado a cuestionar los supuestos epistemológicos, económicos o culturales que los originan.

En una revisión de estudios empíricos sobre prácticas docentes en EA, Zhang et al. (2025) señalan que en la educación secundaria y en la región del norte de Europa predominan prácticas entre las que se incluyen la promoción del PC. Aunque esta última fue identificada como una de las prácticas docentes comunes, su implementación se ha basado principalmente haciendo uso de las actividades de los libros de textos. Sin embargo, las actividades diseñadas por los docentes también requieren de atención, puesto que constituyen una evidencia de cómo articulan el PC con la EA. En este sentido, el presente estudio pretende caracterizar las actividades de EA propuestas por docentes y disponibles para los docentes en plataformas digitales.

Por otro lado, considerando que el PC requiere de una enseñanza explicita (Facione,1990), en la que se construyan las formas de pensar, es necesario analizar no solo su presencia en los objetivos, sino también cómo se concreta en el diseño de las actividades de EA. Desde esa perspectiva, la forma en que se utiliza el PC en las actividades constituye un elemento clave, al expresar la intencionalidad formativa con la que se orienta el aprendizaje. Por consiguiente, permite valorar en qué medida las actividades de EA generan oportunidades reales para el desarrollo del PC y evaluar el potencial transformador de estas frente a los desafíos socioambientales.

A partir de estas consideraciones, el presente estudio se plantea las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es la coherencia entre la presencia del PC en los objetivos y su abordaje en el diseño de las actividades de EA?

2. ¿En qué forma se utiliza el PC en las actividades de EA y cuál es su relación con el grado de coherencia?

METODOLOGIA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de carácter descriptivo-interpretativo, basado en el análisis de contenido (Bardin, 2013) de actividades didácticas de EA. Este tipo de análisis se concibe como una técnica sistemática de categorización e interpretación de datos textuales. El estudio tuvo un carácter documental y transversal, dado que se centró en el análisis de actividades educativas ya existentes, sin intervención sobre las variables estudiadas.

Se analizaron un total de 231 actividades didácticas de EA dirigidas principalmente al nivel de educación secundaria. Estas fueron recopiladas de tres plataformas web especializadas en actividades de innovación: Eco-schools (30), ARC (36), y Erasmus+ (165), las cuales fueron seleccionadas debido a su impacto local, europeo e internacional.

Para poder determinar el grado de coherencia entre la integración del PC en los objetivos y el diseño de las actividades, se creó un sistema de categorías específico (ver Tabla 1). Este sistema combina la inclusión o no del PC en los objetivos, y si el abordaje del PC se hace de forma explícita o implícita.

Tabla 1. Criterios establecidos para determinar el nivel de coherencia entre la incorporación del PC en los objetivos y el abordaje de las actividades de EA.

NIVEL DE COHERENCIA	INCLUSIÓN DEL PC EN LOS OBJETIVOS	ABORDAJE DEL PC EN LA ACTIVIDAD	CRITERIO ANALÍTICO
Alta	Incorporado	Explícito	El PC es incorporado en los objetivos y se desarrolla de manera explícita en el diseño de la actividad.
	No incorporado	No se trabaja	El PC no es incorporado en los objetivos y tampoco se desarrolla de manera intencional y visible en el diseño de la actividad.
Parcial	Incorporado	Implícito	El PC es incorporado en los objetivos, pero su desarrollo en la actividad no se explicita y se aborda de forma indirecta.
	No incorporado	Implícito	El PC no es incorporado en los objetivos y su desarrollo en la actividad no se explicita, pero se aborda de forma indirecta.
Nula	Incorporado	No se trabaja	El PC es incorporado en los objetivos, pero no se observa su abordaje explícita o implícitamente en el desarrollo de la actividad
	No incorporado	Explícito	El PC no es incorporado en los objetivos, pero la actividad lo incorpora de manera explícita en su diseño.

En relación con la forma en la que se utiliza el PC, se codificaron las actividades que lo abordan (ya sea implícita o explícitamente), según si eran actividades de aplicación o de construcción. Las primeras aluden a aquellas en las que el PC no constituye un contenido de aprendizaje en sí mismo, sino que se presupone y se utiliza sin un trabajo explícito de construcción conceptual (por ejemplo, cuando se solicita al alumnado reflexionar sin problematizar sus sesgos o las fuentes de conocimiento que emplea para justificar sus ideas). Las de construcción, son aquellas en las que se trabajan explícitamente contenidos vinculados al PC (como la evaluación de la fiabilidad de distintas fuentes de información o el cuestionamiento de marcos interpretativos dominantes).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coherencia entre los objetivos declarados y el diseño de las actividades

Con los datos recabados se realizó el cruce analítico entre la incorporación del PC en los objetivos y su abordaje en el desarrollo de las actividades de EA. En la Tabla 2 se presenta la distribución de las actividades en función de estas dos dimensiones, y por plataforma de origen.

Los resultados en la Tabla 2 muestran patrones diferenciados según la página web analizada. En Eco-Schools, ninguna de las actividades incorpora el PC en los objetivos. Sin embargo, a pesar de eso, seis de las actividades lo abordan de manera implícita. En ARC, el PC es incorporado en los objetivos en

una de las actividades, pero se identificó que es incluido de manera implícita en tres de estas. A su vez, Erasmus+ presenta una distribución más heterogénea, cinco de sus actividades incorporan el PC en los objetivos, trabajándolo de manera explícita, y solo una de sus 164 actividades lo hace implícitamente.

Tabla 2. Cruce analítico entre objetivos y diseño de las actividades, por página web.

Página web	El PC en la descripción de los objetivos	Trabajan el PC de forma explícita	Trabajan el PC de forma implícita	No trabajan el PC	Total
		n	n	n	n
Eco-schools	Incorporado	0	0	0	0
	No incorporado	1	6	23	30
ARC	Incorporado	0	1	0	1
	No incorporado	0	3	32	35
Erasmus+	Incorporado	5	1	14	20
	No incorporado	7	3	135	145
Total		**13**	**14**	204	231

Por otra parte, cabe mencionar que en Erasmus+ también existen 14 actividades que incorporan el PC en los objetivos, pero no en su diseño. Por ejemplo, la actividad titulada "Technology Renewable energy sources" plantea en sus objetivos, fomentar el PC para que los estudiantes elaboren un plan de ahorro energético para el hogar y la escuela. Sin embargo, en el diseño se propone elaborar dicho plan a partir de un cuestionario, sin reflexionar sobre diversos aspectos que giran en torno al consumo energético, o evaluar otras fuentes de información.

Esta predominancia de actividades que no abordan el PC sugiere que esta habilidad no constituye un eje estructurante de las propuestas analizadas. Esto resulta relevante, considerando que el PC favorece el análisis y la evaluación de información ambiental, estimulando la comprensión de problemáticas socioambientales desde múltiples perspectivas, y la toma de decisiones orientadas a la sustentabilidad (Shutaleva, 2023). Por consiguiente, su escasa presencia en las propuestas analizadas evidencia una oportunidad de fortalecimiento en el diseño de actividades de EA.

Actividades que promueven el PC y su relación con el grado de coherencia

Con el propósito de profundizar en el análisis de las 27 actividades de EA que promueven el PC, en la Tabla 3 se presenta su clasificación en función de la forma y la coherencia con la que se utiliza el PC. En general, los resultados muestran que 23 de dichas actividades están orientadas a la aplicación del PC, y solo cuatro se centran en la construcción de esta habilidad, con diferencias notables entre las plataformas analizadas.

Tabla 3. Formas en la que se utiliza el PC en las actividades de EA de las páginas web.

Nivel de coherencia	Aplicación				Construcción			
	Eco-schools	ARC	Erasmus+	Total	Eco-schools	ARC	Erasmus+	Total
Alta	0	0	4	4	0	0	1	1
Parcial	5	3	3	11	0	1	1	2
Nula	1	0	7	8	1	0	0	1
Total	6	3	14	**23**	1	1	2	**4**

Lo anterior implica que la mayoría de las actividades no pretenden construir ideas en relación con el PC (por ejemplo, la necesidad de identificar sesgos), si no que sólo proponen que se use este tipo de

conocimiento. Un ejemplo de este tipo de actividades es "Consumption and Needlessness", en la que se propone que los estudiantes discutan y reflexionen sobre el consumo en el hogar, sin un proceso abierto de problematización.

En términos de los niveles de coherencia de las actividades (Tabla 3), Erasmus+ concentra el total de las actividades con alta coherencia orientadas al abordaje del PC (5 de 27 actividades). De estas, cuatro se orientan a la aplicación y una a la construcción de esta habilidad. Esta última, titulada "Analyzing Environmental Problems and Identifying Possible Solutions", tiene como objetivo desarrollar habilidades de PC para el análisis sistemático de problemas ambientales. Sin embargo, a diferencia de aquellas orientadas a la aplicación, en su diseño propone estrategias para examinar las relaciones de causa y efecto de dichos problemas, analizando factores socioeconómicos y políticos, e impulsando a los estudiantes a pensar más allá de lo evidente.

Aunque en Erasmus+ dichas actividades representan solo el 3% del total de las actividades, sugieren que hay una mayor articulación entre el discurso en sus objetivos y su diseño didáctico. De acuerdo con Facione (1990), este tipo de actividades diseñado explícitamente para promover el PC mejoran las habilidades de análisis, evaluación y argumentación de los estudiantes. Por lo tanto, que dichas actividades incorporen el PC de esta manera, da indicios de una progresiva integración del PC como habilidad clave dentro de las propuestas de EA, aunque todavía de forma incipiente respecto al conjunto de actividades disponibles. En contraste, Erasmus+ también tiene siete actividades de aplicación con coherencia nula, indicando la coexistencia de enfoques contrastantes en el tratamiento del PC dentro de una misma fuente de recursos educativos.

Por su parte, Eco-schools es la única página web con una actividad con coherencia nula enfocada en la construcción del PC, nombrada "Lyfe cycle analysis". Esta actividad invita a los estudiantes a pensar críticamente tanto en sus objetivos como en el desarrollo de la actividad, mediante la reflexión, la evaluación, el análisis y la explicación sobre el ciclo de vida de los productos y su impacto ambiental. Mientras que ARC no presenta ninguna actividad con coherencia nula, ni alta.

Respecto a la coherencia parcial, esta se identificó en 13 de las actividades, de las cuales 11 promueven el PC mediante su aplicación. Por otro lado, se identificaron nueve actividades con coherencia nula, ocho de ellas centradas también en la aplicación del PC. Lo que sugiere que el PC opera como una idea subyacente más que como un objetivo formativo claramente definido.

Estos datos confirman que, a pesar de que desde los 90 se aboga para que el PC se enseñe, y por lo tanto se construya explícitamente (Facione, 1990), la situación está lejos de ser la esperada. De acuerdo con Ennis (2011), este tipo de situaciones conlleva el riesgo de que solo aquellos estudiantes que ya poseen ciertas disposiciones críticas logren movilizarlo.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el PC no constituye una habilidad central que se aborde en la mayoría de las actividades de EA analizadas. Aunado a ello, entre las actividades que incorporan el PC, no predomina una coherencia alta entre los objetivos y el diseño de las actividades. Por lo tanto, aunque se sabe que el PC tiene un gran potencial en la EA, esta investigación evidencia las dificultades que el profesorado tiene a la hora de integrar estos dos aspectos. Además, la falta de una intencionalidad didáctica clara en el diseño de las actividades de EA podría limitar su potencial para promover el PC.

Lo anterior resulta preocupante si se considera la necesidad de formar ciudadanos críticos frente a problemáticas socioambientales cada vez más complejas. Adicionalmente, el PC no solo aparece escasamente integrado, sino que, cuando es incorporado, pocas veces se invita de forma explícita a los estudiantes a construir nuevas formas de pensar.

Las diferencias entre las tres páginas web respecto al abordaje del PC sugieren que su incorporación en las propuestas de EA no ocurre de manera espontánea. En Eco-Schools, pese a su orientación hacia la EA, el PC aparece escasamente integrado; y en ARC, aunque existe apertura a diversas propuestas, tampoco constituye un elemento predominante. En cambio, en Erasmus+ su mayor presencia podría relacionarse con orientaciones de políticas educativas europeas que promueven acciones formativas específicas. Esto sugiere que, cuando el PC se plantea explícitamente como eje de las actividades de EA, su integración en las propuestas didácticas resulta más probable.

Asimismo, es posible pensar que quizá el profesorado no cuenta con los recursos que les permitan incluir estas cuestiones en el diseño de actividades de EA. Por consiguiente, sería necesario profundizar en el estudio del abordaje del PC dentro de este contexto para mejorar las propuestas de formación docente que se ofrecen.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto PID2022-138166NB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España) y con el apoyo del grupo de investigación SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya), instituciones a las que agradecemos la financiación otorgada. Igualmente, agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico otorgado para los estudios doctorales que dieron lugar a esta investigación (subvención n.º 1009648).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ardoin, N. M., Bowers, A. W., Roth, N. W., & Holthuis, N. (2018). Environmental education and K–12 student outcomes: A review and analysis of research. *Journal of Environmental Education, 49*(1), 1–17. https://doi.org/10.1080/00958964.2017.1366155

Arslan, S. (2012). *The influence of environment education on critical thinking and environmental attitude. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 55,* 902–909. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.579

Bardin, L. (2013). *Análisis de contenido* (3.ª ed.). Akal.

Ennis, R. H. (2011). *The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities* (tesis doctoral). University of Illinois. https://education.illinois.edu/docs/default-source/faculty-documents/robert-ennis/thenatureofcriticalthinking_51711_000.pdf

Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi Report).* American Philosophical Association. ERIC Document No. ED315423.

Loaiza, Y. E., Zona, J. R., & Ríos, M. F. (2025). Critical thinking and teacher training in secondary education. *Journal of Intelligence, 13*(3), 37. https://doi.org/10.3390/jintelligence13030037

Sauvé, L. (2005). Currents in environmental education: Mapping a complex and evolving pedagogical field. *Canadian Journal of Environmental Education, 10*(1), 11–37.

Shutaleva, A. (2023). Ecological culture and critical thinking: Building of a sustainable future. *Sustainability, 15*(18), 13492. https://doi.org/10.3390/su151813492

Sterling, S. (2010). Learning for resilience, or the resilient learner? Towards a necessary reconciliation in a paradigm of sustainable education. In F. Kagawa & D. Selby (Eds.), *Education and climate change: Living and learning in interesting times* (pp. 511–528). Routledge.

Zhang, X., Jung, W., y Asari, M. (2025). Systematic review of environmental education teaching practices in schools: Trends and gaps (2015–2024). *Sustainability, 17*(19), 8561. https://doi.org/10.3390/su17198561

Asistente de IA para abordar el problema sociocientífico del cambio climático con estudiantes del Grado en Educación Primaria

Miriam Palma-Jiménez[1], Daniel Cebrián-Robles[2] y Ángel Blanco-López[3]

Didáctica de la Matemática, Didáctica de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales. Universidad de Málaga.

*Correspondencia: [1]miriampalma@uma.es

RESUMEN: En una sociedad donde la alfabetización científica es fundamental para abordar problemas sociocientíficos de gran complejidad, como el cambio climático, la inteligencia artificial (IA) puede ser una herramienta importante para fomentar el pensamiento crítico y la argumentación. Con este trabajo se pretendía conocer la relación de 47 estudiantes del Grado en Educación Primaria con la IA al abordar dicho problema sociocientífico. Para ello, se aplicó un cuestionario con escala Likert que exploraba la percepción de fiabilidad de la IA, su transferencia a la práctica y la comprensión del problema. Los resultados obtenidos mostraron que los estudiantes reconocen riesgos específicos de fiabilidad, como la invención de citas bibliográficas, aunque manifiestan incertidumbre respecto a los sesgos y la actualización de los datos generados por la IA. Asimismo, reconocen el potencial de la IA para mejorar la argumentación científica del alumnado de primaria, destacando la necesidad de fortalecer la formación inicial del profesorado sobre alfabetización en IA y pensamiento crítico digital.

PALABRAS CLAVE: Maestros de Primaria en Formación Inicial; Inteligencia Artificial; Problemas Sociocientíficos; Cambio Climático.

ABSTRACT: In a society where scientific literacy is essential for addressing highly complex socio-scientific issues, such as climate change, artificial intelligence (AI) can be an important tool for fostering critical thinking and reasoning. The aim of this study was to examine the relationship between 47 preservice elementary teachers and AI when addressing this socio-scientific issue. To this end, a Likert-scale questionnaire was administered to explore perceptions of AI reliability, its application in practice, and understanding of the problem. The results showed that students recognize specific reliability risks, such as the fabrication of bibliographic citations, although they express uncertainty regarding biases and the updating of data generated by AI. They also recognize AI's potential to improve primary school students' scientific reasoning, highlighting the need to strengthen initial teacher training in AI literacy and digital critical thinking.

KEYWORDS: Preservice Elementary Teachers; Artificial Intelligence; Socio-Scientific Issues; Climate Change.

INTRODUCCIÓN

Los problemas sociocientíficos se definen como controversias sociales vinculadas a la ciencia que poseen una gran complejidad ética y factual, carecen de soluciones únicas y se basan en pruebas que a menudo son incompletas o contradictorias (Leung et al., 2020). Estos problemas, como el calentamiento global, funcionan como contextos donde la toma de decisiones no depende solo del conocimiento científico-técnico, sino de la capacidad del individuo para evaluar la validez de las afirmaciones científicas y comprender la naturaleza de la ciencia (Herman, 2015). En cuanto a su relación con el aprendizaje, la integración de los problemas sociocientíficos es fundamental para alcanzar una alfabetización científica funcional, ya que desplaza el enfoque desde la mera memorización de conceptos hacia una visión donde la ciencia se aplica en asuntos humanos y sociales (Leung et al., 2020).

El abordaje de problemas sociocientíficos en el aula fomenta competencias críticas como la argumentación científica, permitiendo que los y las estudiantes construyan conocimiento mediante el discurso razonado y la negociación de ideas basadas en pruebas (Aydeniz y Ozdilek, 2016). Este proceso ayuda al alumnado a comprender mejor los conceptos curriculares al conectarlos con dilemas del mundo real (Aydeniz y Ozdilek, 2016). Además, el aprendizaje a través de estos problemas permite a los estudiantes reconocer cómo sus propios valores, su entorno y su identidad influyen en la interpretación de los riesgos ambientales y tecnológicos (Herman, 2015). Este enfoque transforma la educación científica en una herramienta para la ciudadanía responsable, desarrollando el pensamiento crítico y reflexivo.

El cambio climático se destaca como un dilema global de gran urgencia y complejidad, constituyendo un problema sociocientífico fundamental para la educación científica actual (Putri et al., 2023). Debido a su carácter interdisciplinario, este problema permite al alumnado enfrentar situaciones donde no existe una solución única, lo que resulta esencial para entrenar la capacidad de toma de decisiones informadas y responsables (Putri et al., 2023). Asimismo, abordar este problema en el aula facilita que el alumnado aprenda a distinguir entre las pruebas científicas y las opiniones personales, promoviendo una visión crítica a través de la práctica de la argumentación (Lambert y Bleicher, 2017). Esta estrategia no solo mejora la comprensión de conceptos científicos profundos, sino que también ayuda a que las percepciones de los estudiantes se alineen de manera más precisa con las de la comunidad científica internacional (Lambert y Bleicher, 2017).

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la enseñanza de las ciencias se concibe como una herramienta fundamental para abordar la complejidad de los problemas sociocientíficos contemporáneos, permitiendo una transición de los modelos de aprendizaje tradicionales hacia enfoques más críticos y reflexivos. De acuerdo con Seo y Lee (2025), la incorporación de la IA generativa actúa como un asistente pedagógico de gran valor que facilita el diseño instruccional para los docentes y democratiza el acceso a la información para estudiantes, al simplificar conceptos técnicos y permitir la exploración de múltiples posturas sobre una misma controversia científica. Así, la IA se posiciona como un asistente de diálogo que, a través de estrategias de cuestionamiento sistemático, incentiva al alumnado a defender sus propios razonamientos, considerar soluciones creativas y cuestionar los sesgos presentes en el discurso científico (Tang y Putra, 2025). Además, la implementación de sistemas de retroalimentación impulsados por IA resulta crucial para fortalecer la capacidad de toma de decisiones sociocientíficas y fomentar el aprendizaje autorregulado, ya que guía al estudiante en procesos de reflexión para mejorar la calidad de sus argumentos y su capacidad de evaluar pruebas en contextos de sostenibilidad (Leppla y Seibert, 2025).

En este trabajo se estudia la percepción que tienen estudiantes del Grado en Educación Primaria sobre el uso de la IA para abordar problemas sociocientíficos; en este caso se eligió el cambio climático por su relevancia científica y social.

MÉTODO

En este trabajo participaron 47 estudiantes del Grado en Educación Primaria que cursaban la asignatura de Enseñanzas de las Ciencias en la Universidad de Málaga durante el curso 2025-26.

Como instrumento para la toma de datos se diseñó un cuestionario con una escala Likert del 1 al 5, donde 1 correspondía con "Totalmente desacuerdo" y 5 con "totalmente de acuerdo". El cuestionario incluye tres dimensiones: fiabilidad de la IA, transferencia a la práctica educativa (refiriéndonos a la predisposición de usar la IA con alumnado de primaria) y comprensión del problema sociocientífico. Los/as estudiantes pudieron acceder al cuestionario a través de un enlace que le llevaba a un formulario de Google, al que debía responder de forma individual.

Los ítems del cuestionario se elaboraron a partir de aportaciones de la literatura sobre la enseñanza de problemas sociocientíficos, la alfabetización científica y el pensamiento crítico en el uso de tecnologías digitales para promover la responsabilidad social y la conciencia ética (Yang et al., 2025). En particular, se tuvieron en cuenta trabajos que analizaron cómo los/as estudiantes evaluaron la fiabilidad de la información científica y gestionaron controversias mediante la toma de decisiones y

aprendizaje autorregulado (Leppla y Seibert, 2025). Asimismo, la dimensión relativa a la fiabilidad de la IA se inspiró en investigaciones recientes sobre la evaluación crítica de contenidos generados por esta tecnología, abordando específicamente la preocupación docente por la aceptación crítica de los resultados por parte de los estudiantes (Seo y Lee, 2025). Finalmente, los ítems relacionados con el uso educativo de la IA y la comprensión de sus explicaciones se diseñaron considerando propuestas sobre su integración pedagógica como un asistente que potencia el razonamiento, la argumentación y la adopción de múltiples perspectivas ante problemas sociocientíficos complejos (Tang y Putra, 2025)

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los resultados, según el grado de acuerdo o desacuerdo en la escala Likert de cada ítem y agrupados en las dimensiones ya mencionadas. Para cada ítem se indica el número total de estudiantes y su porcentaje debajo, así como la media y desviación típica.

Tabla 1. Resultados del cuestionario sobre el uso de la IA para abordar el problema del cambio climático

Dimensión	Ítems	1 (Totalmente desacuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo)						
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	***x***	***σ***
Fiabilidad	La IA puede ofrecer datos climáticos obsoletos (ej. cifras de CO_2 antiguas)	-	8 17%	24 51%	10 21%	5 11%	3,26	0,87
	La IA inventa referencias bibliográficas inexistentes cuando le pido artículos científicos sobre el clima	1 2%	3 6%	11 23%	12 26%	20 43%	4,00	1,06
	Al preguntar sobre Cambio Climático, creo que la IA tiende a dar el mismo peso al consenso científico que a las posturas negacionistas	3 6%	11 23%	25 53%	7 15%	1 2%	2,83	0,84
	Cuando la IA propone soluciones al cambio climático, tiende a priorizar soluciones tecnológicas (ej. captura de carbono) sobre cambios sociales o de consumo.	-	10 21%	25 53%	11 23%	1 2%	3,06	0,73
	Verifico en fuentes externas (NASA, IPCC, AEMET) cualquier gráfico o estadística climática que me genera la IA.	4 9%	11 23%	10 21%	11 23%	11 23%	3,30	1,30
	La IA simplifica excesivamente la complejidad sistémica del cambio climático, presentándolo como un problema lineal.	1 2%	7 15%	19 41%	18 38%	2 4%	3,28	0,85
Transferencia a la práctica educativa	Me sentiría capaz de usar la IA para diseñar acciones sociales sobre el clima en mi centro educativo.	1 2%	13 28%	12 26%	17 36%	4 9%	3,21	1,02
	La IA puede ayudar al alumnado a redactar argumentos mejores para debatir problemas ambientales con cualquier organismo/ institución/colectivo.	1 2%	4 9%	18 38%	20 43%	4 9%	3,47	0,86
Comprensión del problema sociocientífico	Cuando la IA me da una respuesta sobre un problema científico, entiendo el razonamiento lógico que ha seguido para llegar a ella.	-	8 17%	18 38%	15 32%	6 13%	3,40	0,92

A continuación, se comentarán los resultados de la tabla, atendiendo a cada dimensión.

1. Fiabilidad de la IA en relación con el cambio climático

En general, los resultados muestran una percepción crítica moderada de los estudiantes hacia la fiabilidad de la IA, combinada con cierta incertidumbre o posicionamiento intermedio en varios ítems.

En el ítem referido a que la IA puede ofrecer datos climáticos obsoletos, la respuesta predominante se sitúa en la opción neutral (51%) con una media de 3,26, mientras que un 32% manifiesta acuerdo y un 17% desacuerdo. Esto sugiere que, aunque parte del estudiantado reconoce posibles limitaciones en la actualización de la información, existe aún un grado importante de duda sobre esta cuestión.

La percepción más clara y con mayor promedio (4,00) aparece en el ítem relativo a que la IA puede inventar referencias bibliográficas inexistentes. En este caso, el 69% se muestra de acuerdo o totalmente de acuerdo, lo que indica el riesgo más importante asociado al uso académico de la IA, especialmente en la generación de citas científicas.

Respecto a la afirmación de que la IA otorga el mismo peso al consenso científico que a las posturas negacionistas, la respuesta dominante es nuevamente la neutralidad (53%) con una media de 2,83. Solo un 15% está de acuerdo, frente a un 29% en desacuerdo y totalmente desacuerdo, lo que refleja incertidumbre sobre cómo la IA gestiona el equilibrio entre pruebas científicas y discursos minoritarios.

De forma similar, cuando se plantea que la IA prioriza soluciones tecnológicas frente a cambios sociales o de consumo, predomina la posición intermedia (53%) con una media de 3,06, mientras que 25% está de acuerdo y 21% en desacuerdo. Este resultado apunta a que los/as estudiantes aún no tienen una percepción clara sobre los sesgos discursivos de la IA en la presentación de soluciones al cambio climático.

Un resultado relevante aparece en el ítem sobre verificación de información en fuentes externas (NASA, IPCC, AEMET), ya que es el que mayor desviación típica tiene (1,30), apuntando a la existencia de diferentes perfiles entre los/as estudiantes participantes. Aunque el 46% está de acuerdo con verificar la información, un 32% declara estar en desacuerdo, lo que revela una práctica de verificación moderada pero no generalizada.

Por último, ante la afirmación de que la IA simplifica excesivamente la complejidad del cambio climático, las respuestas se distribuyen entre acuerdo (42%) y neutralidad (41%), con menor desacuerdo (17%). Esto sugiere que una parte importante de los/as estudiantes percibe que la IA puede presentar el problema de forma excesivamente simplificada, lo cual es especialmente relevante en el tratamiento didáctico de problemas sociocientíficos.

2. Transferencia a la práctica educativa

Los resultados indican una actitud moderadamente favorable hacia el uso educativo de la IA con alumnado de primaria.

Ante la afirmación de sentirse capaz de usar la IA para diseñar acciones sociales sobre el clima en el centro educativo, el 45% se muestra de acuerdo, mientras que el 26% se mantiene neutral y cerca del 30% manifiesta desacuerdo. Esto sugiere que, aunque existe cierta disposición a integrar la IA en propuestas educativas sobre cambio climático, todavía no todos los futuros docentes se perciben competentes para hacerlo.

En el ítem referido a que la IA puede ayudar al alumnado a redactar mejores argumentos para debatir problemas ambientales, la valoración es más positiva: 52% de acuerdo, frente a un 38% de neutralidad y solo 11% de desacuerdo. Este resultado indica que los participantes reconocen el potencial de la IA como herramienta de apoyo para el desarrollo de la argumentación científica, una competencia clave en la enseñanza de cuestiones sociocientíficas.

3. Comprensión del problema sociocientífico

Los resultados indican que los/as estudiantes consideran que comprenden el razonamiento lógico que sigue la IA al responder a problemas científicos. Así. el 45% se muestra de acuerdo, mientras que 38% adopta una postura neutral y 17% en desacuerdo. Estos resultados sugieren que una parte relevante percibe que entiende las explicaciones generadas por la IA, aunque la elevada neutralidad indica que la transparencia del razonamiento de la IA aún no es plenamente percibida o comprendida por todos los participantes.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

En conjunto, los resultados muestran tres tendencias principales:

1. Actitud crítica, pero con incertidumbre hacia la fiabilidad de la IA, ya que los/as estudiantes del Grado de Educación Primaria identifican riesgos claros (especialmente la invención de referencias),

pero mantiene posiciones intermedias en otros aspectos relacionados con sesgos, simplificación o actualización de la información.

2. Reconocimiento del potencial educativo de la IA, ya que les puede ser útil para apoyar la argumentación y el debate sobre problemas sociocientíficos, aunque su autopercepción de competencia para diseñar actividades con IA aún es moderada.

3. Comprensión parcial del funcionamiento de la IA. Aunque una parte relevante de los/as estudiantes consideraron que entienden las respuestas generadas por la IA, los altos niveles de neutralidad sugieren la necesidad de una formación específica en alfabetización en IA y pensamiento crítico digital.

Aunque el profesorado en formación inicial reconoce el potencial didáctico de la IA para trabajar problemas sociocientíficos como el cambio climático, al mismo tiempo mantiene una postura prudente respecto a su fiabilidad y funcionamiento. Esta combinación de interés y cautela sugiere la necesidad de integrar en la formación inicial docente propuestas formativas que desarrollen competencias críticas para el uso pedagógico de la IA, especialmente en el análisis de información científica y en el diseño de actividades de argumentación y debate. Tras este estudio, se considera importante investigar en torno el uso de asistentes personalizados de IA, por su carácter personalizado y controlado, para abordar problemas sociocientíficos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto I+D PID2024-156217NI-I00 “Critical Education on Socioscientific Issues in Pre-service Science and Technology Teacher Training: Applications of Artificial Intelligence Assistants (CESSAI)”, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y cofinanciado por la Unión Europea (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aydeniz, M., y Ozdilek, Z. (2016). Assessing and enhancing pre-service science teachers’ self-efficacy to teach science through argumentation: Challenges and possible solutions. International Journal of Science and Mathematics Education, 14(7), 1255–1273.

Dawson, V., y Carson, K. (2020). Introducing argumentation about climate change socioscientific issues in a disadvantaged school. Research in Science Education, 50, 863–883.

Herman, B. C. (2015). The influence of global warming science views and sociocultural factors on willingness to mitigate global warming. Science Education, 99(1), 1–38.

Lambert, J. L., y Bleicher, R. E. (2017). Argumentation as a strategy for increasing preservice teachers’ understanding of climate change, a key global socioscientific issue. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 5(2), 101–112.

Leppla, L. C., y Seibert, J.-N. (2025). Vapes – a sustainable alternative?! – Promotion of socioscientific decision making through self-regulated learning approaches in sustainability contexts. Chemistry Teacher International. https://doi.org/10.1515/cti-2025-0021

Leung, J. S. C., Wong, K. L., y Chan, K. K. H. (2020). Pre-service secondary science teachers’ beliefs about teaching socio-scientific issues. En M. Evagorou et al. (Eds.), Science Teacher Education for Responsible Citizenship (pp. 21–40). Springer Nature Switzerland.

Putri, S. I., Hamidah, I., y Liliawati, W. (2023). Analysis of needs for development of android-based socioscientific issues teaching materials on the topic of climate change to improve students’ decision-making ability. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9(10), 8152–8159.

Seo, Y., y Lee, H. (2025). Integrating generative AI into socioscientific issue instruction: science teachers’ perceptions from a collaborative action research. International Journal of Science Education. https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2602710

Tang, K.-S., y Putra, G. B. S. (2025). Generative AI as a dialogic partner: Enhancing multiple perspectives, reasoning, and argumentation in science education with customized chatbots. Journal of Science Education and Technology. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10240-1

Consumo informativo e interés espontáneo por la ciencia entre los docentes en formación

Reina Vázquez, Marta[1], Ceballos Aranda, Marta[1], Pérez Bueno, Beatriz[1], Vílchez López, José Eduardo[1], Pamplona Roche, Sonia[2], Martínez Chicharro, María[2], Ezquerra, Ángel[2]

[1]Universidad CEU Fernando III, CEU Universities, Sevilla.

[2]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid.

* Correspondencia: mreina@ceu.es

RESUMEN: Este estudio integra los resultados de varios análisis realizados sobre una muestra de 452 maestros en formación de cinco universidades españolas. El objetivo, en este caso, es analizar cómo los hábitos de consumo de información científica en medios digitales y redes sociales se relacionan con el interés espontáneo por la ciencia y la autopercepción de información en los futuros docentes. La metodología empleada fue de corte cuantitativo y ex post facto, utilizando una adaptación de un cuestionario de la FECYT. Los resultados indican que Internet es la fuente de información prioritaria (47.3%), con una preferencia marcada por Instagram (44.5%) y Twitter/X (42.9%) dentro de las redes sociales. El análisis relacional revela que el interés espontáneo se asocia significativamente con el uso de fuentes de mayor profundidad, como revistas de divulgación y webs especializadas, mientras que la percepción de estar informado se vincula estrechamente al consumo de vídeos y sitios web especializados. Se concluye que, a pesar del uso intensivo de medios digitales, los futuros docentes muestran niveles de interés y percepción informativa inferiores a su cohorte de edad, lo que subraya la necesidad de fortalecer su alfabetización científica desde una perspectiva pedagógica.

PALABRAS CLAVE: Educación no formal; información científica; interés espontáneo hacia la ciencia; maestros en formación; redes sociales.

ABSTRACT: This study integrates the results of research conducted on a unified sample of 452 preservice teachers from five Spanish universities. The aim is to analyze how scientific information consumption habits in digital media and social networks relate to spontaneous interest and self-perceived knowledge among future teachers. The study follows a quantitative, ex post facto design using a questionnaire adapted from one by the Spanish Foundation for Science and Technology (FECYT). The results indicate that the Internet is the primary source of information (47.3%), with a marked preference for Instagram (44.5%) and Twitter/X (42.9%) among social networks. The relational analysis reveals that spontaneous interest is significantly associated with the use of more in-depth sources such as popular science magazines and specialized websites, while the perception of being informed is closely linked to the consumption of videos and specialized web content. It is concluded that, despite the intensive use of digital media, preservice teachers display lower levels of interest and informational self-perception compared to their age cohort, underscoring the need to strengthen their scientific literacy from a pedagogical perspective.

KEYWORDS: Non-formal learning; preservice teachers; science information; spontaneous interest in science; social media

INTRODUCCIÓN

Los recursos procedentes de fuentes no formales e informales están alcanzando un importante protagonismo en la enseñanza de las ciencias experimentales (Eshach, 2007; Falk y Dierking, 2013). El uso adecuado de estos recursos exige al profesorado el dominio de ciertas competencias, como la identificación de la ciencia presente en el entorno social, el conocimiento sobre el modo en que el alumnado maneja la información o la capacidad de integrar estas fuentes de aprendizaje en proyectos y propuestas de aula (Autieri et al., 2016; Bauer y Falade, 2021; Ezquerra et al., 2019).

La predisposición de los maestros en ejercicio y en formación a informarse sobre ciencia usando los medios de comunicación, internet y redes sociales parece un componente esencial en la incorporación de estas fuentes informales al aula y a la formación de los futuros alumnos de Primaria. No obstante, poseer habilidades digitales básicas no implica necesariamente una competencia docente para evaluar críticamente la información científica. Por eso es importante considerar que estos aspectos deben integrarse en el Conocimiento Didáctico del Contenido de los futuros docentes (Shulman, 2015; Fernández-Carro et al, 2023; Ezquerra et al., 2026).

Por otra parte, es conocido que el interés espontáneo y la confianza en la ciencia, no sólo dependen del conocimiento científico, sino que se influyen mutuamente y están mediadas por otros factores de tipo social y cultural (Allum et al., 2008; DeBacker & Nelson, 2000; Guo et al., 2024). Estas interacciones generan varios modelos de relación con la ciencia que pueden condicionar la futura práctica docente (Ezquerra et al., 2026)

Por todo lo anterior, el interés de este estudio radica en comprender cómo los futuros maestros interactúan con la ciencia en su entorno cotidiano, cómo se informan y qué interés muestran hacia la ciencia al margen de su formación académica. En concreto se plantean las siguientes preguntas de investigación: 1) ¿Qué relación existe entre los medios para informarse, el grado de interés espontáneo hacia la ciencia y la percepción sobre el propio nivel de información? y 2) ¿Existen diferencias en el patrón presentado en estos aspectos entre los maestros en formación y los jóvenes de la población general?

METODOLOGÍA

Muestra

La muestra está compuesta por 452 estudiantes de los Grados en Educación (Infantil y Primaria) de cinco universidades españolas situadas en Madrid, Sevilla, Granada, Valladolid y Cuenca. Los participantes tienen una media de edad de 20,67 años y presentan un perfil mayoritariamente femenino (77.2%), lo cual es representativo de la formación de magisterio en España. Socioeconómicamente, pertenecen a familias con un nivel de ingresos ligeramente superior a la media de su grupo de edad.

Instrumento y variables

Se utilizó la encuesta de Percepción de la Ciencia y la Tecnología entre Docentes en Formación (PCYTMF; Fernández-Carro et al., 2023), una adaptación de la encuesta nacional de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT, 2019). Las variables integradas en este análisis (recogidas como 1, 2 y 3 en la Tabla 1) son:

- Interés espontáneo hacia la ciencia (1): medido en una escala de 1 a 5.

- Percepción de estar informado sobre ciencia (2): valoración de la información percibida, en una escala de 1 a 5.

- Medios informativos prioritarios (3): se identifican los medios de comunicación de preferencia. En el caso de internet se analizan recursos específicos y redes sociales más utilizadas.

Tratamiento de datos

El diseño es de carácter ex post facto y cuantitativo. Se realizaron análisis descriptivos (frecuencias y porcentajes) y comparativos mediante pruebas no paramétricas (U de Mann-Whitney) para contrastar las diferencias con la cohorte de 18-23 años de la población general. Para el análisis relacional, se empleó el coeficiente Tau-b de Kendall para identificar asociaciones entre el consumo informativo, el interés y la percepción de información, así como los estadísticos d de Somers y Chi-cuadrado para explorar la influencia de la variable género. Se ha tenido en cuenta un nivel de significación $\alpha = 0,01$.

RESULTADOS

Análisis descriptivo y comparación con la población general

En la Tabla 1 se presentan resultados descriptivos sobre el interés espontáneo hacia la ciencia, la percepción de estar informados y los medios usados prioritariamente. Además de los porcentajes acumulados (algo, bastante y muy de acuerdo), se indica la significatividad (mediante el *p*-valor) correspondiente a la prueba de Mann-Whitney de diferencia en los rangos de respuesta entre nuestra muestra de maestros en formación y la población general.

Tabla 1. Resultados (%) sobre el interés espontáneo, percepción de información y medio prioritario para informarse sobre ciencia.

	ÍTEM	DOCENTES EN FORMACIÓN	POBLACIÓN GENERAL	*p*-VALOR
(1)	Interés espontáneo por la ciencia	78,3%	76,7%	-
	("muy interesados")	11,8%	17,3%	
(2)	Informados sobre ciencia	65,0%	69,6%	< 0,01
(3)	Medio prioritario para informarse sobre ciencia			
	Internet	47,3	59,1	< 0,01
	Libros	5,3	3,7	-
	Prensa escrita en papel	0,7	0,5	-
	Radio	1,1	1,9	-
	Revistas de divulgación	3,8	1,6	-
	Revistas semanales	0,7	1,5	-
	Televisión	11,9	23,8	< 0,01
	Entorno personal	10,6	0,3	< 0,01
	Colegio / Instituto / Universidad	14,2	0,1	< 0,01
	Conferencias/seminarios	2,4	-	< 0,01
	Entorno laboral	1,3	-	< 0,01
	Tiendas	0,7	-	-

(1): Algo, bastante o muy interesados
(2): Algo, bastante o muy informados
(3): Medio usado como primera opción para informarse sobre ciencia

Los docentes en formación muestran aproximadamente el mismo *interés espontáneo hacia la ciencia* que su cohorte de edad en la población general (78,3% frente al 76,7% dice estar algo, bastante o muy interesado). En cambio, si consideramos sólo los que dicen estar muy interesados, el porcentaje es inferior al de los jóvenes de la población general (11,8% frente al 17.3%). En cuanto a la *percepción de información sobre ciencia*, los maestros en formación declaran sentirse algo menos informados que los otros jóvenes (65% frente a 69,6%), resultando esta diferencia estadísticamente significativa.

Si nos centramos en los *medios prioritariamente usados para informarse sobre ciencia*, resulta claramente predominante Internet en ambas muestras, aunque en la muestra general lo hacen con mayor intensidad (59,1%) que los docentes en formación (47,3%), con alta significatividad estadística según la prueba *U*. En el resto de las fuentes ambas muestras presentan diferencias. La segunda opción para nuestros docentes en formación es el sistema educativo (colegio, instituto, universidad), 14,2%, seguidas de cerca por la televisión (11,9%) y el entorno personal (10,6%). En cambio, para los jóvenes de la población general, la televisión destaca claramente como segunda opción (23,8%), mucho más considerada que en los futuros maestros, mientras que la contribución del entorno personal y educativo resultan residuales. Todas estas diferencias entre ambas muestran son estadísticamente significativas según la prueba *U*.

De hecho, según se puede ver en la Figura 1, más allá de la similitud en cuanto a la preponderancia de Internet, existen claras diferencias en los patrones de distribución de medios de información. Los maestros en formación distribuyen sus preferencias entre un mayor número de fuentes, incorporando con relativa importancia fuentes académicas (colegio, universidad), o el entorno personal (en el que también estarían presentes amigos de la universidad). En cambio, en los jóvenes de 18 a 23 años de la población general existe una mayor concentración en pocas fuentes, especialmente Internet y Televisión, que suman más de un 80% de prioridad.

Figura 1. Distribución comparativa en el uso de medios para informarse sobre ciencia entre los docentes en formación y su misma cohorte de edad en la población general

Aunque de forma minoritaria, los futuros docentes también incorporan algunas fuentes tradicionales de información científica como libros (5,3%) o revistas de divulgación científica o técnica (3,8%) en mayor medida que la población general.

A los que han respondido Internet se les ha consultado mediante una batería de respuesta múltiple sobre qué medios dentro de la red son sus preferidos. La respuesta mayoritaria resultó ser las Redes Sociales (63,3%), seguida de Vídeos de YouTube o similares (50,7%) y Prensa digital (38,1%). Las Redes sociales más utilizadas para informarse sobre ciencia entre los futuros docentes son Instagram (45,5%) y Twitter/X (42,9%).

Exploración de relaciones entre algunas variables

Uno de los objetivos de este trabajo ha sido explorar la relación entre las variables Interés espontáneo en la ciencia y Percepción de sentirse informado con el tipo de consumo informativo. Las asociaciones detectadas no son numerosas, pero sí muestran una alta significatividad estadística: Un mayor *interés en ciencia y tecnología* implica un mayor uso de las *revistas de divulgación científica* como fuente de información prioritaria (Tau-b de Kendall: 0,113; $p = 0{,}009$). En el caso de los medios de internet, el *interés espontáneo en ciencia y tecnología* correlaciona positivamente con la consulta de *prensa digital* (Tau-b: 0,116; $p = 0{,}007$) y *webs especializadas* (Tau-b: 0,158; $p < 0{,}001$). Por otra parte, también se perciben mejor informados aquellos que usan *webs especializadas en ciencia* (Tau-b: 0,137; $p = 0{,}002$) y *vídeos* de YouTube o similares (Tau-b: 0,117; $p < 0{,}007$). Finalmente, no se ha detectado relación de estas variables con las distintas redes sociales.

En cuanto a la variable género, se ha encontrado que las mujeres que desean ser maestras muestran algo menos de interés espontáneo hacia la ciencia (*d* de Somers -0,204, $p < 0{,}001$). Es una tendencia conocida y especialmente preocupante dado que la mayoría de los docentes de la etapa de Primaria van a ser de este segmento de la población. De la misma forma, esta muestra de mujeres se declara menos informada en ciencia y tecnología (*d* de Somers, -0,199, $p < 0{,}001$). Parece que las mujeres con un mayor interés espontaneo hacia la ciencia y que se sienten más informadas se dirigen a otras trayectorias

profesionales. Por otra parte, no se han encontrado diferencias significativas entre hombres y mujeres en el uso de Internet y otros medios de difusión a la hora de informarse.

La influencia de la variable *edad* es limitada y debe ser tomada con cuidado dadas las características de la muestra, que tiene escasa variabilidad en este aspecto al estar constituida por estudiantes universitarios. A pesar de ello, se ha encontrado que influye ligeramente en algunos aspectos: a mayor edad aumenta ligeramente el interés espontaneo hacia la ciencia (*d* de Somers, 0,163, $p < 0{,}001$) y el uso de prensa digital (*d* de Somers 0,101, $p = 0{,}006$). En el caso de las redes sociales, tal como cabría esperar, una mayor de edad supone un aumento en el uso de Facebook (*d* de Somers de 0,145, $p< 0{,}001$), mientras los jóvenes prefieren Instagram (*d* de Somers de -0,133, $p< 0{,}001$). Finalmente, no hemos encontrado influencia del *nivel de renta*, probablemente porque tampoco hay mucha variación en esta variable entre los integrantes de nuestra muestra.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Los futuros docentes de nuestra muestra tienen un similar interés espontáneo hacia la ciencia, y se perciben menos informados que sus compañeros de la misma edad en la población general. Este hecho puede afectar a su confianza en la ciencia y repercutir en su actuación docente. Además resulta sorprendente ya que los futuros maestros, por su carácter universitario, tienen un nivel superior de formación que el resto de los jóvenes que forman parte de la muestra general. No obstante, aunque comparten un uso mayoritario de Internet, presentan un patrón de consumo informativo con mayor diversidad de fuentes, algunas de ellas prácticamente inexistentes en la población general. Acuden (aunque de forma minoritaria) a fuentes académicas, a su propio entorno, y en menor medida, a libros y revistas de divulgación, y dicen informarse bastante menos por televisión que su cohorte de edad en la población general. Precisamente el uso de algunos de estos medios minoritarios (revistas de divulgación, webs especializadas, prensa digital) está relacionado con un mayor interés espontáneo hacia la ciencia.

Estos resultados apuntan a algo conocido: el perfil de los estudiantes que eligen magisterio parece el de personas poco inclinadas a incluir los temas científicos entre sus intereses, circunstancia posiblemente relacionada con una formación básica y media no afín a la ciencia.

Por tanto, resulta recomendable potenciar en la formación inicial de los docentes actividades y proyectos que utilicen diferentes fuentes de información científica, así como sus modos de aplicación en el aula. Con el objetivo de mitigar las carencias detectadas, se sugieren actividades que tengan propósitos tales como mejorar la competencia digital docente, mostrar las características de artículos científicos e informes de organismos internacionales, utilizar contenidos presentes en medios de comunicación, promover ideas sobre la naturaleza de la ciencia, usar fuentes informales de educación en el diseño de propuestas educativas o avanzar en los enfoques de ciencia en contexto y en el trabajo con temas socio-científicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allum, N., Sturgis, P., Tabourazi, D. y Brunton-Smith, I. (2008). Science knowledge and attitudes across cultures: A meta-analysis. *Public Understanding of Science, 17*, 35-54. https://doi.org/10.1177/0963662506070159

Autieri, S. M., Amirshokoohi, A. y Kazempour, M. (2016). The science-technology-society framework for achieving scientific literacy: An overview of the existing literature. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *4*(1), 75–89. https://doi.org/10.30935/scimath/9455

Bauer, M. W. y Falade, B. A. (2021). Public understanding of science: Survey research around the world. En M. Bucchi y B. Trench (Eds.), *Routledge handbook of public communication of science and technology* (pp. 238–266). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003039242-14

DeBacker, T. K. y Nelson, R. M. (2000). Motivation to learn science: Differences related to gender, class type, and ability. *Journal of Educational Research, 93*(4), 245-254. https://doi.org/10.1080/00220670009598713

Eshach, H. J. (2007). Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education. *Journal of Science Education and Technology*, *16*(2), 171–190. https://doi.org/10.1007/s10956-006-9027-1

Ezquerra, A., Mafokozi Ndabishibije, J., Campillejo, A. G., Beneitez Villamor, A. E. y Morcillo Ortega, J. G. (2019). Tendencias de las investigaciones sobre la ciencia presente en la sociedad: una revisión sistemática. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *37*(3), 31–47. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2727

Ezquerra, A., Vílchez-González, J. M., Fernández-Carro, R. y Vílchez, J. E. (2026). Confidence in science among pre-service primary teachers: Pedagogical implications. *European Journal of Science and Mathematics Education, 4*(2), 171-186. https://doi.org/10.30935/scimath/17955

Falk, J. H. y Dierking, L. D. (2013). *The museum experience revisited*. Left Coast Press.

Fernández-Carro, R., Vílchez, J. E., Vílchez-González, J. M. y Ezquerra, A. (2023). Multivariate analysis of beliefs in pseudoscience and superstitions among pre-service teachers in Spain. *Science & Education*, *32*(4), 909–925. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00354-y

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2019). *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología, 2018*. Ministerio de Ciencia e Innovación. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT.

Guo, J., Marsh, H. W., Parker, P. D. y Hu, X. (2024). Cross-cultural patterns of gender differences in stem: Gender stratification, gender equality and gender-equality paradoxes. *Educational Psychology Review, 36*(2), Article 37. https://doi.org/10.1007/s10648-024-09872-3

Shulman, L. S. (2015). PCK: Its genesis and exodus. En A. Berry P. Friedrichsen y J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 3–13). Routledge.

Evolución de la percepción y el pensamiento crítico sobre el cambio climático asistido por IA

Claudia Valero Porras[1], Alba Ramos Solano[1], Francisco José González García[1], Daniel Cebrián Robles[1].

[1]Universidad de Málaga

RESUMEN: En el actual contexto de desinformación sobre cuestiones sociocientíficas como el cambio climático, el desarrollo de la alfabetización mediática es fundamental. Este trabajo tiene como objetivo analizar la evolución de la percepción y el pensamiento crítico de futuros docentes ante una noticia negacionista. La metodología consistió en una intervención didáctica con estudiantes del Máster de Formación del Profesorado (especialidad en Tecnología). Se empleó un diseño pretest-postest para evaluar el grado de acuerdo con una premisa desinformativa y la calidad de sus argumentaciones. La intervención se basó en una secuencia de indagación mediática guiada por un asistente de Inteligencia Artificial generativa, configurado como andamiaje epistémico para cuestionar los argumentos del alumnado sin proporcionar respuestas directas. Los resultados mostraron una notable disminución en la aceptación del mensaje negacionista, aumentando el desacuerdo total del 46,4% al 60,7%. Asimismo, el análisis de contenido de las respuestas reveló una mejora significativa en la calidad argumentativa en los estudiantes capaces de elaborar críticas respaldadas por una sólida argumentación científica. Se concluye que el uso guiado de la Inteligencia Artificial, cuando está sustentado en un diseño pedagógico adecuado, actúa como un catalizador eficaz para promover la autonomía intelectual y la verificación crítica frente a la desinformación.

PALABRAS CLAVE: pensamiento crítico; cambio climático; Inteligencia Artificial; formación del profesorado.

ABSTRACT: In the current context of disinformation regarding socio-scientific issues such as climate change, the development of media literacy is essential. This study aims to analyze the evolution of pre-service teachers' perception and critical thinking when faced with a denialist news article. The methodology consisted of an educational intervention with students from the Master's Degree in Teacher Training (Technology specialization). A pretest-posttest design was employed to evaluate the degree of agreement with a disinformation premise and the quality of their arguments. The intervention was based on a media inquiry sequence guided by a generative Artificial Intelligence assistant, configured as an epistemic scaffold to challenge the students' arguments without providing direct answers. The results showed a notable decrease in the acceptance of the denialist message, with total disagreement increasing from 46.4% to 60.7%. Furthermore, the content analysis of the responses revealed a significant improvement in argumentative quality among students, who became capable of formulating critiques supported by solid scientific reasoning. It is concluded that the guided use of Artificial Intelligence, when supported by an appropriate pedagogical design, acts as an effective catalyst for promoting intellectual autonomy and critical verification against disinformation.

KEYWORDS: critical thinking; climate change; Artificial Intelligence; teacher training.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, abunda la desinformación y gran parte de ella se presenta como científica. Las cuestiones sociocientíficas (SSI), como el cambio climático, suponen uno de los mayores desafíos globales, cuya problemática se ve amenazada por un entorno de adversidad en el que abunda la desinformación debido a las implicaciones económicas y políticas de la mitigación (Lewandowsky, 2021). Las facilidades que ofrece internet implican que la información a menudo no pase por filtros profesionales (Höttecke y Allchin, 2020). Ante la sobreabundancia de información no filtrada en redes sociales o de las conocidas *fake news*, se presentan grandes dificultades para evitar el engaño, por lo que el desarrollo de la capacidad para evaluar afirmaciones científicas se ha vuelto cada vez más importante en la última década (Osborne y Pimentel, 2023).

Para hacer frente a este escenario desde el ámbito educativo, resulta imperativo replantear la enseñanza de las ciencias. Según Osborne et al. (2022), esta transformación debería estructurarse en torno a cuatro acciones fundamentales. En primer lugar, revisar el currículum de Ciencias, y, por tanto, es necesario reducir el contenido científico tradicional en pos de añadir el desarrollo de competencias de alfabetización mediática. El alumnado suele aprender diferentes leyes y teorías, pero falla en identificar el valor del conocimiento científico y cómo se ha llegado a él. Al ser un aspecto primordial, debería integrarse formalmente en los planes de estudio. En segundo lugar, la creación de materiales curriculares específicos, ya que actualmente, existen pocos recursos sobre alfabetización científica digital. Se requiere más material en educación secundaria para desarrollar la alfabetización mediática y la comprensión de la ciencia como una colección de prácticas sociales, destacando el rol del consenso, la revisión por pares y la pericia. En tercer lugar, mejorar la formación del profesorado, a menudo, el sistema educativo y la comunidad científica asumen erróneamente que el alumnado solo necesita aprender teorías y datos científicos puros, subestimando la necesidad de comprender cómo se construye, funciona y se valida realmente la ciencia. Esto evidencia la urgencia de capacitar a los docentes en estas nuevas perspectivas pedagógicas. Por último, mejorar la evaluación dado que, los cambios educativos no se producirán a menos que estas nuevas competencias sean susceptibles de ser evaluadas.

En respuesta a estos retos, la didáctica de las ciencias subraya la necesidad de trabajar mediante problemáticas reales como el cambio climático. El objetivo fundamental, no es alcanzar una independencia intelectual inalcanzable ante la complejidad del conocimiento moderno, sino formar observadores externos competentes. El alumnado debe reconocer su dependencia epistémica de los expertos y ser capaces de evaluar la fiabilidad de una afirmación (Allchin, 2023; Osborne y Pimentel, 2023). De hecho, según Goldberg et al. (2022), enseñar sobre el consenso científico en cuestiones como el cambio climático, puede llevar a las personas a cambiar sus creencias (Goldberg et al., 2022), y se ha observado que las intervenciones en competencias mediáticas digitales mejoran la capacidad para identificar la desinformación (McGrew, 2020; Wineburg y McGrew, 2019). En este sentido, el diseño de actividades basadas en la indagación mediática se presenta como una estrategia que puede facilitar el desarrollo del pensamiento crítico (Blanco-López et al., 2017). Estas intervenciones deben dotar al alumnado de herramientas prácticas de verificación, permitiéndoles investigar la fuente antes de analizar el contenido (Allchin, 2023). Además, la integración de herramientas digitales puede guiar al estudiante, dotándolo de estrategias para evaluar la información y con ello reducir la distancia entre el lego y el experto (Osborne y Pimentel, 2023).

En esta línea, la reciente incorporación de asistentes personalizados basados en Inteligencia Artificial (IA) generativa ofrece un potencial en la enseñanza de las ciencias (Erduran, 2023); utilizados como herramientas de andamiaje, pueden guiar de forma interactiva y personalizada al estudiante en la evaluación de pruebas, pudiendo favorecer el desarrollo de su pensamiento crítico frente a la desinformación. Enmarcado en este contexto, este trabajo describe una intervención didáctica diseñada para enfrentar al alumnado a casos reales de desinformación, como manifiestos negacionistas que recurren a "expertos falsos" para simular una falta de acuerdo en la comunidad científica. El objetivo principal de este estudio es analizar la evolución de la percepción y del pensamiento crítico del profesorado de educación secundaria en formación inicial, contrastando sus argumentaciones antes y después de participar en una secuencia de indagación mediática sobre una noticia del cambio climático.

MÉTODO

Participantes

En este trabajo participaron 28 alumnos/as del Máster Universitario en Profesorado de Enseñanza Secundaria (MAES) en la especialidad de Tecnología, Informática y Procesos Industriales, que cursan la asignatura de Diseño y Desarrollo de Programaciones y Actividades Formativas, en la Universidad de Málaga durante el curso 2025-26.

Secuencia de actividades

La intervención didáctica se había diseñado para enfrentar al alumnado a un escenario real de

desinformación científica y para guiarlo progresivamente en la evolución de su pensamiento crítico. La dinámica buscaba partir desde la intuición inicial del alumnado hacia una visión crítica y una argumentación fundamentada, integrando el trabajo autónomo y la indagación asistida por IA.

Para comenzar, el alumnado trabajó de forma individual y sin acceso a IA ni motores de búsqueda, con el objetivo de obtener sus ideas previas sobre la percepción de cuál es el principal causante del cambio climático, sus hábitos de verificación de fuentes y los criterios preexistentes para otorgar credibilidad a una noticia. A continuación, se les expuso a una noticia real del medio *El Debate* titulada *"Más de 1.600 científicos desmienten la emergencia climática"*. El alumnado redactó un primer comentario crítico, evaluando la veracidad del texto y basándose exclusivamente en sus ideas previas.

A continuación, se realizó un proceso de indagación mediática guiada. Para ello, se propuso usar un asistente personalizado de IA (AIA) generativa que usaba Gemini 3 en modos Pro/Razonamiento, diseñado específicamente para no ofrecer respuestas directas, sino para actuar como un andamiaje epistémico. Cada estudiante introdujo su primer análisis de la noticia en el asistente, lo que inició una interacción dialógica en la que el AIA formulaba preguntas y sugerencias que cuestionaban los argumentos elaborados previamente por el alumnado. La dinámica exigió investigar activamente la credibilidad de la fuente original, comprobar la capacidad y formación de los firmantes de la noticia y contrastar dicha información con el nivel de consenso científico actual.

El cierre de esta experiencia finalizó en la reflexión del análisis inicial y la mejora, formulando un segundo análisis crítico, con la idea de pasar de una opinión superficial, a una opinión y análisis argumentados, fruto de la indagación asistida por el AIA.

Recogida y análisis de datos

Para la recogida de datos se utilizaron dos cuestionarios (pretest y postest) a través de Google Forms. El tratamiento de los datos obtenidos se dividió en dos; por un lado, un análisis en el que se calcularon y compararon las medias obtenidas en un ítem tipo Likert de 5 puntos en el pretest y postest (específicamente en la afirmación: *"El cambio climático actual es un ciclo natural de la Tierra que se resolverá sin necesidad de cambiar nuestro modelo económico y social"*).

Por otro lado, el análisis que examinó las respuestas a la pregunta abierta del Pretest (*El artículo que vas a analizar afirma, respaldado por 1.600 profesionales, que 'no hay emergencia climática'. Si tuvieras que debatir públicamente con quienes firman este texto sobre la influencia real de la actividad humana en el clima, ¿cuál sería tu postura principal y en qué pruebas concretas o razonamientos te basarías para defenderla?)* y del postest. Se realizó un análisis de contenido inductivo del que emergió un sistema de categorización estructurado en cuatro niveles según el pensamiento crítico evidenciado: No sé / No contesto (Categoría 1), la noticia está correcta (Categoría 2), crítica a la noticia (Categoría 3) y crítica a la noticia y argumentación sólida (Categoría 4). Este sistema de categorías se validó por los investigadores/as de este trabajo.

Algunos ejemplos de respuestas del alumnado para la categorización:

- Categoría 1: "No podría defender ninguna postura porque no tengo mucha idea del tema"
- Categoría 2: "Estaría con ellos, se han tomado muchas medidas anti-cambio climático basadas en unos modelos meteorológicos que no se están cumpliendo, otra cosa es por ejemplo la geoingenieria que estamos sufriendo sobre nuestros cielos, pero el CO_2 no es el problema".
- Categoría 3: "Mi postura es seguir cuestionando la noticia y no darle veracidad, porque tanto

el medio, como la fundación donde se publica el manifiesto, cómo el contenido de la misma, tan en contra de las noticias que nos llegan desde multitud de medios considerados "serios" e incluso de los propios gobiernos, no me resulta creíble".

- Categoría 4: "Mi postura principal sería contraria. Estoy convencido de que los actos humanos están deteriorando el clima, es imposible que la acción humana a nivel de contaminación, emisiones de CO, residuos plásticos, residuos tecnológicos los cuales no se tratan adecuadamente no resulte un factor determinante en el estado de salud del planeta.

Por último, se hizo una asignación deductiva del sistema de categorías a las respuestas del alumnado, mediante acuerdo de los investigadores/as.

RESULTADOS

Los resultados mostraron una disminución en el grado de acuerdo del alumnado con la argumentación (*El cambio climático actual es un ciclo natural de la Tierra que se resolverá sin necesidad de cambiar nuestro modelo económico y social*). En el pretest, un 46,4% indica un rechazo inicial generalizado, aunque con ciertos estudiantes escépticos. Tras la intervención asistida por IA (postest), el porcentaje de estudiantes totalmente en desacuerdo aumentó de forma notable hasta alcanzar el 60,7 %.

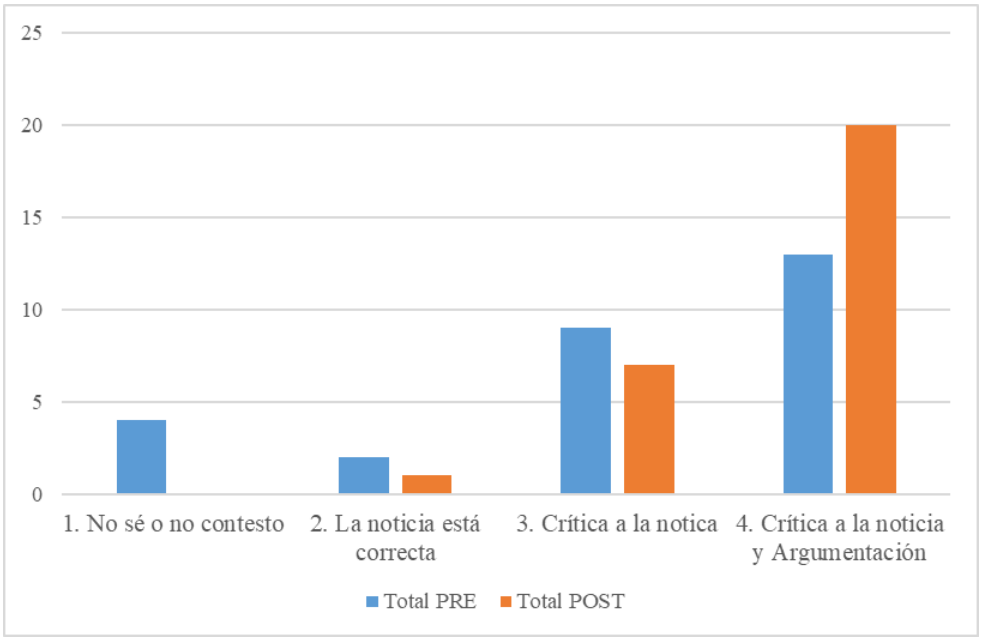


Figura 1. *Frecuencias de categorización del nivel de pensamiento crítico argumentativo (Pretest vs. Postest).*

Como podemos apreciar en la figura 1, la capacidad para elaborar una crítica con argumentación científica sólida (categoría 4) tuvo una buena acogida por parte del alumnado tras la intervención, pasando de 13 alumnos/as en el pretest a 20 en el postest. Mientras que las respuestas de las categorías 1 y 2, prácticamente desaparecieron o disminuyeron tras la indagación mediática. En general se muestra que, disminuye el número de alumnos/as que hacen crítica a la noticia y se desplaza a la crítica argumentada.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Tras analizar los resultados se ha puesto de manifiesto que el uso de asistentes personalizados de IA puede actuar como un catalizador que amplíe la visión crítica mediática y la capacidad argumentativa del alumnado, permitiéndoles reflexionar y modificar ideas previas no fundamentadas.

Con la sobreabundancia de información y la proliferación de *fake news* con apariencia científica, tal y como advertían Osborne y Pimentel (2023) o Höttecke y Allchin (2020), el diseño de este tipo de actividades se vuelve muy necesario de plantear en la educación. La intervención didáctica propuesta cumple una doble finalidad educativa: por un lado, concienciar sobre la urgencia real del cambio climático y el consenso científico que lo respalda; y por otro, dotan al alumnado de herramientas de argumentación y verificación mediática. El paso de una visión crítica, además, una mejora argumentativa del alumnado coincide con la Dimensión 5 (Argumentación) propuesta por Blanco-López et al. (2017), la cual enfatiza la capacidad de crear argumentos más científicos y rechazar conclusiones que no se basen en pruebas que no tengan consenso científico. Asimismo, el incremento del desacuerdo total con premisas negacionistas refleja el desarrollo de una autonomía personal (Dimensión 6) y una opinión independiente frente a discursos simplistas, lo que valida que las estrategias de argumentación e indagación favorecen el cambio de opinión hacia posturas más fundamentadas (Blanco-López et al., 2017).

La intervención muestra que la efectividad del uso de AIA no reside en la herramienta en sí, sino en el diseño pedagógico que la sustenta. Es necesario que el profesorado adopte una postura crítica frente a la IA, integrándola no como un uso para obtener respuestas directas, sino orientándola hacia el propio proceso de aprendizaje reflexivo del estudiante. Cuando el docente diseña AIA para que actúen exclusivamente como cuestionadores críticos de ideas previas, se puede lograr mejorar la autonomía del alumnado, obligándolo a indagar activamente y a reconocer su capacidad argumentativa.

A pesar de estas conclusiones, este estudio presenta ciertas limitaciones que podrían considerarse. En primer lugar, la especificidad de la muestra (28 estudiantes de un máster con perfil tecnológico) limita la generalización de los resultados, dado que la muestra podría contar con un nivel previo de alfabetización digital superior a la media. En segundo lugar, no se han considerado las posibles alucinaciones que tuvo el AIA y que podrían abordarse en otros estudios, por ejemplo, analizando los prompts utilizados por el alumnado. Como trabajo a futuro, se plantea ampliar la muestra e implementar esta secuencia didáctica directamente en aulas de Educación Secundaria o en más especialidades de máster, el contexto real de aplicación de estos futuros docentes. Asimismo, adaptar esta metodología basada en AIA a otras Cuestiones Sociocientíficas (SSI) relevantes.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto I+D PID2024-156217NI-I00 *Critical Education on Socioscientific Issues in Pre-service Science and Technology Teacher Training: Applications of Artificial Intelligence Assistants (CESSAI)*, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y la Unión Europea (FEDER); y la ayuda del contrato PRE2024-12, financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y por el Fondo Social Europeo Plus (FSE+).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allchin, D. (2023). Ten competencies for the science misinformation crisis. *Science Education*, *107*(2), 261–274. https://doi.org/10.1002/sce.21746.

Blanco-López, Á., España-Ramos, E., & Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, *1*(1), 107–115. https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004.

Erduran, S. (2023). AI is transforming how science is done. Science education must reflect this change. *Science, 382*(6677). https://doi.org/10.1126/science.adm9788

Goldberg, M. H., Gustafson, A., van der Linden, S., Rosenthal, S. A., & Leiserowitz, A. (2022). Communicating the scientific consensus on climate change: Diverse audiences and effects over time. *Environment and Behavior,* 54, 1133–1165. https://doi.org/10.1177/00139165221129539.

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, *104*(4), 641–666. https://doi.org/10.1002/sce.21575

Lewandowsky, S. (2021). Climate Change Disinformation and How to Combat It. *Annu. Rev. Public Health*, *42*, 1–21. https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-090419-102409

McGrew, S. (2020). Learning to evaluate: An intervention in civic online reasoning. *Computers & Education*, 145, 103711. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103711

Osborne, J., & Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education*, *107*(3), 553–571. https://doi.org/10.1002/sce.21790

Wineburg, S., & McGrew, S. (2019). Lateral reading and the nature of expertise: Reading less and learning more when evaluating digital information. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education, 121*(11), 1–40. https://doi.org/10.1177/016146811912101102

La IA socrática como motor de pensamiento crítico: Percepciones, retos y la importancia de la guía docente

Vicente Zambrana Arranz[1], *Daniel Cebrián*[1]

[1] Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga.

RESUMEN: En el presente estudio se analiza el impacto de un asistente de Inteligencia Artificial, diseñado mediante instrucciones socráticas, en el desarrollo del pensamiento crítico de profesorado en formación inicial. El objetivo consiste en evaluar su utilidad didáctica e identificar las barreras tras su implementación, a favor de una alfabetización científica crítica. Metodológicamente, se realizó un estudio exploratorio de naturaleza cualitativa con una muestra de 32 estudiantes del Máster de profesorado de educación secundaria, en el que se recogieron sus percepciones tras interactuar con el asistente de IA. Los resultados muestran que la estrategia de la IA de no ofrecer respuestas directas genera una fricción cognitiva inicial: casi la mitad de la muestra (15 de 32 estudiantes) lo consideró "frustrante al inicio, pero activador de la reflexión", mientras que otros 13 lo valoraron como "estimulante y útil desde el principio". Respecto a su futura aplicación en las aulas, el análisis de categorías mostró cuatro grandes retos: la necesidad de adaptación curricular y lingüística; la preocupación por los riesgos pedagógicos y la dependencia tecnológica; los obstáculos ligados a la usabilidad y la brecha digital; y, por último, diversas barreras actitudinales y formativas. Se concluye que el uso de AIA de modo socrático es un recurso para evitar que el alumnado interactúe con la tecnología como si fuera una fuente inmediata de verdad, pero exige una mediación docente para guiar el proceso y fomentar la metacognición.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia artificial; razonamiento socrático; pensamiento crítico; formación docente

ABSTRACT: This study analyzes the impact of an artificial intelligence assistant, designed using Socratic methods, on the development of critical thinking among pre-service teachers. The objective is to evaluate its educational utility and identify the barriers to its implementation, with a view to fostering critical scientific literacy. Methodologically, a qualitative exploratory study was conducted with a sample of 32 students in a master's program for secondary school teachers, in which their perceptions were gathered after interacting with the AI assistant. The results show that the AI's strategy of not providing direct answers generates initial cognitive friction: nearly half of the sample (15 out of 32 students) considered it "frustrating at first, but a catalyst for reflection," while another 13 rated it as "stimulating and useful from the start." Regarding its future application in classrooms, the category analysis revealed four major challenges: the need for curricular and linguistic adaptation; concerns about pedagogical risks and technological dependence; obstacles related to usability and the digital divide; and, finally, various attitudinal and training barriers. It is concluded that the Socratic use of AIA is a resource for preventing students from interacting with technology as if it were an immediate source of truth, but it requires teacher mediation to guide the process and foster metacognition.

KEYWORDS: Socratic artificial intelligence; critical thinking; teacher training; educational innovation

INTRODUCCIÓN

La integración de la inteligencia artificial (IA) generativa en el ámbito educativo está redefiniendo los procesos de enseñanza-aprendizaje actuales, especialmente en la didáctica de las ciencias (Bravo et al., 2025). Sin embargo, la creciente presencia de herramientas de IA en las aulas plantea desafíos pedagógicos: la tendencia del alumnado a interactuar con estas tecnologías como si fueran "oráculos" que proporcionan respuestas inmediatas y veraces para resolver tareas, un fenómeno que puede exacerbar las brechas de equidad educativa si no se gestiona adecuadamente (Adeshola y Adepoju,

2024). Esta dinámica de inmediatez amenaza con reducir el esfuerzo intelectual y mermar el desarrollo del pensamiento crítico, un pilar esencial para promover una educación científica transformadora, reflexiva y comprometida con la sociedad actual.

Frente al riesgo de la automatización cognitiva y la pasividad del estudiante, surge la necesidad de diseñar e investigar interacciones más pedagógicas y éticas con la IA, asegurando que estas actúen como complemento de la acción docente y no como sustituto que limite la competencia del estudiante (Zawacki-Richter et al., 2019). Una posible estrategia es el diseño de asistentes de inteligencia artificial personalizados (AIA) mediante instrucciones que fomenten el pensamiento y la reflexión socrática. Bajo este paradigma, el AIA se diseña explícitamente para no ofrecer respuestas directas, sino para formular preguntas que guíen el razonamiento del estudiante, estimular procesos metacognitivos y actuar como facilitador del diálogo (Favero et al., 2024).

Este enfoque persigue la generación de una fricción cognitiva intencionada, es decir, un andamiaje necesario para el aprendizaje que interrumpe la asimilación pasiva de información y exige al estudiante una participación activa en la construcción de su propio conocimiento científico (Salman et al., 2025).

En el contexto de la formación inicial del profesorado, resulta indispensable analizar cómo este, durante su formación, experimenta e interpreta dicha fricción cognitiva. Será este quien, en un futuro cercano, deba integrar estas tecnologías en las aulas, asumiendo el rol crucial e insustituible de mediador pedagógico para guiar el proceso de aprendizaje y reconfigurar los discursos educativos en torno a la IA (Bearman et al., 2023). Por consiguiente, en el presente estudio se realiza el análisis del impacto de un AIA socrático en el desarrollo del pensamiento crítico de estudiantes del Máster de profesorado de educación secundaria. El objetivo principal consiste en evaluar su utilidad didáctica, así como identificar las limitaciones y retos pedagógicos para su implementación a favor de una alfabetización científica.

METODOLOGÍA

Participantes y contexto

La presente investigación se enmarca en un enfoque exploratorio y descriptivo, de naturaleza fundamentalmente cualitativa. La muestra de conveniencia estuvo constituida por 32 estudiantes matriculados en la asignatura Diseño y Desarrollo de Programaciones y Actividades Formativas, correspondiente a la especialidad de Tecnología, Informática y Procesos Industriales del Máster en educación secundaria de la Universidad de Málaga (España) durante el curso académico 2025/2026. La muestra resulta de interés para el objeto de estudio, dado que se trata de profesionales en fase de formación inicial que, además, ya cuentan con formación científico-tecnológica. Por tanto, estos participantes poseen conocimientos pedagógicos recientes y, al mismo tiempo, representan a la futura generación de docentes que deberá tomar decisiones críticas sobre la integración de tecnologías emergentes en las aulas.

Para la investigación, se diseñó una intervención de dos horas centrada en la enseñanza contextualizada basada en cuestiones socialmente vivas. La dinámica consistió en el mapeo de la controversia (España-Naveira et al., 2023) sobre el pacto de cierre del parque nuclear español hasta 2035, realizado en grupos de 5 a 6 estudiantes. El procedimiento se dividió en dos etapas:

- Fase 1 (Exploración de ideas previas): Trabajo grupal autónomo en la plataforma Mural.co para crear un primer mapa de la controversia. Se indicó explícitamente que no se emplearía ningún tipo de asistente de IA.
- Fase 2 (Análisis con IA): Interacción individual con un Asistente de IA (Gemini 3, en modos Pro y Razonamiento) para recibir retroalimentación crítica sobre posibles sesgos, actantes invisibilizados y relaciones no contempladas en el mapa inicial del alumnado.

Tras esta consulta individual, volvían a los equipos para poner en común y triangular las respuestas de la IA, lo que dio lugar a una versión mejorada de los mapas. Finalmente, se administró un cuestionario individual para recoger las percepciones del alumnado sobre el uso del AIA, tal como se detalla en el siguiente apartado.

Instrumento y recogida de datos

En este trabajo se diseñó un cuestionario de dos preguntas abiertas para obtener información de la percepción y valoración del futuro profesorado sobre el uso del AIA en la actividad de mapeo de controversias. Las preguntas que se formularon fueron:

- La primera pregunta solicitó a los participantes que valoraran la estrategia del asistente respecto a su proceso de aprendizaje: "Este asistente tiene la instrucción explícita de NO dar respuestas directas, sino de devolver preguntas. ¿Cómo valoras esta estrategia para tu aprendizaje?"
- La segunda pregunta les instó a situarse en su futuro rol docente, para identificar áreas de mejora: "Si tuvieras que usar este asistente con tu alumnado, ¿qué limitación técnica o pedagógica le corregirías?"

El análisis de las respuestas siguió un enfoque cualitativo (Creswell, 2014) mediante la creación inductiva de categorías. Inicialmente, uno de los investigadores diseñó un sistema de categorización preliminar para cada pregunta, el cual fue sometido a debate y consenso con el resto del equipo. Se optó por un sistema de categorías no excluyentes, diseñado para capturar tanto la respuesta positiva como la negativa. Finalmente, se procedió a cuantificar la frecuencia de aparición de cada categoría para complementar el análisis.

RESULTADOS

Fricción cognitiva en el desarrollo del pensamiento crítico

El análisis de las respuestas a la primera pregunta revela un patrón claro respecto a cómo el futuro profesorado perciben la estrategia de la "IA socrática". Al enfrentarse a un asistente programado para no dar respuestas directas, el 87.5% de los participantes reconoció un impacto positivo en su proceso de aprendizaje, aunque los estados emocionales iniciales variaron, tal y como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Percepción del alumnado sobre la estrategia de instrucción socrática de la IA

Percepción de la estratégia socrática	Frecuencia (n)	Porcentaje(%)
"Frustrante al inicio, pero activó mi reflexión"	15	46.9%
"Estimulante y útil desde el principio"	13	40.6%
"Frustrante e inútil"	4	12.5%

El hallazgo más significativo es que casi la mitad de la muestra (15 estudiantes) experimentó lo que pedagógicamente se define como fricción cognitiva. Lejos de ser un elemento negativo, esta frustración inicial actuó como el catalizador necesario para romper la expectativa de inmediatez tecnológica y forzar la activación del pensamiento crítico. Sumado a los 13 estudiantes que encontraron la herramienta estimulante desde el primer momento, se evidencia que el 87,5 % del profesorado en formación inicial le agrada el uso del asistente de IA mediante el paradigma socrático como una estrategia eficaz frente a la mera provisión de respuestas automatizadas.

3.2. Retos pedagógicos y la necesidad de mediación docente

El análisis de las respuestas obtenidas respecto a la segunda pregunta, cuando se pide que asuman

su futuro rol docente, el alumnado se vuelve más críticos y más allá del beneficio que obtuvo a nivel personal, conseguir trasladar esta tecnología a su alumnado suscita diversas preocupaciones. En la tabla 2 se desglosan dichas limitaciones agrupadas según sus barreras pedagógicas, adaptación curricular e infraestructura.

Tabla 2. Frecuencias de categorías sobre las limitaciones pedagógicas y técnicas identificadas.

Categoría principal	Frecuencia(n)	Subcategoría	Frecuencia(n)
Adaptación curricular y lingüística	9	Adecuación a la edad y nivel de comprensión	6
		Simplificación del lenguaje y formato	3
Riesgos pedagógicos y dependencia	6	Alucinaciones y control de fuentes	2
		Pasividad cognitiva y control de fuentes	2
		Ausencia de metacognición guiada	1
		Sesgos ideológicos	1
Usabilidad y brecha digital	6	Falta de dispositivos e infraestructura	2
		Interfaz poco intuitiva y usabilidad	4
Otras menciones	11	Requisito de alfabetización y conocimientos previos	2
		Dudas iniciales o rechazo	9

A pesar de la alta valoración de la herramienta, las respuestas a la segunda pregunta del cuestionario revelan preocupaciones críticas sobre cómo se percibe el profesorado en formación inicial en su futuro rol docente. El análisis temático de sus respuestas ha permitido agrupar las limitaciones y percepciones identificadas en cuatro grandes categorías (tabla 2):

En primer lugar, destaca la necesidad de adaptación curricular y lingüística (9 menciones). Múltiples participantes señalaron que la IA, por defecto, puede emplear un lenguaje complejo y descontextualizado. En concreto, las subcategorías revelan la urgencia de adecuar el contenido a la edad y el nivel de comprensión del alumnado (6), así como la necesidad de una simplificación del lenguaje y el formato (3). Esto subraya que el asistente no es un recurso universal, sino que requiere una parametrización previa en función de la madurez cognitiva del grupo.

En segundo lugar, surge una preocupación por los riesgos pedagógicos y la dependencia tecnológica (6). El futuro profesorado percibe el peligro de delegar en la máquina la interacción directa con el alumnado. Alertan sobre el riesgo de pasividad cognitiva (2) y la posibilidad de que la IA acabe haciendo el trabajo por ellos en lugar de activar su pensamiento crítico. De igual modo, muestra cautela ante las "alucinaciones" del modelo y la necesidad de controlar las fuentes (2), así como posibles sesgos ideológicos (1). Resulta especialmente interesante la aportación de un participante que propone incluir momentos de metacognición guiada para ayudar al alumnado a entender por qué se les devuelve una pregunta. Esto evidencia que la instrucción socrática del AIA carece de valor si no está acompañada de la mediación humana.

En tercer lugar, se hacen notar la usabilidad y la brecha digital como obstáculos para la equidad (6). Se menciona explícitamente el problema de la falta de dispositivos e infraestructura (2) a la hora de

dotar de material informático, lo que recuerda que la innovación educativa suele estar condicionada por las realidades materiales de los centros educativos. Además, algunos docentes en formación inicial señalaron barreras de interacción relacionadas con una interfaz poco intuitiva y con dificultades de usabilidad general (4).

Por último, el análisis recoge un bloque de otras menciones (11) que agrupa barreras actitudinales y formativas. La gran mayoría de estas respuestas reflejan dudas iniciales o cierto rechazo (9) hacia el uso de este tipo de asistentes en el aula. Asimismo, se señala que la interacción con AIA exige, por parte del alumnado, un nivel de alfabetización y conocimientos previos (2), sin los cuales la herramienta pierde su eficacia didáctica.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio exploratorio sugieren que el diseño de asistentes de IA, mediante instrucciones y documentación facilitada por el equipo docente, permite y activa en el alumnado un pensamiento crítico a través de preguntas socráticas. Este uso ha resultado ser una estrategia didáctica de interés y utilidad para la formación inicial docente en general y, en particular, como guía de uso para su futuro alumnado. El hecho de que hubiera un buen número de participantes que experimentaran frustración inicial antes de reflexionar muestra que la fricción cognitiva no es un fallo del sistema, sino un requisito didáctico indispensable. Al romper la dinámica de que una IA provea respuestas inmediatas, la herramienta diseñada con un AIA obliga al estudiante a abandonar la pasividad y ejercitar su pensamiento crítico, un objetivo fundamental para cualquier propuesta formativa de educación científica.

No obstante, las percepciones de los futuros docentes evidencian que el éxito de esta estrategia no se debe exclusivamente a la tecnología. Las preocupaciones manifestadas en torno a la adecuación del lenguaje, el riesgo de alucinaciones algorítmicas y la falta de contextualización curricular muestran que reconocen que la IA es incapaz de leer el contexto social, emocional y madurativo del aula.

Este trabajo no es más que un primer análisis exploratorio del uso de AIA en la educación. Es necesaria su utilización e investigación en diversos contextos y etapas educativas que puedan servir de comparación y ampliación del alcance de estos resultados. Por ello, pensamos que es importante conocer en qué medida podemos utilizar los modelos de IA para seguir desarrollando de una manera más crítica y profunda el pensamiento crítico en la formación inicial del profesorado, pero también extenderlo a las etapas previas no universitarias. Es importante recalcar que estos AIA pueden generar las preguntas, pero es el profesorado quien debe proporcionar el andamiaje, adaptar el nivel de exigencia, fomentar la metacognición y garantizar que el acceso a estas herramientas no agrave la brecha digital y cognitiva. En trabajos futuros se espera probar otros AIA que se utilicen en otras estrategias didácticas que permiten ampliar el uso didáctico de la IA en la enseñanza de las ciencias.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto I+D PID2024-156217NI-I00 Critical Education on Socioscientific Issues in Pre-service Science and Technology Teacher Training: Applications of Artificial Intelligence Assistants, financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y Unión Europea (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adeshola, I., y Adepoju, A. P. (2024). The opportunities and challenges of ChatGPT in education. *Interactive Learning Environments, 32*(10), 6159-6172. https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253858

Bearman, M., Ryan, J., y Ajjawi, R. (2023). Discourses of artificial intelligence in higher education: A critical literature review. *Higher Education, 86*(2), 369-385. https://doi.org/10.1007/s10734-022-00937-2

Bravo, B., Pérez, M., e Inorreta, Y. (2025). Uso de inteligencia artificial generativa para resolver problemas de física en ingeniería. *Enseñanza de las Ciencias, 43*(3), 73-91. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6332

Creswell, J.W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

España-Naveira, P., Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Cabello-Garrido, A., España-Ramos, E., González-García, F. J. and Blanco-López, Á. (2023). Enfoque de cartografía de controversias para abordar cuestiones socialmente vivas desde la enseñanza de la ciencia y la tecnología. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 20*(3), 310101–310121. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3101

Favero, L., Pérez-Ortiz, J. A., y Oliver, N. (2024). Enhancing critical thinking in education by means of a Socratic chatbot. *arXiv preprint arXiv*:2409.05511. https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.05511

Salman, H. A., Ahmad, M. A., Ibrahim, R., y Mahmood, J. (2025). Systematic analysis of generative AI tools integration in academic research and peer review. *Online Journal of Communication and Media Technologies, 15*(1), e202504. https://doi.org/10.30935/ojcmt/15832

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

La no irrupción de la IA en la enseñanza de las ciencias en las revistas españolas

Mario Calvo-Utrilla[1], Esther Paños[2], Carlota López-Fernández[3], José Reyes Ruíz-Gallardo[4]

Departamento de Pedagogía. UCLM.

*Correspondencia: [1]mario.calvo4@alu.uclm.es

RESUMEN: La aparición de chatbots basados en inteligencia artificial (IA) ha generado un creciente interés en el ámbito educativo por el potencial de las herramientas de IA para apoyar la enseñanza. No obstante, se desconoce en qué medida estas herramientas están siendo investigadas en el contexto español de la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE). Este trabajo presenta una revisión de alcance, siguiendo las directrices PRISMA 2020, cuyo objetivo es mapear la producción científica sobre el uso educativo de chatbots en revistas españolas de DCE. Se analizaron 379 artículos publicados entre 2023 y 2025 en cinco revistas de referencia, de los cuales solo tres cumplieron los criterios de inclusión. Los resultados muestran que todas las investigaciones analizan chatbots conversacionales, principalmente ChatGPT, en Física y Química, mediante estudios exploratorios. Los chatbots se emplean como apoyo complementario a docentes y alumnado, con beneficios como la retroalimentación y la reducción de la carga docente, pero también con limitaciones asociadas a errores conceptuales y al uso acrítico de las respuestas. Los hallazgos evidencian la necesidad de ampliar la investigación empírica y formativa sobre IA en la DCE.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia Artificial; ChatGPT; Didáctica de las Ciencias Experimentales; Revisión Sistemática

ABSTRACT: The emergence of artificial intelligence (AI)–based chatbots has generated increasing interest in the educational field due to the potential of AI tools to support teaching. However, it remains unclear to what extent these tools are being investigated within the Spanish context of Science Education. This study presents a scoping review, following PRISMA 2020 guidelines, aimed at mapping the scientific literature on the educational use of chatbots in Spanish science education journals. A total of 379 articles published between 2023 and 2025 in five leading journals were analysed, of which only three met the inclusion criteria. The results show that all studies examine conversational chatbots, mainly ChatGPT, in Physics and Chemistry contexts, using exploratory designs. Chatbots are employed as complementary support tools for teachers and students, offering benefits such as feedback provision and workload reduction, but also showing limitations related to conceptual errors and the uncritical use of generated responses. Overall, the findings highlight the need to expand empirical and training-oriented research on AI in science education.

KEYWORDS: Artificial Intelligence; ChatGPT; Science Teaching; Systematic Review

INTRODUCCIÓN

Actualmente hay una gran expectación mundial alrededor de la Inteligencia Artificial (IA), sobre todo a partir de la presentación en público de ChatGPT en noviembre de 2022. ChatGPT es una herramienta de IA basada en modelos de lenguaje masivos (LLM) y en procesamiento de lenguaje natural (NLP) (Holmes y Tuomi, 2022) y son muchas las voces que apuntan a su enorme potencial para cambiar las cosas y, como no podía ser de otra manera, el mundo educativo tampoco se ha librado de estos reclamos y pronósticos. Son muchos los autores que opinan que chatbots como ChatGPT tienen un gran potencial para mejorar la educación (Vasconcelos y dos Santos, 2023), que servirán para reducir la carga de trabajo de los docentes (Wei et al., 2024), como tutores personales para los alumnos (Sperling y Lincoln, 2024) o, incluso, se ha pronosticado el fin de la figura del docente debido a estas herramientas (Holmes y Tuomi, 2022). En este sentido, algunos autores han resaltado la necesidad de contar con pensamiento crítico o conocimientos previos para un correcto uso de los chatbots (Wei et al., 2024) o la dificultad de estas herramientas en trabajar con conceptos numéricos o abstractos (Sperling y Lincoln, 2024).

Este último punto es de especial importancia en el aprendizaje de las ciencias, puesto que en asignaturas como Física se componen de un elevado número de procedimientos matemáticos y conceptos abstractos. Por tanto, es importante conocer cómo se desarrollan los chatbots en la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE). Con este fin se han publicado ya varias revisiones sistemáticas como los trabajos de Park y Martin (2024) y Calvo-Utrilla et al. (2025), en los que no se incluye ningún trabajo de autores españoles acerca del uso educativo de chatbots en el ámbito de la DCE. En consecuencia, este trabajo plantea una revisión de alcance con la que mapear las investigaciones publicadas sobre chatbots en las principales revistas españolas del área de la DCE.

MARCO TEÓRICO

La incorporación de tecnologías digitales en la enseñanza de las ciencias ha sido históricamente un tema de interés en la investigación en la enseñanza de las ciencias. Algunos ejemplos son la introducción de ordenadores para realizar simulaciones en laboratorios virtuales (Wörner et al., 2022) o el enfoque educativo STEM (Martín-Páez et al., 2019). Sin embargo, en la literatura existe un debate recurrente sobre las promesas de la integración de la tecnología y la evidencia empírica real de su impacto en el aprendizaje (Sanders et al., 2023). Estos debates continúan con la reciente irrupción de las herramientas basadas en IA, y, en particular, con las basadas en modelos de lenguaje como son los chatbots.

En este sentido, como indica Holmes et al. (2022), las aplicaciones de herramientas de IA pueden utilizarse para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, tanto para ayudar a alumnos, a docentes como a sistemas administrativos y que incluyen diferentes herramientas, como los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS – por sus siglas en inglés), que son herramientas que pueden tutorizar ejercicios prácticos y evaluaciones individualizadas dando apoyo por pasos (Holmes et al., 2022) o los ya mencionados chatbots conversacionales de IA, algunos de ellos como ChatGPT o Gemini, que destacan por su accesibilidad, su capacidad lingüística (Dahlkemper et al., 2023) y que son gratuitos (Bravo et al., 2025).

En el caso concreto de los chatbots, son muchos autores los que señalan su gran potencial para mejorar la educación. Los principales usos referidos en la literatura incluyen el apoyo como tutor personalizado para el alumnado (Li et al., 2024), facilitando explicaciones instantáneas y en cualquier momento (Vasconcelos y dos Santos, 2023). También, sirven para apoyar a docentes en la creación de recursos o llevar a cabo evaluaciones (Sperling y Lincoln, 2024), reduciendo la carga laboral docente (Wei et al., 2024) y ganando tiempo que puede ser empleado en otras tareas más creativas (Sperling y Lincoln, 2024). No obstante, también se han señalado limitaciones importantes, como errores conceptuales o alucinaciones (Park y Martin, 2024) o dificultades con el tratamiento de conceptos numéricos o abstractos (Sperling y Lincoln, 2024), lo que refuerza la necesidad de un uso crítico y guiado de estas herramientas.

En el caso de la enseñanza de las ciencias experimentales, donde confluyen contenidos conceptuales complejos, razonamiento abstracto y resolución de problemas, resulta especialmente pertinente analizar qué herramientas de IA se están estudiando, con qué finalidades educativas y mediante qué diseños de investigación. Este tipo de análisis permite situar el debate entre potencialidades y limitaciones en términos empíricos: qué se investiga realmente, en qué materias, con qué poblaciones y con qué usos educativos (apoyo al profesorado, tutoría al alumnado, evaluación, etc.), así como qué beneficios y limitaciones se recogen en la literatura.

Desde esta perspectiva, una revisión de alcance centrada en las principales revistas españolas de DCE constituye una vía adecuada para describir el estado de la cuestión en el contexto nacional. Así, se puede mapear la producción científica reciente, identificando tendencias temáticas y metodológicas y señalando áreas poco exploradas que puedan orientar a futuras investigaciones. Por tanto, el presente trabajo se estructura con las siguientes preguntas de investigación (PI):

PI-1. ¿Cuál es la herramienta de IA más propuesta o analizada en la literatura?

PI-2. ¿Qué asignaturas son las más abordadas en las propuestas que incluyen herramientas de IA?

PI-3. ¿Qué tipo de trabajos se han propuesto, exploratorios o intervenciones?

PI-4. ¿Cuáles son los principales usos que se han investigado sobre las herramientas de IA en enseñanza de las ciencias y que potencialidades y limitaciones se han encontrado?

METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo el artículo se llevó a cabo una revisión de alcance siguiendo los principios PRISMA 2020. Las revisiones de alcance son especialmente indicadas cuando se quiere mapear la evidencia disponible hasta la fecha sobre un tema concreto, como es el caso de los chatbots en DCE en las revistas españolas.

Estrategia de búsqueda

Para llevar a cabo la revisión de alcance, se realizó una búsqueda en las cinco principales revistas del área de DCE en español como son: a) Revista Eureka de Enseñanza de las Ciencias; b) Enseñanza de las Ciencias c) Didáctica de las ciencias Experimentales y Sociales, d) Revista Ápice y e) Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Para poder incluir los artículos en esta revisión debían cumplir los siguientes requisitos: 1) estar publicados en las anteriores revistas en español o en portugués, 2) que su temática sea sobre herramientas de IA en alguna de las materias de la DCE y 3) estar publicado desde el año 2023 hasta el 2025, ambos inclusive. La elección del rango de fechas de búsqueda fue debida a que ChatGPT se presenta al público en noviembre de 2022 y es cuando alcanza relevancia pública el tema de la IA.

Estudios incluidos en la revisión de alcance

En total se analizaron 379 artículos. La Tabla 1 resume el proceso de búsqueda y los artículos que estudiaban algún aspecto sobre la IA aplicada a la DCE por cada una de las revistas y año.

Tabla 1. Estudios analizados por año y revista española en el campo de la DCE.

Revista	2023	IA*	2024	IA	2025	IA
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	41	0	42	0	37	1
Enseñanza de las ciencias	23	0	30	0	27	1
Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales	22	0	19	0	19	0
Ápice. Revista de Educación Científica (AREC)	14	0	13	0	13	0
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	26	0	25	1	28	0
Totales	**126**	**0**	**129**	**1**	**124**	**2**

*: Artículos que incluyen en su temática algún aspecto relacionado con la Inteligencia Artificial.

Caracterización de la literatura y codificación de los datos

Con el objetivo de responder a las preguntas de investigación, se realizó una lectura en profundidad de los trabajos seleccionados y se seleccionó la información de las siguientes categorías: 1) Referencia (autor y año de publicación) y nacionalidad de los autores; 2) Tipo de herramienta de IA que utilizaron; 3) Asignatura (Física, Química, Biología, Geología o STEM); 4) Tipo de estudio (Exploratorio o Intervención); 5) Etapa educativa (Infantil, Primaria, Secundaria, Universidad o apoyo a docentes); 6) principales contribuciones al campo de la DCE tras la aplicación de las herramientas de IA y principales beneficios y limitaciones encontrados en el uso de estas.

RESULTADOS

Datos descriptivos de los estudios a analizar. PI 1-3

La Tabla 2 recoge los principales aspectos de los trabajos analizados. En primer lugar, solo tres trabajos cumplieron los requisitos planteados en esta revisión. Uno del 2024 (Silva-Leite, 2024) y otros dos del 2025 (Bravo et al., 2025; Ortega-Torres, 2025), de los cuales, un trabajo fue publicado por un autor español, otro por uno brasileño y otro por autores argentinos. Por otra parte, como herramienta de IA, todos los trabajos utilizan chatbots, en concreto, ChatGPT (versiones 3.0 y 3.5) y, solo un trabajo también refiere Gemini 1.5. En cuanto a las asignaturas donde se analiza el desempeño de los chatbots, solo se encuentran trabajos en las especialidades de Física y Química. Todos los estudios son exploratorios, no encontrando intervención alguna. Tampoco se han hallado trabajos que analicen el uso de estas herramientas en primaria y secundaria. Dos trabajos son para apoyar a docentes y uno para apoyar a alumnos universitarios.

Tabla 2. Datos descriptivos de los artículos incluidos en la RS.

Referencia y país de los autores	Herramienta de IA y asignatura	Tipo de estudio	Etapa educativa y análisis del estudio
Bravo et al. (2025). Argentina	ChatGPT 3.5 en Física	Estudio exploratorio cualitativo	Universidad. Analizan el uso de ChatGPT en la resolución de problemas de inducción electromagnética en 8 grupos de trabajo, con un total de 70 estudiantes universitarios.
Ortega Torres (2025). España	ChatGPT 3.0 y Gemini 1.5 Flash en Física y Química (3.º ESO)	Estudio exploratorio comparativo	Apoyo a docentes en formación. Compara los criterios de corrección de exámenes aplicados por 105 docentes en formación con los utilizados por los chatbots analizados.
Silva-Leite (2024). Brasil	ChatGPT 3.5 en Química	Estudio exploratorio cualitativo	Apoyo a docentes. Analiza el desempeño de ChatGPT en la elaboración de planes de clase de Química, como herramienta de apoyo a la planificación docente.

Principales hallazgos de los estudios analizados. PI 4

Bravo et al. (2025) muestran que los chatbots pueden actuar como un apoyo en la resolución de problemas de inducción electromagnética, siempre que el alumnado los utilice de manera crítica y sea capaz de formular *prompts* adecuados; no obstante, los resultados evidencian que estas competencias todavía no están suficientemente desarrolladas en los alumnos. En la práctica, los estudiantes tienden a emplear los chatbots principalmente como fuentes de información, aceptando de forma acrítica las respuestas generadas y recurriendo a *prompts* cerrados y descontextualizados, lo que limita su potencial como herramienta para la construcción del conocimiento. Desde esta perspectiva, el estudio destaca la necesidad de formar al alumnado en el uso crítico de la IA.

Ortega-Torres (2025) muestra que la corrección de exámenes tradicionales de Física y Química realizada por chatbots presenta una alta semejanza con la efectuada por docentes en formación, aunque las herramientas de IA aplican los criterios de corrección con mayor rigor y tienden a asignar calificaciones ligeramente más altas. Este hallazgo pone de manifiesto el potencial de los chatbots como apoyo en los procesos de corrección, tanto para ofrecer retroalimentación individualizada al alumnado como para reducir la carga de trabajo docente. No obstante, los resultados también invitan a la cautela, ya que las elevadas dispersiones en las calificaciones y la falta de consenso en la interpretación de los criterios evidencian la baja fiabilidad de los exámenes tradicionales como instrumentos de evaluación, una limitación que la IA no consigue resolver por sí sola.

Silva-Leite (2024) muestra que ChatGPT es capaz de elaborar guías y planes de clase que pueden servir como apoyo inicial al profesorado de Química; sin embargo, también identifica importantes limitaciones, como contenidos incompletos, imprecisiones, incoherencias y referencias poco fiables.

Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de que los docentes supervisen críticamente las propuestas generadas por el chatbot y cuiden especialmente la formulación de los *prompts*. Aunque ChatGPT presenta un notable potencial para apoyar la planificación didáctica, su uso debe entenderse como complementario, ya que no resulta adecuado como fuente primaria de información y requiere ser contrastado con otras fuentes curriculares y científicas. El estudio concluye que ChatGPT no sustituye al profesorado y que este debe aprender a usarlo como una tecnología que potencia la inteligencia humana en la educación y no como un sustituto del juicio pedagógico en la enseñanza de las ciencias.

DISCUSIÓN

En relación con las preguntas de investigación planteadas, los resultados de esta revisión muestran que la presencia de investigaciones sobre el uso educativo de chatbots y herramientas de IA en las principales revistas españolas de DCE es, por el momento, muy limitada. A pesar de la creciente relevancia de la IA en el ámbito educativo desde 2023, únicamente se han encontrado tres trabajos que cumplan los criterios de inclusión establecidos. Este hallazgo resulta especialmente llamativo si se compara con la intensa producción internacional sobre el tema y con el discurso emergente que atribuye a los chatbots un elevado potencial en educación (Vasconcelos y dos Santos, 2023). Esta escasez adquiere mayor relevancia si se tiene en cuenta que la DCE ha sido históricamente un área pionera en la incorporación de tecnologías educativas (Bravo et al., 2025). Desde esta perspectiva, cabría esperar que la aparición de herramientas basadas en IA, estrechamente vinculadas a la dimensión tecnológica del enfoque STEM, hubiera generado un interés inmediato en la investigación iberoamericana en DCE.

Una posible explicación de esta "no irrupción" inicial de la IA en la literatura española de DCE puede encontrarse en los dilatados plazos de publicación característicos de las revistas científicas del área, lo que podría haber retrasado la aparición de investigaciones y hace razonable pensar que en los próximos años se produzca un incremento de publicaciones que reflejen un mayor interés por estas herramientas.

En cuanto a los usos educativos investigados, se observa un patrón común en los tres trabajos analizados: los chatbots se conciben fundamentalmente como herramientas de apoyo complementario, tanto para docentes como para alumnos. Sin embargo, los estudios también ponen de manifiesto limitaciones relevantes, como la presencia de errores conceptuales o imprecisiones o la tendencia del alumnado a aceptar de forma acrítica las respuestas generadas. Estos resultados son coherentes con lo expuesto en la literatura internacional, donde se reconoce el elevado potencial de los chatbots para apoyar la enseñanza, pero también se subrayan sus limitaciones cuando no se emplean de manera crítica (Wei et al., 2024, Calvo-Utrilla et al., 2025).

Además, los estudios coinciden en señalar que se necesita una formación específica en IA para conseguir un uso eficaz de estas herramientas, tanto para estudiantes como para docentes. Esta formación debería incluir competencias para formular prompts adecuados, evaluar críticamente las respuestas generadas y contrastar la información con otras fuentes. Las últimas habilidades pueden ser supuestas para profesores, pero no para alumnos, sobre todo en etapas primarias y secundarias. Este resultado es coherente con la literatura internacional (Dahlkemper et al., 2023), que destaca a la alfabetización en IA, los conocimientos específicos previos y al pensamiento crítico como condiciones indispensables para un uso responsable y eficaz de estas herramientas.

CONCLUSIÓN

Los resultados ponen de manifiesto la **necesidad de ampliar la investigación en el ámbito iberoamericano** sobre el uso de chatbots en la DCE. Esta necesidad resulta particularmente relevante en etapas no universitarias y en disciplinas científicas aún no exploradas, como la Biología o la Geología. Asimismo, se hace necesario investigar propuestas formativas que integren explícitamente la alfabetización en IA en la DCE, con el fin de promover usos críticos, responsables y didácticamente fundamentados de estas herramientas. De este modo, será posible favorecer una incorporación de la IA en la DCE alineada con las potencialidades reales de los chatbots y consciente de sus limitaciones epistemológicas y educativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Calvo-Utrilla, M., Paños, E. y Ruíz-Gallardo, JR. Chatbots in Science Education: A Scoping Review of Early Empirical Evidence. *J Sci Educ Technol* (2025). https://doi.org/10.1007/s10956-025-10260-x

*Bravo, B., Pérez, G., Inorreta, Y. y Jara, Y. (2025). Uso de inteligencia artificial generativa para resolver problemas de física en ingeniería. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *43*(3), 73–91. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6332

Dahlkemper, M. N., Lahme, S. Z. y Klein, P. (2023). How do physics students evaluate artificial intelligence responses on comprehension questions? A study on the perceived scientific accuracy and linguistic quality of ChatGPT. *Physical Review Physics Education Research*, *19*(1), 010142. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010142

Holmes, W., Persson, J., Chounta, I.-A., Wasson, B. y Dimitrova, V. (2022). Artificial intelligence and Education. A critical view through the lens of human rights, democracy, and the rule of law. *Council of Europe.*

Holmes, W. y Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, *57*(4), 542–570. https://doi.org/10.1111/ejed.12533

Li, T., Ji, Y. y Zhan, Z. (2024). Expert or machine? Comparing the effect of pairing student teacher with in-service teacher and ChatGPT on their critical thinking, learning performance, and cognitive load in an integrated-STEM course. *Asia Pacific Journal of Education*, *44*(1), 45–60. https://doi.org/10.1080/02188791.2024.2305163

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. y Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, *103*(4), 799–822. https://doi.org/10.1002/sce.21522

*Ortega-Torres, E. (2025). Criterios de corrección de exámenes tradicionales de Física y Química: docentes en formación frente a la inteligencia artificial. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, *22*(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i2.2302

Park, H. K. y Martin, S. N. (2024). Exploring the Role of ChatGPT in Science Education for Asia-Pacific and Beyond: a Systematic Review. *Asia-Pacific Science Education*, *10*(2), 233–264. https://doi.org/10.1163/23641177-bja10079

Sanders, T., Noetel, M., Parker, P., Del Pozo Cruz, B., Biddle, S., Ronto, R., Hulteen, R., Parker, R., Thomas, G., De Cocker, K., Salmon, J., Hesketh, K., Weeks, N., Arnott, H., Devine, E., Vasconcellos, R., Pagano, R., Sherson, J., Conigrave, J. y Lonsdale, C. (2023). An umbrella review of the benefits and risks associated with youths' interactions with electronic screens. *Nature Human Behaviour*, *8*(1), 82–99. https://doi.org/10.1038/s41562-023-01712-8

*Silva-Leite, B. (2024). Análise da inteligência artificial ChatGPT na proposição de planos de aulas para o ensino da química. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, *23*(3), 473–497.

Sperling, A. y Lincoln, J. (2024). Artificial intelligence and high school physics. *The Physics Teacher*, *62*(4), 314–315. https://doi.org/10.1119/5.0202994

Vasconcelos, M. A. R. y dos Santos, R. P. (2023). Enhancing STEM learning with ChatGPT and Bing Chat as objects to think with: A case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *19*(7), em2296. https://doi.org/10.29333/ejmste/13313

Wei, X., Wang, L., Lee, L.-K. y Liu, R. (2024). Multiple Generative AI Pedagogical Agents in Augmented Reality Environments: A Study on Implementing the 5E Model in Science Education. *Journal of Educational Computing Research*, *63*(2), 336–371. https://doi.org/10.1177/07356331241305519

Wörner, S., Kuhn, J. y Scheiter, K. (2022). The Best of Two Worlds: A Systematic Review on Combining Real and Virtual Experiments in Science Education. *Review of Educational Research*, *92*(6), 911–952. https://doi.org/10.3102/00346543221079417

Promover la argumentación mediante juegos de rol frente a problemas sociocientíficos: percepciones de los docentes en formación

Eugenia García García[1], Elena García Buitrago[1], Blanca A. García Yelo[1], Ricardo del Toro[1], Ana Cano-Ortíz[1], Vanessa Ortega-Quevedo[1]*

[1]Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Facultad de Educación-CFP. Universidad Complutense de Madrid

*Correspondencia: euggarci@ucm.es

RESUMEN: El desarrollo del pensamiento crítico y la argumentación constituye un objetivo central en la educación científica, especialmente cuando se trabaja con problemas sociocientíficos. Este estudio analiza la percepción de futuros docentes de Secundaria sobre una dinámica de juego de rol que plantea un problema sociocientífico en el marco de una Situación de Aprendizaje centrada en la elaboración de noticias para fomentar la alfabetización climática. La intervención se implementó con 30 estudiantes del Máster de Profesorado, quienes completaron un cuestionario compuesto por siete ítems tipo Likert, una valoración del uso personal de distintos tipos de argumentos y una pregunta sobre la viabilidad de implementar la actividad en cada curso. Los análisis identificaron dos dimensiones coherentes y altamente valoradas: Transferibilidad y Alfabetización/Comprensión. El alumnado consideró la dinámica especialmente viable a partir de 4.º de ESO y en Bachillerato. En cuanto a la argumentación, destacaron el uso de consecuencias sociales y ambientales, así como de contraargumentos. Los resultados evidencian el potencial del juego de rol para promover la argumentación y el análisis crítico en educación secundaria.

PALABRAS CLAVE: Argumentación; Pensamiento crítico; Problemas sociocientíficos; Juego de rol; Formación inicial profesorado

ABSTRACT: Developing critical thinking and argumentation is a central goal in science education, particularly when working with socioscientific issues. This study examines the perceptions of prospective secondary school teachers regarding a role-playing activity that presents a socioscientific problem within a Learning Situation focused on producing news pieces to foster climate literacy. The intervention was implemented with 30 students enrolled in a Master's Degree in Secondary Education Teaching, who completed a questionnaire consisting of seven Likert-type items, a self-assessment of their use of different types of arguments, and a question about the perceived viability of implementing the activity at each grade level. The analyses identified two coherent and highly valued dimensions: Transferability and Literacy/Understanding. Participants considered the activity particularly suitable from 4th year of ESO onwards and in Bachillerato. Regarding argumentation, they reported frequent use of social and environmental consequence-based arguments, as well as counterarguments. The findings highlight the potential of role-playing to promote argumentation and critical analysis of socio-environmental issues in secondary education.

KEYWORDS: Argumentation; Critical thinking; Socioscientific issues; Role-playing game; Initial teacher education

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del pensamiento crítico es una finalidad central de la educación científica contemporánea, especialmente en un contexto marcado por la abundancia de información, la incertidumbre y la necesidad de decisiones fundamentadas. Desde una perspectiva educativa, implica analizar evidencias, evaluar argumentos y justificar posiciones de manera razonada (Davies, 2015), lo que requiere experiencias de aprendizaje basadas en problemas complejos y abiertos. En este sentido, los problemas

sociocientíficos (SSI, por sus siglas en inglés) se han consolidado como un enfoque didáctico clave para promover la alfabetización científica y la toma de decisiones informadas. Los SSI permiten integrar conocimientos científicos con consideraciones éticas, sociales y ambientales, favoreciendo la comprensión de la complejidad de los fenómenos socioambientales. Investigaciones recientes muestran que trabajar con SSI impulsa el uso de modelos múltiples y el razonamiento fundamentado en contextos de incertidumbre (Ke et al., 2021), mejorando la capacidad argumentativa del alumnado (Martini et al., 2021). Asimismo, se ha evidenciado que el profesorado en formación desarrolla un razonamiento informal más elaborado y decisiones más justificadas cuando aborda SSI vinculados a la sostenibilidad (Cruz Lorite et al., 2023).

Entre las metodologías activas asociadas a los SSI, los juegos de rol destacan por su potencial para promover la argumentación, la adopción de perspectivas diversas y la toma de decisiones en contextos controvertidos. La investigación ha mostrado que el *juego de rol* facilita que el alumnado explore posiciones contrapuestas, evalúe evidencias y negocie significados en torno a dilemas socioambientales relacionados en el cambio climático (Belova et al., 2015). En el caso del profesorado en formación, estas dinámicas permiten analizar modos de razonamiento informal y comprender cómo se construyen y justifican las decisiones en situaciones complejas (Evagorou & Osborne, 2013).

Finalmente, en un contexto global marcado por crisis socioambientales, se ha subrayado la necesidad de preparar al profesorado para gestionar debates complejos y facilitar procesos argumentativos en el aula. La educación basada en SSI ofrece oportunidades valiosas, pero también plantea desafíos que requieren reflexión crítica y formación específica (Ozcan-Ermis & Hervé, 2023). En este sentido, el objetivo de este estudio exploratorio es analizar las percepciones del profesorado en formación sobre el potencial del juego de rol para promover la argumentación en torno a problemas sociocientíficos y valorar su viabilidad en la enseñanza de las ciencias, contribuyendo así a comprender mejor cómo estas dinámicas pueden apoyar una educación científica orientada a la ciudadanía.

METODOLOGÍA

Diseño, Contexto e Intervención

Se trató de un estudio de caso único que se desarrolló en el marco de una Situación de Aprendizaje (SdA) orientada a trabajar la alfabetización climática mediante el análisis crítico de noticias científicas y la participación en un juego de rol. La intervención se realizó 30 estudiantes del Máster de Profesorado de Secundaria de la Universidad Complutense de Madrid de la especialidad Biología-Geología.

La SdA se centró en el trabajo con noticias científicas basadas en sucesos reales vinculados con el cambio climático (fusión del permafrost, degradación de turberas tropicales, incendios recurrentes). Tras elaborar una noticia propia como "reporteros climáticos", el alumnado participó en un juego de rol que simulaba un conflicto socioambiental relacionado con la posible instalación de una industria vegetal en un entorno rural de alto valor ecológico. cuya principal singularidad era la presencia de una turbera milenaria. Los participantes asumieron roles con intereses contrapuestos (industria, activistas, responsables municipales, familias, agricultores, Confederación Hidrográfica, personal técnico-científico y servicios de emergencia). La dinámica tuvo una duración aproximada de dos horas.

Instrumento

Tras la actividad, el alumnado respondió un cuestionario compuesto por:

- Siete ítems tipo Likert (1–5) que evaluaban:

  Identificación de sesgos y debilidades argumentativas (Arg_sesgos)

  Influencia del rol en la comprensión de la posición defendida (Comp_rol)

  Estructura del juego y construcción argumentativa (Arg_estructura)

  Potencial del juego para trabajar la argumentación científica (Trans_potencial)

  Viabilidad de la dinámica en secundaria (Trans_viable)

Comprensión de la multidimensionalidad de los problemas socioambientales (Alf_multi)

Valoración de la escucha de actores con intereses divergentes (Alf_escucha)

- Además, se incluyó una escala (0–5) para valorar la percepción del uso personal de los distintos tipos de argumentos durante el debate (datos, ejemplos, apelaciones éticas, consecuencias sociales, consecuencias ambientales, contraargumentos y otros).
- Un ítem en el que debían valorar, para cada curso de ESO y Bachillerato, si consideraban viable implementar la dinámica del juego de rol.

Análisis de datos

Se exploraron de manera deductiva posibles agrupaciones conceptuales de los ítems, y su consistencia interna se evaluó mediante coeficientes de correlación de Spearman utilizando SPSS Statistics (v.29). Además, se calcularon medias, desviaciones típicas y porcentajes de respuesta de todos los ítems.

RESULTADOS

El análisis de correlaciones entre ítems permitió agruparlos en dos dimensiones conceptualmente coherentes: *Transferibilidad y Alfabetización/Comprensión*. Ambas presentaron medias elevadas y desviaciones típicas bajas, lo que indica una valoración muy positiva y homogénea del juego de rol como recurso didáctico.

Dimensión 1: Transferibilidad

La dimensión de Transferibilidad recoge la percepción del alumnado sobre la utilidad didáctica del juego para desarrollar la argumentación en el aula y su factibilidad para ser implementado en el aula. Se construyó a partir de dos ítems: *Trans_potencial* y *Trans_viable*. Los dos ítems presentaron una alta correlación ($r = 0{,}714$, $p < 0{,}001$). Dado que la dimensión está compuesta por dos ítems, la fiabilidad se estimó mediante el coeficiente Spearman-Brown, obteniéndose un valor de 0,83, considerado muy bueno.

Los descriptivos ($M = 4{,}12$; $DT = 0{,}99$; rango = 1,50–5,00) muestran una percepción positiva y consistente del alumnado, que consideró el juego aplicable y útil para el desarrollo de la argumentación científica en contextos de secundaria.

Dimensión 2: Alfabetización/Comprensión

La dimensión de Alfabetización/Comprensión hace referencia a la percepción del alumnado sobre la capacidad del juego para favorecer tanto la alfabetización climática como la escucha activa en el aula. Se construyó a partir de dos ítems: *Alf_multi* y *Alf_escucha*. La correlación entre ambos fue moderada y significativa ($r = 0{,}552$, $p = 0{,}002$), lo que indica una asociación adecuada entre los ítems. Dado que la dimensión está compuesta por dos ítems, la fiabilidad se estimó mediante el coeficiente Spearman-Brown, obteniéndose un valor de 0,71, considerado bueno.

Los estadísticos descriptivos de la dimensión fueron: $M = 4{,}63$, $DT = 0{,}52$, con un rango observado de 3,00 a 5,00 y sugieren que el alumnado percibió el juego como efectivo para desarrollar tanto la comprensión de la complejidad de problemas socioambientales como la capacidad de considerar diferentes perspectivas.

Correlación entre dimensiones

Las dos dimensiones correlacionaron de forma moderada y significativa ($r = 0{,}518$, $p = 0{,}003$), lo que indica que el alumnado que percibe el juego como transferible al aula también tiende a valorar positivamente su capacidad para favorecer la alfabetización climática y la comprensión de la complejidad socioambiental. No obstante, la correlación no es tan alta como para sugerir solapamiento, lo que sugiere que ambas dimensiones captan aspectos complementarios de la experiencia.

Ítems analizados de forma independiente

Tres ítems no mostraron correlaciones suficientes con otros indicadores como para formar dimensiones estables, por lo que se analizaron de manera independiente:

- Arg_estructura: media 4,07; DT 0,94; 76,7% de respuestas altas. La elevada variabilidad sugiere diferencias en la percepción de la complejidad argumentativa.
- Comp_rol: media 4,10; DT 0,96; 73,3% de respuestas altas. Se interpreta como un indicador experiencial de implicación en el rol, no cognitivo.
- Arg_sesgos: media 4,20; DT 0,61; 90% de respuestas altas. Aunque bien valorado, no mostró correlaciones consistentes con Arg_estructura.

Descriptivos por ítem

Los siete ítems del cuestionario muestran valoraciones globalmente positivas por parte del alumnado, con medias comprendidas entre 4,07 y 4,77 sobre 5. El porcentaje de respuestas altas (4–5) oscila entre el 73,3% y el 96,7%, lo que indica una percepción mayoritariamente favorable del juego de rol. La Tabla 1 resume los descriptivos principales.

Tabla 1. Medias, desviaciones típicas y porcentaje de respuestas 4–5 por ítem

ÍTEM	MEDIA	DT	% 4 ó 5
Arg_sesgos	4,20	0,610	90,0
Arg_estructura	4,07	0,944	76,7
Comp_rol	4,10	0,960	73,3
Alf_multi	4,77	0,504	96,7
Alf_escucha	4,50	0,682	96,7
Trans_potencial	4,13	1,042	80,0
Trans_viable	4,10	1,094	83,3

En cuanto a su consideración de implementación en base al curso los datos indican que el alumnado percibe 1º de ESO como un nivel demasiado inicial para una actividad argumentativa compleja (solo el 23,3% lo selecciona), mientras que a partir de 3º de ESO (56,7%) la viabilidad aumenta de forma notable. El consenso es especialmente alto en 4º de ESO (90%) y 1º de Bachillerato (100%), lo que sugiere que consideran que la madurez cognitiva y discursiva de estos niveles encaja mejor con la dinámica. En 2º de Bachillerato, aunque el 70% lo ve viable, la ligera caída podría relacionarse con la carga académica percibida en ese curso.

En relación con los tipos de argumentos que el alumnado percibió haber utilizado (Tabla 2), los porcentajes en el nivel alto (4–5) muestran una presencia especialmente frecuente de las consecuencias sociales (76,7%) y ambientales (73,4%) con una media de 4,03 y 3,87 respectivamente, seguidas de los contraargumentos (63,3%) y las apelaciones éticas (60%) con medias de 3,90 y 3,37. Por otro lado, los tipos de argumentos menos utilizados según los estudiantes son los datos (43,4%) y los ejemplos (46,7%) con medias de 3,07 y 3,00.La categoría “otros” presenta el uso percibido más bajo en ambos indicadores (16,7%, media de 1,37).

Tabla 2. Porcentajes de los tipos de argumentos que el alumnado percibió haber utilizado durante el juego de rol

TIPO DE ARGUMENTO	BAJO (0–1)	MEDIO (2–3)	ALTO (4–5)	MEDIA	DT
Datos	10%	46,6%	43,4%	3,07	1,46
Ejemplos	13,3%	40%	46,7%	3,00	1,34
Apelaciones éticas	16,6%	23,3%	60%	3,37	1,73
Consecuencias sociales	3,3%	20%	76,7%	4,03	1,19
Consecuencias ambientales	13,3%	13,3%	73,4%	3,87	1,65
Contraargumentos	3,3%	33,4%	63,3%	3,90	1,24
Otros	60%	23,3%	16,7%	1,37	1,77

DISCUSIÓN

Potencial didáctico y viabilidad percibida

El profesorado en formación valoró el juego de rol como un recurso eficaz para trabajar la argumentación en torno a un conflicto socioambiental complejo (dimensión 1), así como recurso para trabajar la alfabetización climática y la escucha activa (dimensión 2). Las respuestas muestran una percepción coherente entre el potencial educativo de la dinámica y su viabilidad en el aula, lo que indica que el alumnado no solo reconoce su utilidad para promover el debate, sino que también la considera aplicable en contextos reales de secundaria. La identificación de 3.º–4.º de ESO y Bachillerato como niveles óptimos refleja una valoración ajustada a la madurez cognitiva necesaria para participar en debates con múltiples actores e intereses. Este reconocimiento coincide con investigaciones que destacan el papel del juego de rol en la exploración de controversias científicas y en la construcción de argumentos más elaborados (Belova et al., 2015).

Comprensión de la complejidad socioambiental y alfabetización climática

La dinámica favoreció especialmente la comprensión de la multidimensionalidad del problema planteado como sugieren los resultados. Aunque el conflicto no se presenta explícitamente como "climático", el alumnado identificó que decisiones locales —como la desecación de la turbera por extracción de agua o su combustión en incendios— tienen consecuencias directas sobre la liberación de carbono acumulado durante milenios lo que contribuye al incremento del efecto invernadero y por tanto al cambio climático. Esta conexión entre procesos ecológicos, impactos climáticos y decisiones socioeconómicas es un componente central de la alfabetización climática crítica. La coherencia entre este reconocimiento multidimensional de la situación planteada y la valoración de la escucha de actores divergentes sugiere que el juego de rol ayudó a integrar perspectivas científicas, sociales y éticas, tal como señalan estudios sobre SSI (Ke et al., 2021). Aunque la alfabetización climática se evaluó mediante un único ítem, su formulación y su alineación con la SdA permiten interpretarlo como un indicador sólido de comprensión socioambiental compleja.

Procesos argumentativos y diversidad de experiencias

El alumnado coincidió en que la dinámica facilitó identificar sesgos, intereses contrapuestos y debilidades argumentativas, lo que sugiere que el juego de rol actuó como un espacio para confrontar posiciones y analizar la calidad de los argumentos, en línea con lo descrito en debates SSI (Evagorou & Osborne, 2013). Sin embargo, la percepción sobre la estructura del juego y la influencia del rol en la comprensión de la postura defendida fue más diversa, probablemente debido a diferencias individuales en la experiencia previa con la argumentación, la afinidad con el rol asignado o la incomodidad al

hablar en público, algo habitual en controversias científicas. Algunos participantes incluso proyectaron cómo podrían sentirse sus futuros estudiantes en situaciones similares, lo que refuerza la necesidad de acompañar estas metodologías con apoyos que faciliten la participación equitativa.

En cuanto al uso percibido de argumentos, el alumnado señaló haber recurrido a una variedad de ellos, destacando especialmente los vinculados a consecuencias sociales y ambientales, muy coherentes con el contexto del conflicto planteado (familias afectadas, empleo, conservación de la turbera, impactos ecológicos). Esta diversidad refleja tanto su formación científica como lo trabajado durante la SdA. Aunque las medias más elevadas correspondieron a los argumentos basados en datos y ejemplos, la observación directa de la dinámica mostró que estos no siempre se incorporaron de forma explícita en las intervenciones orales, sino que en varios casos quedaron en un segundo plano frente a formulaciones más generales. Este desajuste entre la percepción del alumnado y el uso real de evidencias es habitual en actividades de juego de rol, donde la presión por defender una postura puede llevar a priorizar la coherencia discursiva sobre la fundamentación empírica. Este patrón, ampliamente descrito en el razonamiento informal en SSI (Evagorou & Osborne, 2013), refuerza la necesidad de seguir promoviendo el uso explícito de datos y ejemplos incluso en contextos simulados, con el fin de favorecer una argumentación más sólida en futuros debates.

En conjunto, los resultados de este estudio exploratorio muestran que el juego de rol favorece la argumentación, la comprensión de la complejidad socioambiental y la identificación de impactos climáticos asociados a decisiones locales. Al mismo tiempo, evidencian la necesidad de seguir fortaleciendo el uso de evidencia científica y la estructuración argumentativa, especialmente en un contexto educativo que exige preparar al profesorado para gestionar la incertidumbre y la diversidad de perspectivas propias de los SSI. En esta línea, diversos autores subrayan que la formación docente debe capacitar para facilitar debates complejos y promover un razonamiento crítico fundamentado (Cruz Lorite et al., 2023; Ozcan-Ermis & Hervé, 2023).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Belova, N., Eilks, I., & Feierabend, T. (2015). The evaluation of role-playing in the context of teaching climate change. *International Journal of Science and Mathematics Education, 13*, 165–190. https://doi.org/10.1007/s10763-013-9477-x

Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C., & Evagorou, M. (2023). Analysis of the Informal Reasoning Modes of Preservice Primary Teachers When Arguing about a Socio-Scientific Issue on Nuclear Power during a Role Play. *Sustainability, 15*(5), 4291. https://doi.org/10.3390/su15054291

Davies, M. (2015). A model of critical thinking in higher education. En *Educación Superior: Manual de Teoría e Investigación: Volumen 30* (pp. 41-92). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12835-1_2

Evagorou, M., & Osborne, J. (2013). Exploring young students' collaborative argumentation within a socioscientific issue. *Journal of research in science teaching*, *50*(2), 209-237. https://doi.org/10.1002/tea.21076

Ke, L., Sadler, T.D., Zangori, L. *et al.* Developing and Using Multiple Models to Promote Scientific Literacy in the Context of Socio-Scientific Issues. *Sci & Educ* 30, 589–607 (2021). https://doi.org/10.1007/s11191-021-00206-1

Martini, M., Widodo, W., Qosyim, A., Mahdiannur, M. A., & Jatmiko, B. (2021). Improving undergraduate science education students' argumentation skills through debates on socioscientific issues. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *10*(3), 428-438. DOI: 10.15294/jpii.v10i3.30050

Ozcan-Ermis, G., Hervé, N. Identifying Pre- and In-service Teachers' Stances on Teaching Socioscientific Issues: A Systematic Review of Empirical Studies. *Can. J. Sci. Math. Techn. Educ.* 23, 741–764 (2023). https://doi.org/10.1007/s42330-023-00306-w

La competencia digital y el pensamiento crítico del profesorado de educación primaria en formación

M. Francisca Petit[1] *y Jordi Solbes*

[1] Departament Didàctica de les ciències experimentals i socials, Universitat de València, España
* Correspondencia: M.Francisca.Petit@uv.es

RESUMEN: El presente trabajo se centra en el análisis del uso del pensamiento crítico en la búsqueda de información científica en internet por parte del alumnado de magisterio de primaria. El objetivo es determinar si los estudiantes poseen las habilidades necesarias para desenvolverse en un entorno digital complejo, en el que conviven fuentes de información rigurosas con contenidos pseudocientíficos o poco fiables. Para determinar de una manera inicial el desempeño del profesorado de educación primaria en formación con las herramientas digitales y la gestión de la información, se propone a estudiantado de 2º de grado en educación primaria una actividad de análisis de información científica en internet sobre la influencia de la Luna. El estudio indica que el alumnado no elige en base a criterios científicos de fiabilidad de las fuentes. Por otro lado, los resultados obtenidos denotan la dificultad para aceptar criterios científicos frente a creencias, tradiciones y pseudociencias en la influencia de la Luna en la agricultura.

PALABRAS CLAVE: competencia digital; desinformación; pensamiento crítico; competencia ciudadana; influencia de la luna

ABSTRACT: This work focuses on analyzing the use of critical thinking in the search for scientific information on the internet by primary education teacher-training students. The aim is to determine whether students possess the necessary skills to navigate a complex digital environment in which rigorous information sources coexist with pseudoscientific or unreliable content. To obtain an initial understanding of the performance of prospective primary school teachers in relation to digital tools and information management, second-year primary education students are assigned an activity involving the analysis of online scientific information about the influence of the Moon. The study indicates that students do not select information based on scientific criteria regarding the reliability of sources. Furthermore, the results show the difficulty in accepting scientific criteria over beliefs, traditions, and pseudoscience concerning the Moon's influence on agriculture.

KEYWORDS: digital competence; disinformation; critical thinking; civic competence; influence of the Moon.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de información en internet se ha convertido en una práctica habitual en la vida cotidiana de la población en general y del profesorado en su desempeño en particular. Diversos estudios señalan que internet constituye una de las principales fuentes de información para la ciudadanía (CIS, 2017). La generalización de los dispositivos móviles y de los teléfonos inteligentes a partir del lanzamiento por Apple en 2007 del primer IPhone ha intensificado este fenómeno, permitiendo que la consulta de información se realice en cualquier momento y lugar. Este acceso permanente ha ampliado las oportunidades de aprendizaje autónomo y ha transformado la manera en que las personas interactúan con el conocimiento. Sin embargo, esta misma accesibilidad plantea nuevos retos relacionados con la calidad, fiabilidad y veracidad de los contenidos disponibles en la red.

Uno de los principales problemas asociados al entorno digital es la proliferación de información falsa o pseudocientífica, que a menudo aparece en páginas web con una apariencia similar a la de los contenidos científicos legítimos. Este tipo de información suele basarse en creencias, mitos o interpretaciones erróneas, pero se presenta utilizando un lenguaje técnico o científico que puede resultar convincente para el público general. Con frecuencia, se recurre a términos procedentes de disciplinas complejas

—como la física cuántica o determinados conceptos químicos— con el fin de dotar de credibilidad a afirmaciones que carecen de fundamento empírico (Solbes, Palomar y Domínguez-Sales, 2018). Y esto está empezando a desarrollar en la ciudadanía, particularmente en los jóvenes, un aumento de la desconfianza y escepticismo hacia la ciencia (Cerruti, 2026).

Por ello, nos planteamos las siguientes preguntas: ¿Es el profesorado de educación primaria en formación capaz de seleccionar fuentes de información adecuadas? ¿Qué criterios utilizan los estudiantes para seleccionar las fuentes de información que emplean en sus trabajos?

MARCO TEÓRICO

Un ejemplo significativo de desinformación son las pseudociencias de la salud, como la homeopatía, la acupuntura o las influencias de la Luna (en partos, enfermedades, agricultura y un largo etc.). A pesar de la ausencia de evidencia científica que respalde su eficacia, estas prácticas cuentan con un notable grado de aceptación social. Estudios sobre percepción social de la ciencia muestran que algunas pseudoterapias reciben valoraciones relativamente elevadas en cuanto a su grado de cientificidad. En una encuesta realizada por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, disciplinas como la homeopatía o la acupuntura obtuvieron puntuaciones medias en torno a 2,8 en una escala de 1 a 5, valores que incluso superan los asignados a campos académicos como la historia o la economía (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2017). Estos resultados evidencian la existencia de una confusión social entre conocimiento científico y pseudocientífico, lo que refuerza la necesidad de desarrollar competencias críticas en la ciudadanía.

Para abordar estos desafíos de desinformación y posverdad resultan imprescindibles la alfabetización digital y la científica, ya que como señala la UNESCO (2021): “La alfabetización científica puede ser un amortiguador eficaz frente a los movimientos anticientíficos que buscan sembrar dudas en la opinión pública difundiendo información que saben que es falsa”. Sin embargo estas no son suficientes si no van acompañadas por un pensamiento crítico, entendido como la capacidad de analizar información, evaluar evidencias y tomar decisiones fundamentadas, que se desarrolla especialmente al abordar cuestiones sociocientíficas (Torres y Solbes, 2016; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022)

Ante esta situación, el sistema educativo desempeña un papel clave en la formación de estudiantes capaces de desenvolverse de manera crítica en el entorno digital. Los cambios en la disponibilidad y la naturaleza de la información obligan a replantear las habilidades tradicionales relacionadas con la búsqueda, selección y uso de información, siendo necesario desarrollar nuevas estrategias para evaluar la fiabilidad de los contenidos disponibles en internet (Hernández y Fuentes, 2011). En este sentido, los currículos educativos actuales incorporan objetivos vinculados a la competencia digital, que incluyen la capacidad de localizar información científica contrastada, registrarla adecuadamente y gestionarla mediante herramientas digitales y al pensamiento crítico. Es por ello, que el profesorado en formación, que será quien velará por la consecución de estas competencias en su alumnado, ha de aprender dichas habilidades. Un mayor énfasis en el pensamiento crítico en la formación docente incrementará el énfasis en el pensamiento crítico en la educación primaria y secundaria; lo que puede conducir a un mayor uso del pensamiento crítico en la sociedad (Williams, 2005).

El presente trabajo tienen como objetivo analizar hasta qué punto se realiza una selección crítica de las fuentes de información y la validez de los contenidos producidos.

METODOLOGIA

Se ha utilizado una muestra de conveniencia de estudiantes de segundo año de Magisterio de Primaria (N=31), tras cursar la asignatura de Ciencias Naturales para Maestros de 9 ECTS que puede abordar las Influencias de la Luna en el tema La Tierra en el Universo. La muestra se vio reducida por la DANA de 2025. Se les ha plantea la siguiente actividad (tabla 1), que ya había sido validada por expertos y utilizada por alumnado de secundaria como ensayo piloto. Se ha elegido esta CSC sobre la Luna porque un elevado porcentaje de estudiantes de magisterio (49.8%) consideraban que la fase de la Luna puede

afectar, en cierta medida, varios factores como la salud, el nacimiento de hijos o determinadas tareas agrícolas. Se les propone que elijan entre dos textos: A es un Proyecto de Graduación de 25 pág. de una institución privada, la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (Cornejo y Barahona, 2021) y B un artículo publicado en una importante revista científica (Mayoral et al., 2020). Es curioso que el trabajo A cite al B, pero solo en lo que concierne a datos astronómicos sobre la Luna, no en su crítica a las influencias de la misma. Elegimos ese procedimiento, porque antes se les pedía que buscasen en Google, pero ahora la IA Gemini responde favorablemente a dicha influencia, añadiendo al final: "Aunque parte de la agricultura ecológica y biodinámica se basa en estos ciclos, es importante destacar que la evidencia científica rigurosa es limitada".

Tabla 1. Actividad propuesta.

La cultura popular es la herencia de aprendizajes de vida. Ya vimos que el conocimiento de la astronomía podía servir para "medir" tiempos y establecer regularidades y patrones. Pero ¿siguen influyendo esos patrones en la cultura actual? Veamos. Os dejo dos artículos que argumentan la idea de la influencia de la Luna en la agricultura. Leedlos y elegid uno para responder el cuestionario.

A) https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f44b7816-1ba8-4ef7-89ff-8e577f2ed424/content

B) https://www.mdpi.com/2073-4395/10/7/955 (esté está en inglés pero Google os lo traduce al castellano)

Responde a las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué artículo has elegido?
2. ¿Qué argumentos se proponen en el artículo a favor de la influencia de la Luna en la agricultura?
3. ¿Qué argumentos se proponen en el artículo en contra de la influencia de la Luna?
4. Escribe tu opinión con respecto a las conclusiones del artículo. (NOTA: te pido una opinión personal y crítica sobre lo que has leído).

RESULTADOS

A continuación se analizan cuantitativa y cualitativamente los resultados obtenidos en cada una de las preguntas.

¿Qué artículo has elegido?

Existe una gran preferencia por el Artículo A. Esta elección es fundamental, ya que el Artículo A tiene un enfoque agronómico/empírico, favorable a las influencias de la Luna, mientras que el B tiene un enfoque científico/escéptico para cuestionarlas, lo que marcará el tono del resto de respuestas.

- Artículo A: 80.6% (25 estudiantes)
- Artículo B: 19.4% (6 estudiantes)

Así, este resultado denota la falta de investigación sobre la fuente aportada. El alumnado no ha elegido en base a un criterio contrastado y posiblemente ha influido en su elección el sesgo de confirmación.

¿Qué argumentos se proponen a favor de la influencia de la luna?

En esta pregunta, el alumnado expone la información extraída de su lectura. Se observa una división clara: los lectores del artículo agronómicos encuentran argumentos favorables empíricos, mientras que los lectores del artículo de física señalan la ausencia de estos, salvo 2 que se quedan con los argumentos a favor de la influencia de la Luna (Tabla 2).

Tabla 2. Argumentos a favor

Alineación de la respuesta	Recuento	Porcentaje
La Luna influye (Citan argumentos a favor presentes en el texto)	27	87,1
La Luna no influye (Indican que el texto desmiente los argumentos a favor)	4	12,9
Ambas / Ninguna	0	0

Algunos fragmentos representativos:

Alineado con "La luna influye" (Argumento Fisiológico / Gravedad): "La luna y su fuerza afecta a cómo se reparten los nutrientes en la planta [...] durante las fases de luna llena y cuarto creciente, la savia tiende a recorrer las partes ascendentes."

Alineado con "La luna influye" (Argumento Empírico / Resultados): "Se han comprobado estos efectos en una serie de cultivos [...] en la lechuga sembrada en cuarto menguante se pudo ver un mayor peso foliar y radicular."

Alineado con "La luna no influye" (Refutación desde la Física): "Tras una revisión de diversos manuales [...] no se han encontrado argumentos suficientes que demuestren que la fuerza gravitatoria de la Luna tenga la capacidad suficiente para influir y provocar todo lo que se le atribuye."

¿Qué argumentos se proponen en contra de la influencia de la luna?

Prácticamente la totalidad de la muestra encuentra y expone argumentos en contra (Tabla 3). El texto agronómico también menciona otros factores, y el texto científico la descarta incluso con cálculos a partir de la gravedad y luminosidad.

Tabla 3. Argumentos en contra

Alineación de la respuesta	Recuento	Porcentaje
"La Luna no influye" (Citan refutaciones empíricas o físicas)	29	94
Ninguna (Afirman que el texto no aporta argumentos en contra)	2	6
Ambas / Influye	0	0

En este caso las respuestas se argumentan en base a factores físicos (26 personas utilizan este argumento) y a una multicausalidad de variables no controladas en el experimento (23 personas lo incluyen en su respuesta, de las que 19 también utilizan el argumento físico):

Alineado con "La luna no influye" (Falta de impacto físico - Lectores Art. b): "El efecto de marea que la luna provoca es unas mil veces menor que el que es producido por un objeto de 1kg a 1m de distancia [...] la luz de la luna llena es 128.000 veces más débil que la solar."

Alineado con "La luna no influye" (Multicausalidad agronómica - Lectores Art. A): "Se reconocen variables como el clima, las plagas, la fertilización… que afectan con más fuerza que las fases lunares. [...] la variable de rendimiento total (expresada en kg/ha) no evidenció un efecto concluyente."

Alineado con "Ninguna" (Minimización): "No se proponen argumentos en contra más allá de aclarar que los resultados obtenidos también pueden ser consecuencia de otras variables."

Escribe tu opinión con respecto a las conclusiones del artículo.

Esta pregunta es el núcleo del análisis crítico. A pesar del resultado de la cuestión anterior, la mayoría opta por una postura conciliadora ("Ambas"), aceptando la tradición y ciertos indicios biológicos, pero supeditándolos a la ciencia moderna y al control de variables agronómicas (clima, suelo, plagas).

Tabla 4. Opinión sobre conclusiones

Alineación de la respuesta	Recuento	Porcentaje
Ambas opciones (Influye de forma complementaria/secundaria)	19	61,3
"La Luna no influye" (Escepticismo total, pseudociencia)	9	29
"La Luna influye" (Convencimiento basado en el estudio)	2	6,5
Ninguna (Crítica metodológica al propio texto)	1	3,2

Se exponen algunos fragmentos representativos de estas respuestas:

Alineado con "Ambas opciones" (La luna como factor complementario pero no decisivo): "La luna sí que puede llegar a influir en el crecimiento de dichas plantas, pero sin llegar a ser el factor determinante, creo que debe considerarse como algo complementario, pero el clima en el cual crece cada planta, el suelo [...] influyen de manera más importante."

Alineado con "La luna no influye" (Pensamiento crítico y rechazo al mito): "Es crucial entender y reconocer que no hay evidencias científicas que respalden la idea de que la luna afecte [...] el problema surge cuando estas creencias son presentadas como si se tratara de verdades científicas, ya que eso puede generar confusión."

Alineado con "La luna influye" (Validación empírica y tradicional): "Se ha demostrado con investigaciones y experimentos, por lo tanto, la luna influye en la Tierra en ciertos factores. [...] Es destacable ver cómo el artículo trata de dar base científica a lo que muchos agricultores hacen por tradición."

Alineado con "Ninguna" (Crítica al artículo): "Como crítica al artículo me ha parecido que no resuelve muchas dudas, ha cogido ideas sueltas pero sin llegar a demostrarlas al 100%; a mi parecer el autor debería haberse posicionado."

En ningún caso se utilizan argumentos relacionados con la calidad del trabajo, la publicación o la revisión por pares. Parte del alumnado reconoció que utilizó IA para resumir artículos y extraer argumentos. Conviene señalar que Gemini se alinea con la defensa de la influencia de la Luna afirmando: "La creencia tradicional sostiene que las fases de la Luna influyen en la agricultura principalmente a través del movimiento de la savia y la intensidad de la luz nocturna. Según esta visión, la atracción gravitacional lunar afecta los fluidos internos de las plantas de forma similar a las mareas oceánicas."

CONCLUSIONES

Encontramos que los futuros docentes eligen mayoritariamente (80.6%) el primer documento frente al artículo científico, porque priman el sesgo de confirmación antes que la evidencia científica. La mayoría (90.3 %) dan argumentos a favor de las influencias de la Luna. Cuando se les piden en contra también los dan (93,5 %), pero cuando se les pide una conclusión argumentada muchos optan por una posición conciliadora (61.2%) y son pocos (29.0%) los que se manifiestan críticamente en contra. Esto es lo que suele suceder en las controversias en las que se contraponen dos posturas, una científica y la otra no, el falso equilibrio da alas a la no científica (Solbes, 2019).

En general, el futuro profesorado de educación primaria, no cuenta con las herramientas metodológicas y conceptuales necesarias para seleccionar y evaluar fuentes de información fiables, lo que puede dar lugar a resultados incompletos o poco rigurosos cuando utilizan internet como recurso para la elaboración de trabajos científicos. Esto pone de manifiesto la necesidad de formarles en pensamiento crítico y en competencia digital, que les permita distinguir si la información está basada en evidencias.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo forma parte del proyecto PID2022- 142019OB-I00 (formaprofe4), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cerruti,G. (2026). Education matters: the emergence of social media and scepticism towards science. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 97, 127–157. https://doi.org/10.1111/apce.70005

CIS (2017). 3. Derechos de la ciutadania ante las nuevas tecnologías. *Anuario CIS*. http://datos.cis.es/anuarios/2017/3Febrero/3FEBRERO.pdf

Cornejo, M.J. y Barahona, A.G. (2021). *Fases lunares y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de cultivos orgánicos de frijol, lechuga y remolacha.* Proyecto de Graduación. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2017). *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2016* https://www.fecyt.es/publicaciones/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-en-espana-2016

Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2022). Educating Critical Citizens to Face Post-truth: The Time Is Now. En B. Puig y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.). *Critical thinking in Biology and Environmental Education. Facing Challenges in a Post-truth World*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92006-7

Hernández Serrano, M. J., & Fuentes Agustí, M. (2011). Aprender a informarse en la red: ¿son los estudiantes eficientes buscando y seleccionando información?. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, *12*(1), 47–78. https://doi.org/10.14201/eks.7823

Mayoral, O., Solbes, J., Cantó; J. y Pina, T. (2020). What Has Been Thought and Taught on the Lunar Influence on Plants in Agriculture? Perspective from Physics and Biology. *Agronomy* 10(7), 955; https://doi.org/10.3390/agronomy10070955

Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta contra las pseudociencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 46, 81-99. https://doi.org/10.17227/ted.num46-10541

Solbes, J., Palomar, R. y Dominguez, M.C (2018). To what extent do pseudosciences affect teachers? A look at the mindset of science teachers in training *Mètode Science Studies Journal*, 8, 188-195. https://doi.org/10.7203/metode.8.9943

Torres, N. y Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las ciencias*, 34(2), 43-65. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1638

Williams, R. L. (2005). Targeting critical thinking within teacher education: The potential impact on society. *The Teacher Educator*, 40(3), 163–187. https://doi.org/10.1080/08878730509555359

Asistente de IA para ayudar al mapeo de controversias relacionadas con las centrales nucleares

Daniel Cebrián Robles[1], Isabel María Cruz Lorite[2], Aurelio Cabello Garrido[1] y Enrique España Ramos[1]

[1] Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga

[2] Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Zaragoza

RESUMEN: Se presenta el diseño, la implementación y la evaluación de una actividad apoyada en el uso de un asistente de inteligencia artificial generativa para facilitar el mapeo de controversias sobre cuestiones socialmente vivas. En concreto, se aborda la controversia del pacto de cierre de las centrales nucleares españolas. El estudio involucró a 33 estudiantes del Máster en Profesorado de Educación Secundaria, Bachillerato y FP con perfiles técnico-científicos, quienes participaron en una actividad de dos fases: 1) un mapeo de controversias colaborativo inicial sin apoyo del asistente; 2) una conversación mediada por el asistente en la que recibieron retroalimentación individualizada. A partir del análisis cualitativo de un cuestionario final, los resultados muestran que, según la percepción del alumnado, el asistente promovió una comprensión multidimensional de la controversia, amplió la identificación de actantes invisibilizados y contribuyó a romper sesgos previos. No obstante, el alumnado también identificó riesgos asociados, como la preocupación por los sesgos ideológicos del modelo, el riesgo de caer en un "efecto de complacencia" y la complejización excesiva del problema. Se concluye que, si bien la mediación del asistente favorece el desarrollo del pensamiento crítico, este requiere un andamiaje didáctico y un tiempo de dedicación que pueda permitir afrontar las dificultades identificadas.

PALABRAS CLAVE: asistente de IA; mapeo de controversias; cuestiones socialmente vivas; centrales nucleares; pensamiento crítico

ABSTRACT: This paper presents the design, implementation, and evaluation of an activity that utilizes a generative artificial intelligence assistant to facilitate the mapping of controversies surrounding socially relevant issues. Specifically, it addresses the controversy surrounding the agreement to shut down Spain's nuclear power plants. The study involved 33 students in the Master's Program in Secondary Education, High School, and Vocational Training with technical-scientific backgrounds, who participated in a two-phase activity: 1) an initial collaborative controversy mapping without the assistant's support; 2) a conversation mediated by the assistant in which they received individualized feedback. Based on the qualitative analysis of a final questionnaire, the results show that, according to the students' perception, the assistant promoted a multidimensional understanding of the controversy, expanded the identification of marginalized actors, and helped break down prior biases. However, the students also identified associated risks, such as concerns about the model's ideological biases, the risk of falling into a "complacency effect," and the excessive complication of the problem. It is concluded that, while the facilitator's mediation fosters the development of critical thinking, it requires pedagogical scaffolding and dedicated time to address the identified challenges.

KEYWORDS: AI assistant; mapping of controversies; socially acute questions; nuclear power plants; critical thinking

INTRODUCCIÓN

La disrupción tecnológica de la inteligencia artificial (IA) generativa, y en particular de los Grandes Modelos de Lenguaje (LLM, por sus siglas en inglés), ha supuesto un cambio de paradigma en el ecosistema educativo (Hwang et al., 2020). A diferencia de las tecnologías de la información tradicionales, como repositorios estáticos de conocimiento, los sistemas de IA emergen como agentes dialógicos capaces de interactuar en lenguaje natural, adaptar su discurso y generar andamiajes

cognitivos personalizados (Chen et al., 2020; Zawacki-Richter et al., 2019). En la enseñanza superior y la formación del profesorado, la integración de estas herramientas plantea desafíos éticos y epistémicos como oportunidades educativas, desplazando la atención de la mera obtención de información hacia la interacción crítica y la construcción del conocimiento.

En la enseñanza de las ciencias, el aprendizaje sobre los problemas sociocientíficos (Sadler, 2009; Zeidler, 2014) y las cuestiones socialmente vivas (QSV, del francés *Questions Socialement Vives*) (Legardez y Simonneaux, 2006) se presenta como una alfabetización científica que trasciende la mera transmisión de conceptos abstractos. Estos enfoques abordan problemas abiertos, carentes de una única solución evidente, fuertemente contextualizados y que movilizan valores éticos, económicos y políticos (Hodson, 2003). En España, un ejemplo de QSV es el pacto firmado en 2019 entre el Gobierno central y las compañías eléctricas, dueñas de las centrales nucleares, para el cierre escalonado de las mismas al llegar al final de su vida útil entre 2027 y 2035. Es constante la presencia en los medios, tanto de grupos de presión que proponen alargar la vida útil de las centrales como de quienes plantean su cierre inminente. Al enfrentarse a esta QSV, el reto educativo reside en que el alumnado aprenda a identificar las múltiples dimensiones (económica, científica, política, ética, etc.) que abarca la controversia, reconociendo no solo los actantes visibles (gobiernos, eléctricas, ecologistas, etc.), sino también aquellos invisibilizados (generaciones futuras, entorno natural, intereses de grupos financieros, organismos reguladores o la propia infraestructura tecnológica). En este análisis también es importante visibilizar las relaciones entre los diferentes actantes de la controversia.

El abordaje de QSV en el aula suele enfrentarse a sesgos de confirmación o visiones dicotómicas (a favor o en contra) que ignoran la complejidad inherente al problema (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012). En este contexto, la convergencia entre el análisis de QSV y la mediación de la IA puede suponer una oportunidad educativa. Un asistente de IA (AIA) personalizado, si está metodológicamente bien orientado, no actuaría como un "solucionador", sino como un cuestionador de ideas. De este modo, la herramienta tendría el potencial de visibilizar a actantes marginados, cuestionar las ideas previas del alumnado, y orientarlos a justificar, refutar y matizar sus argumentos con pruebas, desarrollando así un pensamiento crítico sistémico (Ouyang y Jiao, 2021). En concreto, al combinar el uso de estas herramientas con la metodología de la Cartografía de controversias —derivada de la Teoría del Actor-Red (ANT) de Bruno Latour (Venturini, 2010)—, un AIA podría ayudar a elaborar los mapas de controversias del alumnado y a plantear preguntas reflexivas, lo que puede facilitar la identificación de actantes y evitar generalizaciones y simplificaciones excesivas.

METODOLOGÍA

En este estudio participaron 33 estudiantes matriculados en la asignatura Diseño y Desarrollo de Programaciones y Actividades Formativas, correspondiente a la especialidad de Tecnología, Informática y Procesos Industriales del Máster en Profesorado de educación secundaria de la Universidad de Málaga (España) durante el curso académico 2025-26. La selección de quienes participaron se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, y su perfil académico correspondía al ámbito científico-técnico.

Para la investigación se diseñó una actividad de dos horas en la que se presentó la enseñanza contextualizada basada en QSV. Tras esto, se llevó a cabo, como ejemplo, un mapeo de controversias, en grupos de 5 a 6 estudiantes, sobre la controversia del pacto de cierre de las centrales nucleares españolas programado escalonadamente hasta 2035. La actividad estaba dividida en dos fases. En la primera fase, centrada en la exploración de las ideas previas, cada equipo realizó una discusión y un mapeo de la controversia en torno a la cuestión del "pacto de cierre de las centrales nucleares españolas", mediante la aplicación Mural.co. Este primer mapa se construyó de forma autónoma por cada equipo, con la indicación de no utilizar el asistente de IA. La segunda fase se centró en el análisis mediante un AIA basado en Gemini, en su versión 3, con dos modos de razonamiento: Pro y Razonamiento. La interacción con el AIA se llevó a cabo de manera individual para obtener retroalimentación sobre los actantes y relaciones invisibilizados y los posibles sesgos del mapa inicial. Tras esta consulta individual, el alumnado volvió a su equipo para poner en común la respuesta obtenida y triangularla

con las del resto del grupo. Con estas nuevas perspectivas, se modificaron los mapas de controversias (figura 1). Al concluir, el alumnado cumplimentó un cuestionario individual, cuyo objetivo fue recoger sus percepciones sobre cómo la integración del AIA había influido en el fomento de su pensamiento crítico y en la profundización en la controversia abordada.

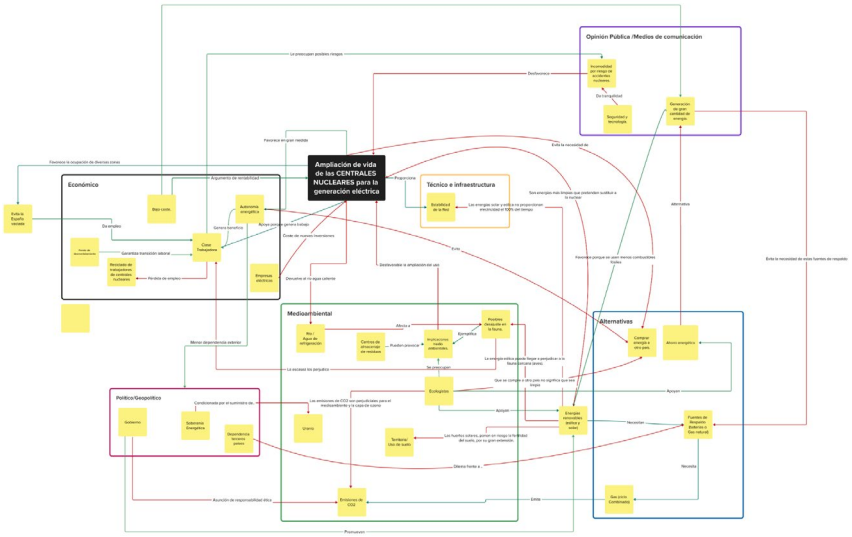


Figura 1. Ejemplo de mapa de controversia mejorado por un equipo de estudiantes tras usar el AIA

En cuanto al AIA utilizado en este trabajo, este fue diseñado como una herramienta analítica y mediadora que se documentó específicamente sobre el mapeo de la controversia y las centrales nucleares. Su objetivo es guiar al alumnado en la elaboración de su mapa de controversia, facilitando la identificación de actantes, relaciones y conflictos para desentrañar su complejidad desde una perspectiva crítica y con un andamiaje basado en la mayéutica socrática. A partir de los mapas elaborados por los grupos, el AIA realizó una crítica de estos mediante cuatro fases que se desarrollan en el funcionamiento interno del AIA: 1) fase inicial de "detección de modo", que procesa de manera multimodal tanto mapas en formato visual (imágenes, pdf, etc.) como textos argumentativos; 2) fase de "análisis de la red", fundamentada en la Teoría Actor-Red, que evalúa las dimensiones (ambientales, económicas, sociocientíficas, políticas, etc.) de la controversia tratada, desvelando actantes "invisibles" y dispositivos de poder (Bencze, 2025); 3) fase que genera una retroalimentación en la que se deconstruyen "cajas negras" conceptuales, por ejemplo, cuestionando la validez de los polos establecidos o identificando tensiones sistémicas mediante preguntas reflexivas; y 4) fase que actúa como un mecanismo iterativo de control interno para garantizar exhaustividad y rigor analítico.

El cuestionario, de tipo abierto, constaba de las siguientes preguntas: a) "Comparando tu visión inicial con la final, ¿en qué ha contribuido la IA a matizar o profundizar en la cuestión socialmente viva de las centrales nucleares en España?", y b) "¿Cómo valoras la integración del Mapeo de Controversias con la IA como estrategia para fomentar el pensamiento crítico?". Para el análisis de las respuestas se adoptó un enfoque cualitativo (Creswell, 2014), en el que se extrajeron categorías de forma inductiva. Uno de los investigadores creó los sistemas de categorías iniciales (uno para cada pregunta), que fueron discutidos con el resto de autores. Dichas categorías no eran mutuamente excluyentes y el sistema consideraba la posibilidad de que las respuestas señalaran un aspecto positivo o negativo. Posteriormente, se contabilizaron las frecuencias de las categorías.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran las frecuencias de las categorías principales y subcategorías identificadas en las respuestas del alumnado sobre la percepción que ha tenido del AIA, para ayudar a matizar o profundizar en la QSV.

Tabla 1. Frecuencias de categorías sobre la percepción del alumnado del AIA para mapear controversias

Categoría Principal	*n*	Subcategoría	*n*
1. Expansión Multidimensional del Problema	15	1.1 Dimensión Geopolítica	5
		1.2 Dimensión Temporal y Ética	4
		1.3 Dimensión Económica	3
		1.4 Menciones generales de expansión	3
2. Filtrado y validación crítica	14	2.1 Filtrado y Reestructuración de la Información	7
		2.2 Validación Argumentativa y Pensamiento Crítico	7
3. Ampliación del número de actantes	13	3.1 Especificidad y Roles Políticos	7
		3.2 Descubrimiento de nuevos actores	6
4. Profundización Técnica	7	4.1 Aportación de Datos y Precisión Terminológica	7
5. Experiencia Cognitiva y Recepción	7	5.1 Efecto de Clarificación (Recepción Positiva)	3
		5.2 Efecto de Redundancia (Recepción Neutra-Negativa)	2
		5.3 Efecto de Complejificación (Recepción Negativa)	2

Los resultados muestran que el AIA actuó fundamentalmente como expansión multidimensional del problema (15 menciones) y como filtrado y validación crítica (14). En este sentido, el alumnado manifestó que la IA favoreció el filtrado de información y la validación argumentativa, afirmando que les ayudó a "conocer otros puntos de vista que no había contemplado" y, de forma reveladora, operó como un estímulo para el pensamiento crítico al hacerles "utilizar el cerebro para refutarla". Igualmente notable fue la ampliación del número de actantes (13), que facilitó a los/as participantes abandonar concepciones genéricas para especificar entidades y tensiones, lo cual se manifestó en testimonios como "la controversia entre Unión Europea y Gobierno de España" o en la toma de conciencia sobre "las próximas generaciones" como actantes invisibilizados. Finalmente, la evaluación de la experiencia mostró resultados polarizados de gran interés educativo: mientras un sector del alumnado experimentó una mejora en la clarificación ("ordena las ideas de forma clara, estructurada y directa"), el hecho de que el asistente no viera la controversia como respuestas binarias provocó un efecto de complejificación o fricción en otros, quienes declararon que la herramienta les había "liado más el pensamiento que tenía [...] al dar nuevas variantes".

Por otro lado, en la tabla 2 se muestra la frecuencia de las categorías, agrupadas en positivas y negativas, identificadas por el alumnado tras el uso del AIA para el mapeo de controversias.

Tabla 2. Frecuencia de aparición de las categorías en las percepciones positivas y negativas identificadas en el uso de la IA.

Categorías Positivas (Abreviadas)	*n*	Categorías Negativas / Retos (Abreviadas)	*n*
Rompe sesgos / Muestra nuevas perspectivas	12	Preocupación por sesgos o error de la IA	3
Fomenta método socrático y pensamiento crítico	8	Requiere mucho tiempo y alta implicación	2
Valoraciones genéricas positivas	7	Riesgo de "efecto complacencia"	2
Gran utilidad transversal (docencia/profesional)	2	Mala experiencia o valoración negativa general	2
Actúa como "espejo cognitivo"	1	Dificultad absorción en niveles inferiores	1
Total de categorías positivas	30	Total de categorías negativas	10

Los resultados muestran una percepción mayoritariamente favorable hacia el uso del AIA, con un total de 30 menciones en dimensiones positivas, frente a las 10 en dimensiones negativas. El beneficio más destacado para el profesorado en formación inicial fue la capacidad de la IA para romper sesgos personales y visibilizar enfoques ignorados (12), afirmando que la herramienta "Te hace pensar en cosas que, a priori, puede que no hayas tenido en cuenta" o "Se añaden ideas que no habíamos pensado antes". En esta misma línea, resultó destacable su potencial para fomentar el pensamiento crítico mediante el método Socrático (8), lo que forzaba "al usuario a pensar de forma más crítica" al plantearle cuestiones en lugar de entregarle soluciones cerradas, como por ejemplo "[...] fomenta el pensamiento crítico de forma Socrática". Pese a esta buena acogida, los participantes no ignoran los desafíos inherentes; las principales advertencias se centran en el temor a heredar los "sesgos ideológicos de la IA" (3) y en el riesgo de caer en un efecto de complacencia que termine por "provocar la convergencia de los razonamientos a tus pensamientos iniciales" (2), todo ello sumado a la necesidad de disponer de un tiempo de aula significativo para su correcta implementación.

CONCLUSIONES

A la luz de los resultados preliminares del AIA, se observa su uso como mediador pedagógico para la deconstrucción de QSV complejas. El AIA destacó como una expansión de la comprensión de la QSV nuclear en sus dimensiones geopolíticas, económicas, éticas y temporales. Además, pareció haber adoptado su rol de andamiaje socrático incidiendo precisamente en aquellos puntos de vista y actantes de la controversia que resultaban más cercanos al punto de partida del alumnado. No obstante, el alumnado identificó preocupaciones sobre posibles sesgos, errores, efectos de complacencia y dificultad en otros contextos de su uso.

Este trabajo subraya que la integración de la IA generativa en el aula de ciencias no debe plantearse como una sustitución del esfuerzo cognitivo del alumnado, sino como una herramienta de andamiaje posterior a la reflexión humana. El diseño propuesto en este trabajo de dos fases —con una primera aproximación autónoma sin IA— se considera fundamental para evitar el "efecto de complacencia" y obligar al alumnado a establecer un marco conceptual propio antes de enfrentarse al AIA. Asimismo, el uso del AIA hace que el profesorado deba asumir un rol activo en la alfabetización en IA, guiando al alumnado para que reconozca los sesgos ideológicos del modelo y proporcionando tiempo para gestionar la "complejificación excesiva" que la herramienta puede provocar al romper visiones binarias simplistas.

Este estudio preliminar presenta ciertas limitaciones metodológicas. En primer lugar, el tamaño de la muestra y su perfil específico (estudiantes de posgrado con una fuerte base técnico-científica) limitan la generalización directa de los resultados a otros contextos educativos, por ejemplo, la educación secundaria. En segundo lugar, la intervención se limitó a una sesión de dos horas; aunque permitió observar el impacto del AIA, no fue suficiente para evaluar la transferencia y persistencia a largo plazo del desarrollo del pensamiento crítico. Además, la dependencia de un modelo de lenguaje específico (Gemini) supedita los resultados a la arquitectura, los filtros éticos y las limitaciones tecnológicas de dicha herramienta en el momento concreto del estudio.

A partir de estas conclusiones y limitaciones, resulta pertinente plantear la prueba de esta intervención en etapas educativas previas, como educación secundaria, y con alumnado perteneciente a otras áreas, para comparar si el andamiaje socrático del AIA requiere mayores niveles de mediación docente. Por otro lado, se sugiere el diseño de investigaciones longitudinales que analicen si el alumnado internaliza la actitud crítica sobre las controversias sociocientíficas sin necesidad de la IA. Finalmente, sería de gran interés educativo analizar los historiales de conversación (prompts) utilizados por el alumnado, así como realizar un análisis de los mapas de controversia realizados en el proceso, con el fin de identificar qué patrones de interacción comunicativa con el AIA podrían mejorar el pensamiento crítico frente a la recepción pasiva de información.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto I+D PID2024-156217NI-I00 *Critical Education on Socioscientific Issues in Pre-service Science and Technology Teacher Training: Applications of Artificial Intelligence Assistants*, financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y Unión Europea (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bencze, J. L. (2025). Climate wars: Pro-ecojustice educators vs. Pro-capitalist networks. *Revistamultidisciplinar.com*, *7*(3), 19-40. https://doi.org/10.23882/rmd.25298

Chen, L., Chen, P. y Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access: Practical Innovations, Open Solutions*, *8*, 75264-75278. https://doi.org/10.1109/access.2020.2988510

Creswell, J.W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, *25*(6), 645-670. https://doi.org/10.1080/09500690305021

Hwang, G.-J., Xie, H., Wah, B. W. y Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *1*(100001), 100001. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001

Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2012). Argumentation, Evidence Evaluation and Critical Thinking. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1001-1015). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_66

Legardez, A. y Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité: enseigner les questions vives*. ESF. https://play.google.com/store/books/details?id=kAhNAAAACAAJ

Ouyang, F. y Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*(100020), 100020. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020

Sadler, T. D. (2009). Socioscientific issues in science education: labels, reasoning, and transfer. *Cultural studies of science education*, *4*(3), 697-703. https://doi.org/10.1007/s11422-008-9133-x

Venturini, T. (2010). Diving in magma: how to explore controversies with actor-network theory. *Public understanding of science* , *19*(3), 258-273. https://doi.org/10.1177/0963662509102694

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *16*(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research, and practice. En *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 711-740). Routledge. https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780203097267/chapters/10.4324/9780203097267-45

Impacto de un asistente de inteligencia artificial en la evolución de la argumentación del alumnado de Formación Profesional sobre la vacunación del VPH

Agustina Torres-Prioris, [1, 2] María del Carmen Acebal-Expósito[2] y Daniel Cebrián-Robles.[2]*

[1] Didáctica y Organización Escolar, Universidad Internacional de La Rioja, España

[2] Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España

* Correspondencia: agusprioris@gmail.com

RESUMEN: Este estudio analiza la evolución de la argumentación del alumnado de Formación Profesional (FP) sobre la vacunación frente al Virus del Papiloma Humano (VPH) mediante el uso de un asistente de inteligencia artificial (AIA) en el tratamiento de una cuestión socialmente viva (CSV). Participaron 51 estudiantes de dos ciclos formativos del ámbito sanitario. La intervención didáctica se estructuró en cuatro fases: argumentación inicial, interacción con el AIA, reformulación de argumentos y cuestionario final. Se combinaron análisis cualitativos de los textos argumentativos y de las preguntas formuladas al asistente, junto con datos cuantitativos obtenidos mediante un cuestionario tipo Likert. Los resultados muestran que el alumnado parte de argumentos iniciales poco fundamentados, basados principalmente en ideas generales y con escaso uso de pruebas científicas. Durante la interacción con el AIA, predominan preguntas de carácter informativo, aunque se observan algunos indicios de profundización y pensamiento crítico. Tras la intervención, se aprecia una mejora en la calidad de la argumentación y en la incorporación de pruebas. Asimismo, el alumnado valora la utilidad del AIA, destacando su facilidad de uso y su contribución al aprendizaje científico. Se concluye que los AIA han resultado una herramienta prometedora para el desarrollo de la argumentación y la alfabetización científica del alumnado de FP, si bien requieren un diseño didáctico que fomente un uso crítico y autónomo.

PALABRAS CLAVE: Formación Profesional; Cuestiones socialmente vivas; Argumentación; Asistentes de Inteligencia Artificial

ABSTRACT: This study analyzes the evolution of argumentation among Vocational Education and Training (VET) students regarding vaccination against the Human Papillomavirus (HPV) through the use of an artificial intelligence assistant (AIA) in addressing a socially relevant issue (SRI). A total of 51 students from two healthcare-related training programs participated. The instructional intervention was structured in four phases: initial argumentation, interaction with the AIA, reformulation of arguments, and a final questionnaire. Qualitative analyses of the argumentative texts and the questions posed to the assistant were combined with quantitative data obtained through a Likert-type questionnaire. The results show that students initially rely on weakly supported arguments, mainly based on general ideas and with limited use of scientific evidence. During interaction with the AIA, informational questions predominate, although some signs of deeper inquiry and critical thinking are observed. After the intervention, an improvement is noted in the quality of argumentation and in the incorporation of evidence. Furthermore, students value the usefulness of the AIA, highlighting its ease of use and its contribution to scientific learning. It is concluded that AI assistants represent a promising tool for the development of argumentation and scientific literacy among VET students; however, they require instructional design that promotes critical and autonomous use.

KEYWORDS: Vocational Education and Training, Socio-scientific issues, Argumentation, Artificial Intelligence Assistant

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias a través de las CSV, entendidas como problemas sociocientíficos que generan debate público y carecen de consenso, se ha consolidado como una estrategia clave para promover el pensamiento crítico, la argumentación y la alfabetización científica del alumnado, especialmente en FP, donde resulta fundamental conectar los conocimientos con problemáticas reales. Las CSV se caracterizan por su complejidad, carácter controvertido y relevancia social, lo que exige integrar pruebas científicas, análisis mediático y debates argumentativos en el aula (Osborne et al., 2004; Sadler, 2004; Simonneaux y Simonneaux, 2011). En este sentido, la vacunación constituye un ejemplo paradigmático, al situarse en la intersección entre ciencia, salud pública y debate social, evidenciando la coexistencia de posturas que configuran un espacio educativo fértil para el desarrollo del pensamiento crítico.

En los últimos tiempos, la vacunación ha adquirido una renovada relevancia como tema emergente, impulsada tanto por la creciente desinformación como por las transformaciones en los patrones epidemiológicos. En España, pese a las elevadas coberturas vacunales, se ha observado un repunte de enfermedades inmunoprevenibles como el sarampión (217 casos en 2024 y 179 hasta marzo de 2025), lo que ha contribuido a la pérdida del estatus de eliminación de la enfermedad (SINC, 2026). Este tipo de situaciones pone de manifiesto la fragilidad de los logros en salud pública y la sensibilidad de enfermedades como el sarampión ante descensos en la cobertura vacunal, tal y como señalan estudios epidemiológicos (Orenstein y Hinman, 1999). Abordar estas dinámicas en el aula permite al alumnado comprender la relación entre confianza en la ciencia, toma de decisiones individuales y consecuencias colectivas.

El plano internacional refuerza el valor de abordar estas cuestiones. El caso de Australia resulta especialmente ilustrativo: la implementación sistemática de la vacunación frente al VPH, en niños y niñas desde 2007 ha conducido a una reducción significativa de lesiones precancerosas y a la ausencia de casos de cáncer cervical en mujeres jóvenes en determinados grupos de edad, situando al país en una posible senda de eliminación de esta enfermedad (Drolet et al., 2019; Harper y DeMars, 2017; Kaloyanova, 2025). Estos resultados son prueba del impacto real de las políticas de vacunación basadas en evidencia y su potencial como contenido educativo relevante y contextualizado.

En el ámbito educativo, el abordaje de cuestiones socialmente vivas pone de manifiesto las dificultades del alumnado para construir argumentos sólidos y desarrollar una escritura argumentativa adecuada. Diversos estudios muestran que muchos estudiantes presentan limitaciones para construir razonamientos fundamentados en pruebas, tienden a basar sus opiniones en intuiciones personales o en información no contrastada, y a mostrar escasa capacidad para considerar perspectivas alternativas o refutar contraargumentos (Osborne et al., 2004; Sadler, 2004). A esto se suman las dificultades en la estructuración del discurso escrito, especialmente en la articulación coherente entre afirmaciones, pruebas y justificaciones, lo que repercute en la calidad de sus argumentos. Estas carencias se ven acentuadas en contextos donde predomina la desinformación, como ocurre en torno a la vacunación, y refuerzan la necesidad de diseñar propuestas didácticas específicas que promuevan el desarrollo de competencias argumentativas críticas y basadas en el conocimiento científico.

Asimismo, durante la observación en contextos formativos, se detectaron emergentes inesperados: preguntas, comentarios o concepciones del alumnado que no se anticipaban en el diseño curricular y que evidenciaban vacíos conceptuales o creencias previas sobre la vacunación. Estos fenómenos, aunque no constituyen el foco principal de la investigación, ilustran la importancia de mantener una actitud de alerta docente, capaz de identificar oportunidades de aprendizaje en la dinámica real del aula (Acebal, 2026).

Dentro de este marco, los AIA se presentan como una herramienta para abordar las CSV vinculadas con la vacunación. Los AIA facilitan el acceso, análisis y contraste de información científica relevante y actualizada, previamente seleccionada por el docente e incorporada en el asistente, permitiendo a los estudiantes enfrentarse a problemas complejos, encontrar respuestas científicamente relevantes y desarrollar competencias informacionales y argumentativas. Estudios recientes muestran que los

sistemas conversacionales basados en IA pueden contribuir a mejorar la alfabetización en salud y la disposición hacia la vacunación, incluyendo la vacunación frente al VPH, especialmente en contextos con menor acceso a información sanitaria. Este potencial se alinea con investigaciones sobre IA educativa que destacan su capacidad para apoyar el razonamiento crítico y combatir la desinformación (Holmes et al., 2019; Luckin, 2018).

Este estudio piloto tiene como objetivo analizar las concepciones y actitudes del alumnado de FP frente a la vacunación como CSV, así como evaluar el impacto de una propuesta didáctica apoyada en AIA en el desarrollo de la argumentación y la alfabetización científica. En este sentido abordaremos la pregunta: ¿En qué medida el uso de AIA en el tratamiento de la vacunación como cuestión socialmente viva influye en la calidad de la argumentación y en las actitudes del alumnado de FP hacia la vacunación?

METODOLOGÍA

Participantes

En este estudio exploratorio participaron 51 estudiantes de segundo curso de dos ciclos de FP, 22 del ciclo en Técnico Superior en Anatomía Patológica y Citodiagnóstico y 29 del ciclo de Técnico en Laboratorio Clínico y Biomédico de un centro privado de FP de Málaga. Los participantes se identificaron en un 73% de mujeres y un 27% de hombres y el 85% de los mismos presentan edades comprendidas entre los 18-22 años.

Estructura de los instrumentos de investigación

La investigación se estructura en cuatro fases para analizar la evolución de la argumentación del alumnado antes, durante y después de la interacción con el AIA, además de evaluar diferentes aspectos relacionados con el uso de AIA y su utilidad.

En primera fase, el alumnado elabora una argumentación inicial a partir de una situación sociocientífica contextualizada: En este contexto, como ciudadano/a informado/a, se te plantea la siguiente cuestión: ¿consideras que la vacunación frente al VPH, tal como se ofrece actualmente de forma gratuita en España, debería ser promovida activamente entre la población adolescente? Desarrolla tu postura personal (a favor o en contra) y justifícala mediante argumentos basados en los conocimientos científicos adquiridos durante el ciclo de FP con pruebas o razonamientos fundamentados.

En segunda fase, el alumnado interactúa con el AIA desarrollado por el personal técnico del proyecto de investigación que da marco a este trabajo y con el material científico proporcionado por el docente. El objetivo es que el alumnado utilice la herramienta como recurso para contrastar, verificar, ampliar o cuestionar sus propios argumentos. Se les indica que formulen preguntas orientadas a comprobar la validez de sus ideas, buscar pruebas científicas, identificar posibles errores o lagunas en su razonamiento, así como explorar puntos de vista alternativos. Durante este proceso, el alumnado debía registrar por escrito todas las preguntas realizadas al asistente, pudiendo también anotar de manera sintética la información obtenida. Este registro permite analizar no solo el contenido de la interacción, sino también el tipo de uso que hacen de la IA.

En tercera fase, el alumnado elabora una nueva versión de su argumentación inicial a la luz de la información obtenida durante la interacción con el AIA. Se les invitó a revisar su postura, pudiendo mantenerla, matizarla o modificarla, y a mejorar la calidad de sus argumentos incorporando pruebas científicas y nuevas ideas, al igual que se les solicitó que expliquen, en caso de que se produzca, cualquier cambio en su posición, justificando las razones que lo han motivado. Esta producción final permite analizar la evolución de la argumentación y valorar el impacto del uso del AIA en el proceso de construcción del conocimiento.

En la cuarta fase el alumnado cumplimenta un cuestionario que se organiza en cinco bloques, combinando ítems Likert y preguntas de carácter categórico:

- Bloque 1: Uso del AIA. Evalúa la facilidad de uso, utilidad, comprensión de las respuestas, grado de interacción y satisfacción general.
- Bloque 2: Aprendizaje científico sobre el VPH y las vacunas. Mide conocimientos conceptuales, procedimentales y contextuales (biomédicos, éticos, sociales y profesionales).
- Bloque 3: Competencias argumentativas. Analiza la construcción y uso de pruebas, pensamiento crítico y detección de errores, y contraargumentación y justificación. Este bloque permite evaluar cómo el alumnado utiliza la prueba, cuestiona la información y construye discursos fundamentados.
- Bloque 4: Autonomía y pensamiento crítico en el uso de la IA. Valora la verificación de información, la integración de ideas propias y la identificación de limitaciones del sistema.
- El Bloque 5: Impacto en pensamiento y actitudes. Evalúa el pensamiento crítico, la capacidad de análisis, la seguridad para participar en debates y la construcción de una postura informada.

Todos los bloques emplean escalas Likert de 5 puntos, complementadas con preguntas nominales y ordinales en el Bloque 5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados permiten identificar la naturaleza de los argumentos iniciales del alumnado y el tipo de interacción que establecen con el AIA. En relación con la argumentación inicial, se observa una predominancia de posturas favorables a la vacunación frente al VPH; no obstante, estas se sustentan mayoritariamente en razonamientos generales vinculados a la prevención de enfermedades (en casi todo los casos relacionadas con la mujer) y la protección de la aparición de cáncer, con escasa presencia de pruebas científicas (como estudios epidemiológicos), explícitas o de conceptos específicos. Asimismo, se identifican argumentos basados en dudas o incertidumbres, especialmente en torno a la seguridad de la vacuna, los posibles efectos secundarios o la pertinencia de su administración en edades tempranas, lo que refleja la influencia de discursos sociales previos. En menor medida, aparecen posiciones intermedias que reconocen tanto beneficios como limitaciones, aunque sin alcanzar niveles elevados de complejidad argumentativa. En general, los discursos iniciales se caracterizan por un bajo nivel de fundamentación científica, una limitada consideración de contraargumentos y un predominio de razonamientos de carácter intuitivo.

Durante la fase de interacción con el AIA, las preguntas formuladas por el alumnado permiten identificar distintos niveles de uso de la herramienta. Predominan las preguntas de carácter informativo y confirmatorio, orientadas a obtener datos básicos o verificar ideas previas, lo que indica un uso inicial del asistente como fuente de información. Junto a estas, se observan preguntas de profundización que buscan ampliar la comprensión de aspectos más complejos, como los mecanismos de acción de la vacuna o la relación entre el VPH y determinadas patologías, evidenciando un uso más elaborado orientado al aprendizaje. En menor proporción, emergen preguntas de carácter crítico dirigidas a contrastar información o explorar controversias, así como algunas orientadas a considerar argumentos alternativos. Sin embargo, las preguntas de tipo metacognitivo o centradas en la construcción deliberada de contraargumentos son escasas, lo que sugiere que este tipo de interacción no se produce de manera espontánea y requiere un mayor andamiaje didáctico.

El cuestionario refleja una valoración global positiva del uso del AIA en la actividad propuesta. En relación con la usabilidad, el alumnado percibe la herramienta como fácil de utilizar, útil y satisfactoria, lo que indica una buena aceptación de la tecnología en el contexto educativo.

En cuanto al aprendizaje científico, los estudiantes reportan una mejora en la comprensión de los contenidos relacionados con el VPH y su vacunación, incluyendo aspectos biomédicos, sociales y profesionales. Este resultado sugiere que la interacción con el AIA ha favorecido la construcción de conocimiento en un contexto sociocientífico relevante.

Respecto a las competencias argumentativas, los datos indican un desarrollo en la capacidad para estructurar argumentos, utilizar pruebas científicas y considerar puntos de vista alternativos. No obstante, los ítems relacionados con la búsqueda autónoma de fuentes externas o la solicitud de referencias científicas presentan valores más moderados, lo que podría indicar un uso todavía limitado de estrategias avanzadas de validación de la información.

En relación con la autonomía y el pensamiento crítico en el uso de la IA, los resultados muestran que el alumnado tiende a utilizar el asistente como apoyo, aunque no siempre contrasta la información con otras fuentes, lo que pone de manifiesto la necesidad de seguir trabajando en competencias de alfabetización científica y uso responsable de la IA.

CONCLUSIONES

La integración de la vacunación frente al VPH como cuestión socialmente viva y tema emergente, junto con el uso de AIA, resultó una estrategia didáctica relevante para promover la alfabetización científica, el desarrollo de la argumentación y la participación informada del alumnado en debates sociosanitarios de trascendencia actual.

Los resultados ponen de manifiesto que el alumnado parte de niveles limitados de argumentación científica, caracterizados por un escaso uso de pruebas y un predominio de razonamientos intuitivos. Asimismo, se observa una tendencia a utilizar el AIA principalmente como herramienta de acceso a información. No obstante, se identifican indicios de progresión hacia formas de interacción más complejas, lo que apunta al potencial de estos recursos para favorecer el aprendizaje y el desarrollo del pensamiento crítico, siempre que su implementación se acompañe de un diseño didáctico que promueva una interacción más reflexiva, crítica y orientada a la construcción de argumentos fundamentados.

El AIA se ha mostrado como un recurso eficaz para potenciar el aprendizaje y la motivación del alumnado en contextos sociocientíficos. Sin embargo, los resultados también manifiestan la necesidad de incorporar estrategias didácticas específicas que favorezcan un uso más autónomo y crítico de estas herramientas, especialmente en lo relativo a la evaluación de la información, la contrastación de fuentes y la elaboración de argumentos científicamente sólidos.

AGRADECIMIENTOS

La comunicación es parte del proyecto I+D PID2024-156217NI-I00 "Critical Education on Socioscientific Issues in Pre-service Science and Technology Teacher Training: Applications of Artificial Intelligence Assistants (CESSAI)", financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y cofinanciado por la Unión Europea (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acebal, M. C. (2026). La actitud de alerta a emergentes para enseñar ciencias. *Alambique. 145* (en prensa).

Drolet, M., Bénard, É., Pérez, N., & Brisson, M. (2019). Population-level impact and herd effects following the introduction of human papillomavirus vaccination programmes: updated systematic review and meta-analysis. *The Lancet, 394*(10197), 497-509. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30298-3

Harper, D. M., & DeMars, L. R. (2017). HPV vaccines. A review of the first decade. *Gynecologic Oncology*, *146*(1), 196-204. https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2017.04.004

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning.* Center for Curriculum Redesign.

Kaloyanova, Y. (2025, 25 noviembre). Australia avanza hacia eliminar el cáncer de cuello uterino, un logro debido casi con certeza al impacto de la vacunación contra el VPH. Infobae. https://www.infobae.com/espana/2025/11/25/australia-avanza-hacia-eliminar-el-cancer-de-cuello-uterino-un-logro-debido-casi-con-certeza-al-impacto-de-la-vacunacion-contra-el-vph/

Luckin, R. (2018). *Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education in the 21st Century.* UCL Institute of Education Press.

Orenstein, W. A., & Hinman, A. R. (1999). The immunization system in the United States - The role of school mandates. *Vaccine, 37*(52), 7423-7429. https://doi.org/10.1016/S0264-410X(99)00290-X

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(10), 994-1020. https://doi.org/10.1002/tea.20035

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(5), 513-536. https://doi.org/10.1002/tea.20009

Simonneaux, L., & Simonneaux, J. (2011). Argumentations d'étudiants sur des Questions Socialement Vives environnementales. Formation et pratiques d'enseignement en question, (13), 157-178. https://doi.org/10.26034/vd.fpeq.2011.105

SINC. (2026, 27 enero). La OMS notifica que se ha restablecido la transmisión endémica del sarampión en España. Agencia SINC. https://www.agenciasinc.es/Noticias/La-OMS-notifica-que-se-ha-restablecido-la-transmision-endemica-del-sarampion-en-Espana

Evaluación de modelos de Inteligencia Artificial generativa abierta y cerrada en educación superior

Paloma España-Naveira[1], Eva Luque-García [2], Luz del Pino Fernández-Valderrama Aparicio[3], Daniel Cebrián Roble[4]

[1] Arte y Arquitectura, Universidad de Málaga, España

[2, 3] Proyecto Arquitectónicos, Universidad de Sevilla, España
[4] Didáctica de la matemática, didáctica de las ciencias sociales y de las ciencias experimentales, Universidad de Málaga, España.

* Correspondencia: palomanaveira@uma.es

RESUMEN: Este estudio analiza el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) generativa en la educación superior, contrastando el uso de modelos conversacionales abiertos con el de modelos cerrados. En el contexto de estudiantes de primer curso del Grado en Arquitectura (Universidad de Málaga y Universidad de Sevilla), bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, se evaluó la integración de NotebookLM, una herramienta basada en la Recuperación Aumentada por Generación (RAG). Los resultados mostraron que, aunque modelos abiertos como ChatGPT dominan el uso cotidiano del alumnado (90,9%), su uso irreflexivo fomenta la desinformación debido a las "alucinaciones" algorítmicas. En contraposición, la experimentación con NotebookLM mostró que el alumnado valora significativamente la fiabilidad, la precisión científica y el rigor documental de los sistemas cerrados. Sin embargo, esta arquitectura exige un rol metodológico activo: el estudiante-docente debe seleccionar críticamente sus fuentes antes de interactuar con la IA, lo que mitiga la brecha entre la fundamentación teórica y la praxis proyectual. Se concluye que las instituciones deben transitar de políticas restrictivas hacia una alfabetización en IA, promoviendo el uso de asistentes personalizados que combinen la fluidez generativa con un anclaje documental riguroso para fomentar el pensamiento crítico.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia artificial; Pensamiento crítico; Educación superior; Desinformación; Asistentes personalizados de IA

ABSTRACT: This study analyzes the impact of generative artificial intelligence (AI) on higher education, comparing the use of open conversational models with that of closed models. In the context of first-year students in the Bachelor's Degree in Architecture (University of Málaga and University of Seville), using the Project-Based Learning methodology, the integration of NotebookLM, a tool based on Generation-Augmented Retrieval (RAG), was evaluated. The results showed that, although open models such as ChatGPT dominate students' daily use (90.9%), their unreflective use fosters misinformation due to algorithmic "hallucinations." In contrast, experimentation with NotebookLM showed that students significantly value the reliability, scientific accuracy, and documentary rigor of closed systems. However, this architecture requires an active methodological role: the student-teacher must critically select their sources before interacting with the AI, which bridges the gap between theoretical grounding and project-based practice. It is concluded that institutions must transition from restrictive policies toward AI literacy, promoting the use of personalized assistants that combine generative fluency with rigorous documentary grounding to foster critical thinking.

KEYWORDS: Artificial intelligence; Critical thinking; Higher education; Misinformation; Custom AI assistants.

INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) generativa ha irrumpido en el panorama actual no solo como una disrupción tecnológica sin precedentes, sino también como una relevante Cuestión Sociocientífica (CSC). Dwivedi et al. (2023) advierten que la rápida adopción de estos sistemas trasciende la dimensión puramente instrumental para plantear debates éticos y cívicos profundos, relacionados con la opacidad de los algoritmos "caja negra", la vulnerabilidad de la sociedad ante la facilidad de manipulación de la opinión pública y la capacidad de la IA para la generación masiva de desinformación. En el ámbito educativo, el dilema entre las enormes capacidades de estos modelos y su falta de transparencia exige abordar su integración desde el pensamiento crítico, cuestionando cómo las infraestructuras de IA modifican el pensamiento del alumnado (Bearman & Ajjawi, 2023).

Para comprender este impacto y planificar una actuación educativa, es crucial establecer una distinción tecnológica y cognitiva entre los sistemas de IA de interacción abierta o cerrada. Herramientas de uso masivo como ChatGPT operan bajo un modelo abierto, apoyados en Modelos de Lenguaje Grande (LLM) que analizan extensos conjuntos de datos para generar texto de naturaleza probabilística. El principal peligro educativo surge cuando el alumnado lo utiliza como búsqueda de la verdad sin llevar a cabo una verificación de la información, ya que estos sistemas sufren de "alucinaciones" sistemáticas (Bansal, 2025), produciendo información sintácticamente plausible, pero semánticamente falsa o carente de sustento epistemológico real (Ji et al., 2023). Este peligro sitúa al estudiante en una posición de vulnerabilidad frente al autoengaño y la desinformación, ya que probablemente carece del dominio conceptual necesario para aplicar la lente crítica que exige evaluar respuestas engañosas o erróneas (Lodge et al., 2023).

Frente a la dispersión y la incertidumbre epistémica del modelo abierto, existe el modelo de IA cerrado, que permite condicionar las respuestas a instrucciones y documentación, como en el caso de NotebookLM. Estas plataformas superan la mera generación probabilística al integrar una arquitectura de Recuperación Aumentada por Generación (RAG, por sus siglas en inglés). Desde un punto de vista técnico, la arquitectura RAG condiciona la generación de lenguaje, obligando al modelo a basar sus inferencias y respuestas en un contexto ampliado a partir de un corpus documental específico (Lewis et al., 2020). Pedagógicamente, este cambio es sustancial: al referirse a bases de conocimiento externas, se disminuye drásticamente el riesgo de generar contenido objetivamente incorrecto o de alucinaciones.

En este sentido, este trabajo presenta un estudio orientado a analizar la adopción y el impacto metodológico de la IA en un entorno cerrado con estudiantes de primer curso del Grado en Arquitectura. El objetivo principal de la investigación es contrastar la experiencia previa del alumnado con herramientas conversacionales de IA abiertas frente a cerradas. De este modo, se estudia cómo el modelo cerrado permite superar la brecha existente entre la fundamentación teórica y la praxis proyectual, fomentando el rigor documental, la fiabilidad académica y exigiendo un rol más activo y crítico por parte del estudiante en la validación de sus fuentes.

METODOLOGÍA

Para analizar el uso de herramientas de Inteligencia Artificial (IA), se realizó un estudio con una muestra de 39 estudiantes universitarios de primer curso de arquitectura. La recogida de datos se llevó a cabo mediante un cuestionario aplicado a tres grupos distintos correspondientes a asignaturas iniciales, de primer curso y primer cuatrimestre, del Grado en Arquitectura: el primer grupo pertenece a la asignatura Taller 1B de la Universidad de Málaga (UMA) con 10 estudiantes; el segundo y tercer grupo corresponden a la asignatura Proyectos 1 de la Universidad de Sevilla (US), divididos en el turno de mañana con 22 estudiantes y el turno de tarde con 7 estudiantes. Este perfil de estudiante se caracteriza por encontrarse en una fase de transición académica, donde convergen la necesidad de asimilar una nueva epistemología del diseño y la carencia de un bagaje previo en investigación bibliográfica especializada aplicada al proyecto arquitectónico. Habitualmente, el material de referencia (artículos teóricos, monografías, análisis de referentes y normativas) resulta ajeno o inabordable para estos estudiantes, generando una brecha entre la fundamentación teórica y la praxis proyectual.

Tanto en la UMA como en la US, el desarrollo docente se fundamenta metodológicamente en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) (Carcelén González, 2019). Si bien cada caso y asignatura persigue objetivos específicos, comparten una casuística común: el desafío de integrar la indagación teórica en la toma de decisiones del diseño. Tradicionalmente, la carga cognitiva que supone la lectura y asimilación de fuentes especializadas compite con la demanda de producción gráfica e ideación, relegando la investigación a un plano secundario. Para abordar esta brecha epistémica y adaptarse a las nuevas ecologías de la información de los estudiantes (altamente mediatizadas por el uso incipiente y a menudo acrítico de modelos generativos), se propone la integración de un asistente basado en IA. Se selecciona específicamente la herramienta NotebookLM por su arquitectura basada en la Recuperación Aumentada por Generación (RAG) sobre corpus cerrados, lo que permite un control riguroso de las fuentes. Al interactuar con el asistente, el estudiante establece un diálogo con los textos de la asignatura a través de citas trazables, redirigiendo su atención hacia las fuentes originales. Lejos de fomentar el consumo pasivo, la metodología exige la agencia crítica del alumnado al permitirles incorporar y justificar nueva bibliografía en sus proyectos.

El instrumento de recogida de datos incluyó dos dimensiones. En primer lugar, mediante la pregunta abierta "¿Qué IA habías usado?", se permitió a los participantes indicar múltiples respuestas para conocer el tipo de IA previa que habían utilizado. Esta información se analizó mediante un proceso de categorización y consolidación semántica, agrupando las diversas variantes ortográficas de una misma plataforma (ej. "Chatgpt", "Chat GPT") para estandarizar los registros. Se realizó un análisis descriptivo de frecuencias y se calculó el porcentaje promedio de uso entre grupos, mitigando el sesgo estadístico derivado de la diferencia en el tamaño muestral de los tres grupos. En segundo lugar, para profundizar en la percepción de NotebookLM usado en clase y el impacto metodológico de su uso, se introdujo una pregunta cualitativa: "¿Qué diferencias has notado con el uso de NotebookLM respecto a la plataforma que estabas acostumbrada/o a usar?". Es crucial destacar el contexto de novedad de esta herramienta para la muestra: al inicio del ejercicio, NotebookLM era prácticamente inédita, siendo conocida previamente por un único estudiante en cada uno de los grupos de Sevilla y por ninguno en el grupo de Málaga. Las respuestas abiertas fueron sometidas a un análisis de categorías para identificar patrones de percepción, ventajas y limitaciones frente a los asistentes conversacionales de uso habitual a la hora de procesar la información.

RESULTADOS

Resultados de la pregunta "¿Qué IA habías usado?"

Los resultados muestran un uso generalizado de la IA en las etapas formativas iniciales de arquitectura. Además, se observa una diferenciación entre el uso más popular de entre las distintas plataformas de IA (figura 1).

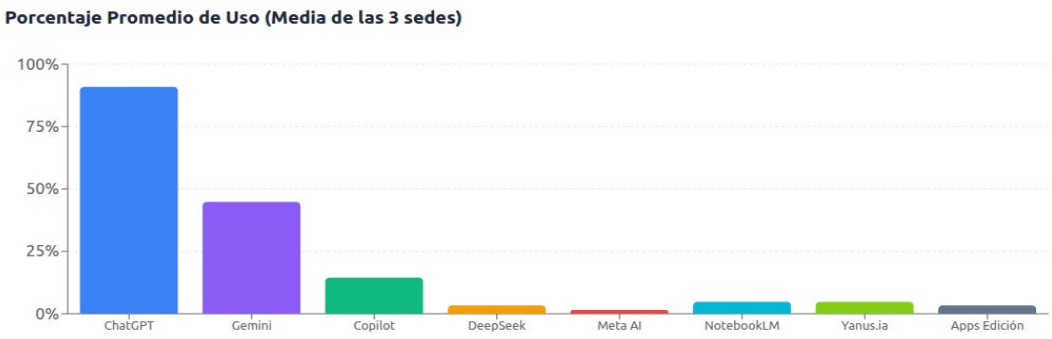


Figura 1. Porcentaje de uso de las distintas plataformas IA por el alumnado de arquitectura

ChatGPT se posiciona como la herramienta hegemónica, alcanzando un uso promedio del 90,9% al considerar los tres casos (con un uso del 100% en los grupos de la UMA y de la US Tarde). Le sigue *Gemini* con un 44,8% de uso promedio, lo que indica que una parte importante del alumnado no se limita a una sola opción, sino que ya usa múltiples IA. Asimismo, la aparición de IA secundarias como *Copilot* (14,5%), junto a menciones puntuales de IA más específicas o emergentes como *DeepSeek* o *NotebookLM*, sugiere una incipiente sofisticación en la selección tecnológica. Esto trae una profunda implicación pedagógica: la IA ha dejado de ser una innovación para convertirse en una herramienta básica y cotidiana. Por ello, las instituciones académicas deben superar el debate sobre la prohibición de la IA para centrarse en la transformación de sus metodologías. Esto implica rediseñar los talleres de proyectos, integrando herramientas de IA de forma estratégica y capacitando al alumnado en un uso ético, crítico y selectivo según cada necesidad educativa.

Percepción y contraste: El salto cualitativo hacia NotebookLM

Al analizar las diferencias percibidas, tras la interacción en clase con NotebookLM una herramienta nueva para el 90,9% del alumnado, emergen resultados claros que marcan una distinción respecto a las IA conversacionales como ChatGPT (tabla 1).

Tabla 1. Categorización, frecuencia y ejemplos representativos de diferencias percibidas en el uso de NotebookLM

Categorías	Subcategoría de análisis	Frecuencia	Ejemplo representativo del alumnado
Fiabilidad y Precisión	Anclaje documental	8	"Lo veo más fiable ya que se limita solo a lo que tú le aportas [...] no saca información de fuentes que yo no le haya aportado, no inventa nada."
	Rigor y exactitud	9	"Una información más científica, redactada de manera más limpia [...] te da la página en la que ha encontrado esa información."
Enfoque y Multimodalidad	Especificidad de las respuestas	13	"Ayuda en temas muy específicos y nichos [...] respuestas más precisas y profundas."
	Recursos visuales integrados	6	"Una diferencia muy buena es la capacidad de generar vídeos, esquemas, tarjetas en base a la información [...] ChatGPT lo habría hecho peor."
Limitaciones	Fluidez y profundidad	4	"Le falta fluidez a la hora de mantener la conversación [...] no profundiza tanto y repite muchas respuestas."
Cambio de Paradigma	Selección crítica de fuentes	1	"Tienes que ser tú el que hace una vista crítica sobre qué documentos proporcionarle."

Las distinciones más destacadas del alumnado son la fiabilidad y el anclaje documental. Las y los participantes valoraron de forma recurrente; por ejemplo, que la herramienta "se limita solo a lo que tú le aportas", "no saca información de internet sin necesidad de adjuntar yo nada" y "no inventa nada fuera de los documentos". Esto no se percibe como una limitación, sino como una mejora sustancial en la precisión y la fiabilidad académica, lo que, en palabras del alumnado, genera "información más científica" y "más fiable".

En segundo lugar, destaca la especificidad de las respuestas y la multimodidad. Frente a la generalidad que a veces se achaca a otras IA, NotebookLM es percibido como un entorno "más enfocado", ideal para "temas muy específicos y nichos". Además, el alumnado subraya el valor añadido de NotebookLM al aportar herramientas de estudio y visualización integradas (mencionando explícitamente la

generación de esquemas, mapas mentales, tarjetas y guías tipo podcast o "vídeos"), superando la interacción puramente textual y facilitando una mejor "organización visual" de la información. Sin embargo, también se identifican inconvenientes o limitaciones. Varios estudiantes perciben una menor "fluidez" para mantener conversaciones, una cierta tendencia a la "repetición de respuestas" y una menor capacidad autónoma para profundizar o redactar/sintetizar párrafos abiertos, en comparación con ChatGPT. Se destaca una respuesta que indica: "tienes que ser tú el que hace una vista crítica sobre qué documentos proporcionarle", ya que captura la principal implicación pedagógica del uso de herramientas basadas en RAG en el aula: exige un cambio de paradigma en el estudiante. Se transita de la delegación de la búsqueda (propia de los prompts en ChatGPT) a la selección crítica de fuentes como paso previo e indispensable. Cuando el estudiante asume este rol activo en la selección de fuentes, la percepción generalizada es que la IA se convierte en un "ahorro de tiempo enorme" que "facilita mucho el trabajo", alineándose de manera mucho más efectiva con el rigor exigido en el ámbito académico y de la investigación arquitectónica.

CONCLUSIONES

Este estudio evidenció la adopción de la IA por parte de la totalidad del alumnado de primer curso de arquitectura participante en este trabajo, la cual resultó ser una herramienta cotidiana. Sin embargo, al realizar una comparativa cualitativa, se identificó que el alumnado es capaz de discriminar entre la utilidad de un modelo conversacional abierto (rápido, pero generalista y propenso a inexactitudes) y el rigor de un entorno cerrado basado en fuentes primarias (NotebookLM), lo cual resulta importante para desarrollar el pensamiento crítico y la alfabetización en el uso de la IA. La valoración positiva de la fiabilidad, la precisión científica y las capacidades multimodales (generación de mapas y esquemas) señaladas por el alumnado como ventajas de la IA cerrada frente a la abierta es una muestra del valor que esta facilita para el estudio profundo y la organización visual de manera controlada, guiada y mediada por el profesorado de la asignatura.

A partir de estos hallazgos, se derivan implicaciones didácticas importantes para la enseñanza en talleres de proyectos y asignaturas teóricas afines:

1. La accesibilidad y el uso actual de la IA sugieren que las instituciones académicas abandonen políticas restrictivas y adopten una postura de alfabetización en torno a ella. Sería conveniente que la IA se integrara en las metodologías docentes, desde la guía docente.

2. El abordaje de problemas complejos mediante herramientas como NotebookLM puede forzar un cambio de rol en el alumnado. La competencia ya no reside únicamente en saber "cómo preguntar" a la IA, sino en la exigencia previa de seleccionar, evaluar y aportar documentos multidisciplinares sobre lo que se desea abordar desde la educación. La educación, así, puede contribuir a construir bases de conocimiento fiables (textos, normativas, referentes urbanos y sociológicos) que alimentarán a la IA y condicionarán sus respuestas.

3. Aprovechar las funciones de síntesis visual (esquemas, mapas mentales) de estas herramientas puede ser un buen punto de partida para las fases tempranas de análisis de problemáticas abiertas, facilitando el puente entre la lectura de textos complejos y la ideación gráfica de la propuesta.

4. Si las herramientas IA pueden ayudar a la síntesis y redacción inicial, los criterios de evaluación docente podrían orientarse hacia la capacidad crítica del estudiante para comprobar la información original, triangular fuentes y aplicar los resultados generados por la IA en resoluciones arquitectónicas tangibles que respondan al problema planteado.

A la luz de estos resultados preliminares y exploratorios se sugiere continuar investigando el uso de estas IA hacia una transición personalizada y cerrada de utilización de los mismos; por ejemplo, adoptando e investigando el uso de asistentes personalizados de IA (AIA) que permitan dar instrucciones a la vez que documentación cerrada a los asistentes. Además, se requiere estudiar un sistema que no sea ni abierto ni cerrado en el uso de la IA, en el que haya instrucciones y documentación que maneje la IA y que, mediante una personalización, se puedan construir AIA para tareas complejas en la educación.

Por ejemplo, a través de un AIA, el sistema orienta al estudiante, fomentando el desarrollo de sus habilidades cognitivas, metacognitivas y de aprendizaje autorregulado (Molenaar, 2022); siendo este, quizás, un buen punto para continuar a partir de las conclusiones de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto I+D PID2024-156217NI-I00 Critical Education on Socioscientific Issues in Pre-service Science and Technology Teacher Training: Applications of Artificial Intelligence Assistants, financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/Agencia Estatal de Investigación (MICIU/AEI/10.13039/501100011033) y Unión Europea (FEDER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bansal, V. (24 de noviembre de 2025). Estos trabajadores saben cómo funciona la IA y piden a sus amigos y familiares que no la usen: "Es un «no» rotundo". elDiario.es. https://www.eldiario.es/tecnologia/trabajadores-funciona-ia-piden-amigos-familiares-no-usen-no-rotundo_1_12791733.html

Bearman, M., & Ajjawi, R. (2023). Learning to work with the black box: Pedagogy for a world with artificial intelligence. *British Journal of Educational Technology*, *54*(5), 1160–1173. https://doi.org/10.1111/bjet.13337

Carcelén González, , R. (2019). Metodologías de Aprendizaje Activo en Proyectos Arquitectónicos y su incidencia en la motivación del alumnado universitario. *Innovación Educativa*, (29), 95-108. https://doi.org/10.15304/ie.29.5918

Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., ... & Wright, R. (2023). "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, *71*, 102642. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., ... & Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys*, *55*(12), 1-38. https://doi.org/10.1145/3571730

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., ... & Yih, W. T. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *33*, 9459-9474.

Lodge, J. M., Thompson, K., & Corrin, L. (2023). Mapping out a research agenda for generative artificial intelligence in tertiary education. *Australasian Journal of Educational Technology*, *39*(2), 1-8. https://doi.org/10.14742/ajet.8695

Molenaar, I. (2022). Towards hybrid human-AI learning technologies. *European Journal of Education*, *57*(4), 632-645. https://doi.org/10.1111/ejed.12527

Evolución de las opiniones de estudiantes de 4.º de ESO sobre la desextinción durante una propuesta didáctica

Cristina Ruiz González[1], Isabel María Cruz Lorite[2] y Ángel Blanco López[3]

[1]IESO Encomienda de Santiago, Socovos, Albacete, España. [2]Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza, España. [3]Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España.

*Correspondencia: [1]cristina.ruiz8@um.es

RESUMEN: La desextinción de especies animales comprende una variedad de técnicas que pretenden recuperar el ADN de especies actuales o extintas para obtener animales similares mediante cría selectiva o aplicaciones de las tecnologías de clonación. En los últimos años se ha convertido en una cuestión controvertida en el ámbito científico que está llegando a los estudiantes fundamentalmente a través de las redes sociales. Este estudio analiza la evolución de las opiniones (posicionamiento y habilidad argumentativa) de estudiantes de 15 a 16 años (4.º de ESO) de la asignatura de Cultura Científica durante una propuesta didáctica específica sobre la desextinción. Se recogieron datos en tres momentos clave de la secuencia de 14 actividades que, entre otras, incluía el mapeo de controversias y el juego de rol. Los resultados muestran que, mientras el mapeo inicial fomenta posturas favorables, el juego de rol desplaza la mayoría de las posiciones hacia otras más cautelosas o contrarias. Ambas actividades parecen actuar como motor de pensamiento crítico, ya que se observa un aumento significativo en la complejidad de las justificaciones, identificándose perfiles con diferentes grados de perspectiva sociocientífica del problema, lo que pone de manifiesto la eficacia de estas estrategias didácticas para la alfabetización científica.

PALABRAS CLAVE: toma de decisiones; argumentación sociocientífica; propuesta didáctica; desextinción

ABSTRACT: The de-extinction of animal species involves a variety of techniques that aim to recover the DNA of current or extinct species in order to obtain similar animals through selective breeding or the application of cloning technologies. In recent years, it has become a controversial issue in the scientific community, reaching students mainly through social media. This study analyses the evolution of the opinions (positioning and argumentative ability) of 15- to 16-year-old students in the subject of Scientific Culture during a specific teaching unit on de-extinction. Data was collected at three key moments during the sequence of 14 activities, which included, among other things, mapping controversies and role-playing. The results show that, while the initial mapping encourages favourable positions, the subsequent role-playing shifts most positions towards more cautious or contrary ones. Both activities seem to act as a driver of critical thinking, as there is a significant increase in the complexity of the justifications, identifying profiles with different degrees of socio-scientific perspective on the problem, which highlights the effectiveness of these strategies for scientific literacy.

KEYWORDS: decision-making; socio-scientific argumentation; teaching unit; de-extinction

INTRODUCCIÓN

La desextinción de especies (en adelante desextinción para abreviar) es un campo científico cuya finalidad es la generación de sustitutos de especies extintas que son funcionalmente equivalentes a las especies originales (IUCN, 2016) utilizando tecnologías de edición genética y clonación. Algunos aspectos considerados como positivos de la desextinción se centran en la justicia restaurativa, la conservación de la biodiversidad o la prevención del cambio climático (Odenbaugh, 2023), mientras que las críticas vienen principalmente desde las perspectivas ética (cumplimiento de los estándares de

bienestar animal, merma de recursos que podrían emplearse en conservación de especies aún vivas o "jugar a ser Dios") y ecológica (sus ecosistemas ya no están, podrían ser especies potencialmente invasoras o vectores de nuevas enfermedades) (Jørgensen, 2013; Odenbaugh, 2023). Esto la convierte en una cuestión sociocientífica (CSC) (Evagorou y Dillon, 2020), ya que se trata de un tema controvertido en el ámbito científico que actualmente estimula debates éticos, sociales y tecnológicos tanto en los medios de comunicación como en conferencias académicas, resultando en artículos de prensa, videos online, documentales, libros y artículos de investigación (Novak, 2018). El alumnado de E.S.O. ya tiene información sobre esta cuestión por distintos canales como la televisión o la red social TikTok. En un trabajo anterior (Ruiz *et al.*, 2024) se puso de manifiesto que la mayoría de alumnado de 14-16 años participante había recibido información sobre la desextinción y estaba a favor de estas técnicas. Sus justificaciones se centraron mayoritariamente en aspectos relacionados con los riesgos percibidos y con cuestiones científico-tecnológicas, éticas y ecológicas. Estos resultados mostraron que se trata de una cuestión controvertida para el alumnado participante, lo que la convierte en un tema interesante para ser abordado desde la enseñanza de las ciencias y para desarrollar las habilidades de argumentación sociocientífica (Sadler y Zeidler, 2005).

Aunque la desextinción no aparece explícitamente en el currículo actual de la E.S.O. (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022), este sí recoge expresamente que la materia Biología y Geología pretende el desarrollo de la curiosidad y la actitud crítica, así como el refuerzo de las bases de la alfabetización científica, destacando que permitirá al alumnado valorar el papel fundamental de la ciencia en la sociedad. Por ello, consideramos que el tratamiento de la desextinción en las clases de ciencias precisa de propuestas didácticas que aborden de forma integrada los conocimientos científicos recogidos en los currículos que pueden ayudar a los estudiantes a comprender mejor dicho problema (relacionados con la genética y los ecosistemas) (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022) junto con cuestiones sociales, ambientales, éticas, etc. Partiendo de una propuesta didáctica realizada en tal sentido (Ruiz *et al.*, 2025), en este trabajo se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo evolucionan, si así ocurre, las opiniones sobre la desextinción de un grupo de estudiantes durante una propuesta didáctica específica sobre esta cuestión?

PROPUESTA DIDÁCTICA

Se pretende con esta propuesta, fundamentalmente, ayudar a los estudiantes a comprender la complejidad del problema de la desextinción como CSC, mediante el uso de la cartografía de controversias (España-Naveira *et al.*, 2023) y el juego de rol (Cruz-Lorite *et al.*, 2023), y a entender y practicar la argumentación científica en el contexto de un juego de rol. La propuesta didáctica consta de 14 actividades que se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Propuesta didáctica [elaboración propia]

Incluye tres actividades de reflexión (denominadas momentos) en las que los estudiantes ponen de manifiesto su opinión sobre el problema (1, 3 y 14). Las actividades centrales para abordar el problema

son el mapeo de controversias (2, 11 y 13) y el juego de rol (5, 7, 8 y 9). El tratamiento de conocimientos científicos básicos relevantes para abordarlo, y relacionados con el currículo, se introducen a lo largo de la propuesta didáctica (actividades 4, 6, 10 y 12). La puesta en práctica se desarrolló durante el curso 2023/2024 en la materia de Cultura Científica de 4.º de E.S.O del IES Ramón y Cajal (Albacete) utilizando 9 horas de clase. Esta materia, optativa en Castilla-La Mancha, (Consejería de Educación, Cultura y Deportes, 2022), se consideró como un espacio idóneo para el desarrollo de la investigación, permitiendo una metodología basada en el debate y la búsqueda de información fiable y la comprensión de cómo la ciencia afecta a la sociedad y al medio ambiente, pilares que conectan directamente con las competencias específicas de los nuevos currículos de ciencias. En la propuesta didáctica participaron 14 estudiantes de 15-16 años. En este trabajo, se analizan las producciones de 7 de ellos, en adelante identificados como A, D, J (chicas) y G, M, N y S (chicos), que respondieron en los tres momentos de recogida de datos. Todos cursaban el nivel educativo correspondiente a su edad, excepto N que lo hacía por segunda vez. Todos ellos, excepto D, habían elegido como optativa la asignatura de Biología y Geología.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se trata de un estudio cualitativo en el que los datos se recogieron mediante una pregunta abierta en tres momentos de la propuesta didáctica (Figura 1): antes de comenzar (Momento 1), durante su desarrollo (Momento 2) y tras finalizar (Momento 3). La pregunta planteada fue: "¿Estás a favor o en contra de las investigaciones para la desextinción de animales? Justifica detalladamente las razones de tu respuesta". Se analizó la posición de los estudiantes en términos de "a favor", "en contra" o "indeciso" y para sus justificaciones se utilizó el sistema de categorías previamente desarrollado por los autores (Ruiz *et al*., 2024) (Tabla 1). La primera autora del trabajo, con experiencia previa en la aplicación del sistema de análisis, realizó la categorización de las respuestas de los estudiantes. Los escasos casos dudosos se resolvieron por consenso entre los tres investigadores.

Tabla 1. Categorías de análisis de las justificaciones (Ruiz *et al*., 2024)

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Riesgo (R)	Preocupación por las consecuencias para el ser humano de la desextinción
Científico-Tecnológico (C-T)	Importancia de estas investigaciones para el avance de la ciencia y la tecnología
Ético (Et)	Implicaciones morales de la modificación de seres vivos, las condiciones de vida que tendrían o el hecho de ser un proceso no natural
Ecológico (Ec)	Impacto en el ecosistema y la biodiversidad
Curiosidad (C)	Interés que suscitaría ver animales extintos en la actualidad
Evolución-Selección (E-S)	Causas determinadas de las extinciones, ahora no podrían vivir en la Tierra
Pragmático (P)	Posibles utilidades, o no, de estas aplicaciones
No Claro (NC)	No queda clara la motivación de la posición del estudiante

RESULTADOS

El diagrama de Sankey (Figura 2) muestra las posiciones y justificaciones del alumnado, de forma que: 1) los nodos (barras laterales y centrales) representan los tres momentos evaluados (M1, M2 y M3); 2) los colores representan posiciones a favor (turquesa), en contra (granate) o indecisas (ocre); 3) cada flujo representa a un estudiante; 4) las etiquetas blancas con texto negro identifican a cada estudiante y las categorías de justificaciones que han utilizado (Tabla 1). Como se muestra en la figura 2, los estudiantes comienzan la propuesta didáctica con posiciones diversas con respecto al problema: 3 a favor, 3 en contra y 1 indeciso. En el momento 2, después del primer mapeo de la controversia, hay una evolución hacia posiciones favorables (5 de 7), y en el momento 3, al final de la propuesta didáctica, el grupo vuelve a tener una distribución más equilibrada, aunque más inclinada a posiciones contrarias (4 de 7).

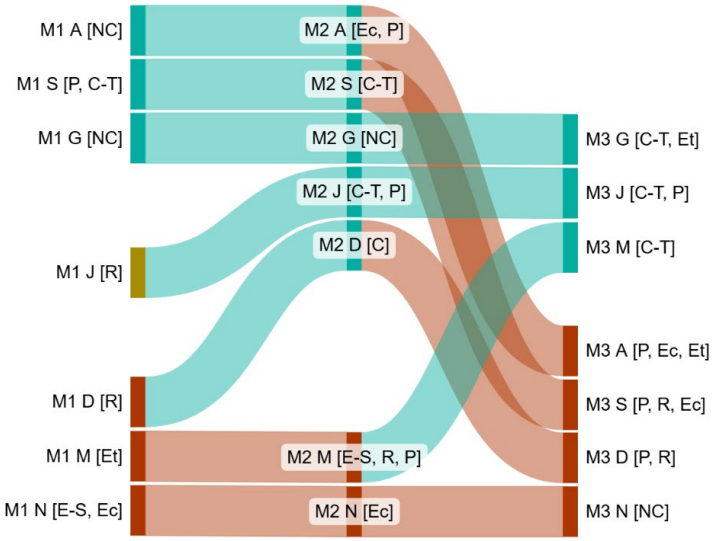


Figura 2. Diagrama de Sankey con la posición y justificaciones del alumnado en 3 momentos de la propuesta didáctica. Generado con SankeyMatic (https://sankeymatic.com)

Con respecto a las justificaciones, en la Tabla 2 se muestran las frecuencias de las categorías utilizadas en cada momento.

Tabla 2. Frecuencia de cada categoría de justificación identificada en las respuestas de los estudiantes en cada momento

CATEGORÍAS DE JUSTIFICACIONES	MOMENTO			TOTAL
	M1	M2	M3	
Pragmático (P)	1	3	4	8
Científico-Tecnológico (C-T)	1	2	3	6
Ecológico (Ec)	1	2	2	5
Riesgo (R)	2		2	4
Ético (Et)	1		2	3
Evolución-Selección (E-S)	1	1		2
Curiosidad (C)		1		1
Total de justificaciones categorizadas	**7**	**10**	**13**	**30**
No Claro (NC)	2	1	1	4

En primer lugar, se aprecia un aumento en la cantidad de justificaciones empleadas por los estudiantes a lo largo de la propuesta didáctica: 7 en el Momento 1 ($\bar{x}$=1), 10 en el Momento 2 ($\bar{x}$=1,7) y 15 en el Momento 3 ($\bar{x}$=2,5). Esto muestra cómo a medida que se desarrollaba la propuesta didáctica los estudiantes utilizaban más conocimientos y puntos de vista para elaborar sus justificaciones. Los dos ejemplos siguientes de respuestas textuales del estudiante M y la estudiante A al comienzo y al final de la propuesta didáctica ponen de manifiesto diferentes niveles de elaboración en sus justificaciones:

- M(M1): "No, porque cuando una especie se extingue y ya, lo de desextinción sería en contra de la naturaleza".
- M(M3): "A favor, ya que esto permitirá aportar nuevos conocimientos a la ciencia y la humanidad y podríamos estudiar a los animales desextintos y poder estudiarlos".
- A(M1): "Si, pero preferentemente si estos animales ya han fallecido".

- A(M3): "Estoy en contra debido a que no me parece bien y pienso que tenemos que proteger a los que ahora están en peligro en vez de gastar millones de euros en algo que puede que ni salga bien y que además puede afectar al ecosistema porque hay animales que pueden perjudicar y no sabemos cómo reaccionarían esos animales al volver a estar en la Tierra porque desde que se extinguieron todo ha cambiado mucho, el clima por ejemplo y no sabríamos cuál es el que mejor adaptado está y tendríamos que estar transportándolos y eso al final les estresa porque son animales y tienen sentimientos y no podemos estar experimentados con ellos como si nada. Además, no sería volver a traer a la vida a los animales extinguidos sino que serían híbridos de especies".

Las justificaciones estaban centradas (Tabla 2) sobre todo en la perspectiva pragmática (P), aspectos científicos y tecnológicos (C-T) y ecológicos (E). Las relativas a riesgos (R), a los aspectos éticos (Et) o la evolución-selección (E-S) fueron menos frecuentes. Atendiendo a la evolución de la posición de cada estudiante y los tipos de justificaciones aportadas durante la propuesta didáctica, podemos identificar cuatro perfiles de cambio:

1. Sin cambios (2 estudiantes). N y G mantienen la misma posición durante toda la propuesta didáctica, estando N en contra y G a favor de la desextinción. Sin embargo, mientras que G aumenta la variedad de sus justificaciones a lo largo de la propuesta, N muestra la tendencia inversa.

2. Cambio tras el mapeo (1 estudiante). J comenzó con una posición indecisa, pasó a estar a favor tras el mapeo y mantuvo esta posición tras el juego de rol. La variedad de justificaciones aumentó tras el mapeo y luego se mantuvo.

3. Cambio tras el juego de rol (3 estudiantes). A y S comenzaron a favor de la desextinción, pasaron a estar en contra tras el juego de rol y la variedad de sus justificaciones aumentó a lo largo de la propuesta didáctica. M muestra el caso contrario, estando en contra al principio y a favor tras el juego de rol, aumenta la variedad de sus justificaciones tras el mapeo, pero que esta disminuye tras el juego de rol.

4. Dos cambios (1 estudiante). D comenzó estando en contra de la desextinción, pasó a estar a favor tras el mapeo y volvió a estar en contra tras el juego de rol. Hay cierto aumento en la variedad de sus justificaciones entre los Momentos 1 y 3.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, que tienen que ser considerados como preliminares, debido al reducido número de estudiantes participantes, muestran que la secuencia de enseñanza ha influido en las opiniones de los estudiantes sobre la desextinción, que se manifiesta fundamentalmente en:

a. Los cambios de posición identificados durante el desarrollo de la misma. El mapeo de la controversia (entre M1 y M2), parece actuar como un catalizador del entusiasmo tecnológico. Al plantear diferentes perspectivas sobre el problema, la mayoría (5 estudiantes de 7) se inclina hacia el "sí", posiblemente influenciados por las posibilidades científico-tecnológicas; mientras que con el juego de rol (entre M2 y M3), al tener los alumnos que debatir y argumentar otras perspectivas (economía, medio ambiente, ética, etc.), cuatro de ellos muestran posiciones en contra.

b. Los cambios de posición se acompañan con respuestas cada vez más elaboradas, esto es, con mayor cantidad de justificaciones diferentes.

c. La estabilidad de ciertos perfiles que puede interpretarse como un indicador de resistencia cognitiva, entendida como la tendencia a proteger creencias previas frente a información que desafía valores o marcos conceptuales existentes (Sadler y Zeidler, 2005; Newton y Zeidler, 2020). Por otro lado, el cambio de posición en el resto de perfiles puede interpretarse como un avance en la toma de perspectiva sociocientífica, entendida como la capacidad de reconocer e integrar múltiples dimensiones sociales, éticas y científicas implicadas en un problema (Newton y Zeidler, 2020).

d. La asociación entre tipos de justificaciones y distintas posiciones. Por ejemplo, las justificaciones de tipo Riesgo y Ecológico se utilizan principalmente para apoyar posiciones en contra, mientras que las Científico-Tecnológicas se utilizan para posiciones a favor. Las Utilitarias aparecen asociadas a ambas posiciones.

Consideramos que esta investigación realiza una aportación importante a la enseñanza de CSC. Se centra en la desextinción de especies, un problema poco tratado en la literatura, que está ocupando cada vez más espacio en los medios de comunicación y en las redes sociales y aporta una propuesta didáctica que incluye dos metodologías que se han mostrado eficaces para el tratamiento de CSC: cartografía de controversias (España-Naveira *et al.*, 2023) y juego de rol (Cruz-Lorite *et al.*, 2023).

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales (ÁPICE) por una Bolsa de Viaje Postdoctoral 2023 y al proyecto PPRO-HUM974-G-2023 (HUM974-G-FEDER), financiado por la Universidad de Málaga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. del C. y Blanco-López, Á. (2023). Preservice primary teachers' positions on nuclear power before and after a role play. *Journal of Turkish Science Education, 20*(3), 379-398. https://doi.org/10.36681/tused.2023.022

Consejería de Educación, Cultura y Deportes. (2022). *Decreto 84/2022, de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y el currículo de Bachillerato en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha.* Diario Oficial de Castilla-La Mancha. https://docm.jccm.es/docm/descargarArchivo.do?ruta=2022/07/14/pdf/2022_6509.pdf

Evagorou, M. y Dillon, J. (2020). Introduction: Socio-scientific issues as promoting responsible citizenship and the relevance of science. En Evagorou, M., Nielsen, J.A. and Dillon, J. (Eds.), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship. Contemporary Trends and Issues in Science Education, 52*, (pp. 1-11). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40229-7_1

España-Naveira, P., Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Cabello-Garrido, A., España-Ramos, E., González-García, F. J. y Blanco-López, Á. (2023). Enfoque de cartografía de controversias para abordar cuestiones socialmente vivas desde la enseñanza de la ciencia y la tecnología.*Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 20*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3101

IUCN SSC. (2016). *IUCN SSC guiding principles on creating proxies of extinct species for conservation benefit.* International Union for Conservation of Nature Species Survival Commission. https://portals.iucn.org/library/node/46248

Jørgensen, D. (2013). Reintroduction and de-extinction. *BioScience, 63*(9). 719-720. https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.9.6

Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado,* (76), 41571-41789. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217

Newton, M. H., y Zeidler, D. L. (2020). Developing socioscientific perspective taking. *International Journal of Science Education. 42*(8), 1302–1319, https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1756515.

Novak, B.J. (2018). De-extinction. *Genes, 9*(11), 1-33. https://doi.org/10.3390/genes9110548

Ruiz, C., Cruz-Lorite, I. M. y Blanco, A. (2024). Puntos de vista de estudiantes de 14-16 años sobre la desextinción. En *31 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Hacia una educación científica alineada con la Agenda 2030*, (pp. 319-325). Servicio de Publicaciones e Imagen Internacional de la Universidad de Burgos.

Ruiz, C., Cruz-Lorite, I. M. y Blanco, A. (2025). Abordando la desextinción de especies en la enseñanza de la biología en la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín de la AIA-CTS*, 22, 36-45.

Sadler, T. D. y Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(1), 112–138. https://doi.org/10.1002/tea.20042

Odenbaugh, J. (2023). Philosophy and ethics of de-extiction. *Cambridge Prisms: Extinction, 1, e7*, 1-7. https://doi.org/10.1017/ext.2023.4

Ideas no basadas en evidencias científicas en los futuros docentes de primaria

Jordi Solbes[1], Rafael Palomar [1] y M. Francisca Petit[1]

[1] Departament Didàctica de les ciències experimentals i socials, Universitat de València, España
* Correspondencia: jordi.solbes@uv.es

RESUMEN: El objetivo principal de este estudio es determinar el grado de acuerdo del futuro profesorado de primaria respecto a diferentes ideas no basadas en la evidencia científica. Asimismo, como segundo objetivo, intentaremos aclarar si existen diferencias en función de la modalidad de bachillerato cursada. El instrumento utilizado ha sido un cuestionario formado por diferentes ítems sobre negacionismos y pseudociencias legitimadoras aplicado a una muestra de estudiantes de segundo año del grado de Maestro/a de Educación Primaria (N=235), que están cursando la asignatura de Ciencias Naturales para Maestros. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los futuros docentes de Educación Primaria mantienen algunas de estas ideas, lo que sugiere carencias en el pensamiento crítico y científico. En cuanto a la influencia de la modalidad de bachillerato escogida, se observa que el alumnado que cursó ciencias sociales obtiene mejores resultados en uno de los ítems, mostrando diferencias estadísticamente significativas con las otras dos modalidades.

PALABRAS CLAVE: pseudociencias; pensamiento crítico; cuestiones sociocientíficas; educación científica;

ABSTRACT: The main objective of this study is to determine the level of agreement among future primary school teachers regarding various ideas not based on scientific evidence. A secondary objective is to clarify whether differences exist depending on the high school track taken. The instrument used was a questionnaire consisting of various items on denialism and legitimizing pseudoscience, administered to a sample of second-year students in the Primary Education Teacher Training program (N=235) who are currently taking the Natural Sciences for Teachers course. The results obtained reveal that future primary school teachers hold some of these ideas, suggesting deficiencies in their critical and scientific thinking. Regarding the influence of the chosen high school track, it was observed that students who studied social sciences obtained better results on one of the items, showing statistically significant differences compared to the other two tracks.

KEYWORDS: pseudoscience; critical thinking; socio-scientific issues; science education

INTRODUCCIÓN

Dada la cantidad de desinformación anticientífica que circula por las redes sociales e Internet como los negacionismos, pseudociencias de diversos tipos, anticiencia, conspiranoias, bulos, etc. (Dieguez, 2024; Solbes et al., 2018), es conveniente encontrar una denominación común para todas ellas, como la de creencias o ideas no basadas en la evidencia científica. Algunas, como la astrología, la homeopatía, etc. (Kaplan, 2014; Uskola, 2016) han sido ampliamente investigadas. En otras, como los negacionismos y las pseudociencias legitimadoras, hay menos investigación y por eso nos ocupamos de ellas en este trabajo. Son doctrinas o prácticas que utilizan un lenguaje técnico y postulados científicos no demostrados para sostener ideologías, discursos de autoridad o intereses económicos y sociales (Solbes et al., 2018). Por su carácter irracional y emotivo los algoritmos favorecen su propagación en las redes sociales y en los medios de comunicación.

Estas ideas pseudocientíficas se han utilizado en diferentes momentos de la historia dentro de contextos sociales, culturales e institucionales más amplios e incluso intentan introducirse en ámbitos académicos y universitarios, buscando credibilidad (Edis, 2018). Su circulación actual en una sociedad cada vez más globalizada y saturada de medios resalta la importancia de abordarlas explícitamente en la formación

docente, ya que su aceptación pone de manifiesto un bajo nivel de pensamiento crítico y puede tener impacto en la comprensión pública de la ciencia y en la práctica educativa.

Por ello, en este trabajo nos planteamos las siguientes preguntas: ¿los estudiantes que se preparan para ser docentes de primaria poseen creencias en pseudociencias legitimadoras? ¿Existen diferencias entre ellos atendiendo al bachillerato cursado?

MARCO TEÓRICO

Bajo el epígrafe de ideas no basadas en evidencias se pueden agrupar tanto los negacionismos como diversas ideas pseudocientíficas (las de la salud, las clásicas, las legitimadoras) que, sin respaldo empírico sólido, adoptan la apariencia de discursos científicos para ganar legitimidad. El negacionismo se define como el empleo de argumentos retóricos destinados a simular un debate legítimo donde no existe tal controversia (European Public Health Association, 2009). Su objetivo es rechazar propuestas ampliamente aceptadas por la comunidad científica, como ocurre con los defensores de la Tierra plana, los negacionistas del cambio climático o los creacionistas que rechazan la teoría de la evolución (Holton, 1998).

Entre sus rasgos característicos se encuentran la apelación a supuestas conspiraciones científicas, la adopción de posturas abiertamente anticientíficas, el uso de falsos expertos para desacreditar a investigadores consolidados y la selección sesgada de evidencias (*cherry-picking*), citando estudios aislados o destacando debilidades marginales del consenso científico. Asimismo, recurren a la formulación de exigencias inalcanzables y al uso de tergiversaciones y falacias lógicas. Estas estrategias han sido empleadas, por ejemplo, tanto por negacionistas del cambio climático como por industrias como la del tabaco para contrarrestar la evidencia sobre los efectos nocivos del humo (European Public Health Association, 2009).

En esta misma línea, en la sociedad emergen ideas pseudocientíficas y sofismas en lo que Edis (2018) denomina una "zona gris", especialmente en ámbitos como la economía, la psicología o la biología. Un ejemplo es el determinismo genético, que sostiene que el cociente intelectual es mayoritariamente hereditario, ignorando la influencia del entorno y del aprendizaje; esta postura ha sido ampliamente cuestionada desde la biología (Gould, 1997), las neurociencias (Willingham, 2011) y la didáctica de las ciencias (Puig y Jiménez Aleixandre, 2010). Esta línea de pensamiento ofrece la idea de que la competencia selecciona a los más adaptados y, como lo hizo el darwinismo social en su momento, extrapola la teoría de Darwin a la sociedad.

En el campo de la economía, la tesis de la eficiencia del libre mercado y su supuesta necesidad de desregulación también ha sido objeto de fuertes críticas de numerosos economistas, incluidos premios Nobel como Krugman, Sen o Stiglitz (2010). En la enseñanza de las ciencias este tema aparece cuando se trata la energía y potencia en la factura de la electricidad, cuyo coste se explica porque el mercado eléctrico no es libre (Palomar et al., 2024).

Nuestra hipótesis de partida es que los futuros docentes de Primaria mantienen algunas de estas ideas, con cierta influencia de la modalidad de bachillerato escogida.

Así, la persistencia de estas creencias entre el futuro profesorado pone de manifiesto que la enseñanza de las ciencias no es suficiente para cuestionarlas y que para desarrollar el pensamiento crítico (PC) es necesario abordar en la educación cuestiones sociocientíficas (Torres y Solbes, 2016). Si el profesorado no desarrolla el pensamiento crítico puede llevarlos a transmitir ideas erróneas a sus alumnos.

METODOLOGÍA

Se ha utilizado una muestra de conveniencia de estudiantes de segundo año de Magisterio de Primaria (N=235), cursando la asignatura de Ciencias Naturales para Maestros de 9 ECTS, que contiene, entre otros, un tema dedicado a la energía y otro a la biodiversidad, en la que se pueden tratar CSC relacionadas con estas pseudociencias. El instrumento utilizado ha sido un cuestionario formado por diferentes ítems

sobre creencias pseudocientíficas, que se seleccionan del conjunto más amplio (Solbes et al., 2018) por su carácter negacionista y legitimador. El nivel de acuerdo con cada afirmación se graduó mediante una escala Likert sin opción intermedia o neutra. El cuestionario fue revisado para su validación por profesores y expertos en didáctica de las ciencias, así como por un profesor de economía, y se realizó un ensayo pilot. Para esta comunicación se presentan los resultados de cinco de estas afirmaciones, relacionadas con una intención legitimadora o negacionista. La fiabilidad se evaluó mediante el alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,706, lo que demuestra la consistencia interna del cuestionario, siendo suficientemente alta para el propósito de este trabajo y superior al valor convencionalmente aceptado (0,7).

Tabla 1. Cuestionario de ideas no basadas en evidencias científicas

1. El cociente intelectual (CI) mide la inteligencia general del individuo. En su mayor parte es fruto de la herencia, por lo que es poco modificable por el ambiente familiar y escolar.
2. El libre mercado se caracteriza por producir bienes y servicios a bajos costes, maximizando los beneficios de las empresas y la utilidad de los agentes. En consecuencia, la intervención del estado debe ser mínima.
3. Los principios de la selección natural funcionan también en las instituciones humanas, por ello, el darwinismo social considera que hay que favorecer la competición (étnica, nacional, de clase, etc.) por los recursos naturales o los puestos sociales para garantizar el progreso
4. El hombre no desciende de otros primates, sino que fue creado en un momento determinado de la historia de la Tierra.
5. El cambio climático actual no está producido por el ser humano, sino que es fruto de causas naturales.

RESULTADOS

De la muestra total, analizamos la modalidad de 207 estudiantes, tras descartar a los estudiantes procedentes de otros grados y ciclos educativos. De ellos, solo el 20,8% provienen de una especialidad científica secundaria, un valor muy bajo como es habitual en este grado. Se han agrupado las contestaciones que muestran cierto grado de acuerdo (De acuerdo y Más bien de acuerdo) para establecer el grado de aceptación de las afirmaciones planteadas (ver tabla 2)

Tabla 2. Porcentaje de aceptación obtenido para cada una de las afirmaciones

Ítem abreviado del cuestionario	Ciencias Sociales (N=110)	Ciencias (N=43)	Humanidades (N=54)	Total (N=235)
El cociente de intelectual	11.8%	18.6%	13.0%	14.0%
El mercado libre	52.7%*	65.1%	77.8%	59.6%
Selección natural en instituciones humanas	32.7%	32.6%	38.9%	33,6%
Los humanos fueron creados	7.3%	7.0%	1.9%	6.8%
Cambio climático por causas naturales	4.5%	2.3%	13.0%	8.1%

*Nota: * indica diferencias significativas con test Chi-Cuadrado (p<0,05)*

Al considerar el CI como medida de inteligencia, mayormente hereditaria, se observa un bajo porcentaje del total de la muestra (14,0%), como cabe esperar en futuros maestros, ya que, si el CI es hereditario, la enseñanza es innecesaria. Aun así, es un resultado elevado si se tiene en cuenta su amplia formación pedagógica y psicológica.

La primera en porcentaje de acuerdo hace referencia al mercado "libre" y la necesidad de desregularlo, con un acuerdo total de 59,6%. Este nivel sea posiblemente fruto de la formación ambiental (redes, medios de comunicación) que ha creado esta idea como parte del imaginario popular. Es el único ítem que muestra diferencias estadísticamente significativas entre modalidades, en concreto entre los de Humanidades y los de Ciencias Sociales. El motivo puede deberse a que el currículo de Economía cursado por el alumnado de CCSS señala "la necesidad de analizar con espíritu crítico los fallos y límites del mercado", aunque visto el alto porcentaje de acuerdo, es posible que no se esté tratando adecuadamente en el aula.

La segunda en porcentaje de acuerdo, la idea que la selección natural aplica a las instituciones humanas, obtiene en promedio un 33,6%. Esta aceptación del darwinismo social no muestra diferencias entre las tres modalidades de bachillerato, lo que podría deberse al hecho de que la enseñanza de la biología en Secundaria se ha centrado en los mecanismos de la evolución sin abordar esa relación indebida.

Las creencias de los docentes sobre la creación humana en un momento determinado de la historia son muy pequeñas (6,8 %), inferiores a las obtenidas en Estados Unidos (Losh y Nzekwe , 2011), quizás porque el creacionismo está menos presente en la sociedad española y porque la teoría de la evolución se enseña desde los primeros cursos de secundaria, aunque en Primaria el currículo español se limita a los conceptos de biodiversidad y extinción (Vázquez y Bugallo, 2018).

Aunque sea una de las dos más pequeñas, el cambio climático asociado con causas naturales (no antropogénicas) aún tiene una tasa de aceptación cercana al 8,1% entre los futuros docentes, a pesar del consenso científico generalizado de lo contrario en los últimos años, transmitido en las asignaturas científicas. Vale la pena recordar que el currículo español insiste en este concepto desde la educación primaria, y continúa en diferentes materias de todos los cursos de secundaria, cobrando más protagonismo con el transcurso de las sucesivas leyes educativas (Morote y Olcina, 2022).

CONCLUSIONES

Nuestra hipótesis de que los futuros docentes de Primaria mantienen algunas de estas ideas ha sido confirmada, en especial, la idea que la selección natural aplica a las instituciones humanas y la del libre mercado. Además, un caso especialmente preocupante por lo que significa en esta muestra, es el 14% del alumnado que considera el CI poco modificable por el entorno, lo que podría provocar una baja expectativa de cambio de estos futuros docentes respecto a sus futuros alumnos. En cuanto a la influencia de la modalidad de bachillerato escogida, se observa que el alumnado que curs**ó** ciencias sociales tiene mayor conciencia sobre las limitaciones del libre mercado, con diferencias estadísticamente significativas respecto al de humanidades. Este pone de manifiesto que cuando los conceptos relacionados con afirmaciones pseudocientíficas son trabajados desde la educación el porcentaje de acuerdo con estas es menor. Pero parece que su presencia en el currículo tal y como está planteada actualmente no es suficiente, como lo evidencia la prevalencia de alguno de ellos, y debería insistirse más en su tratamiento en el aula desde el punto de vista del pensamiento crítico. -

La creencia en estas ideas no basadas en evidencias refleja una tendencia de los futuros docentes a preservar los marcos explicativos establecidos y a aceptar interpretaciones tradicionales de las afirmaciones de conocimiento, incluso cuando carecen de un respaldo científico sólido, lo que pone de manifiesto un bajo nivel de pensamiento crítico (Holton, 1998). Y podría estar reflejando a su vez una amplia difusión de las mismas en las redes sociales.

Por ello, para abordar los desafíos y necesidades de las sociedades democráticas, los ciudadanos necesitan la información necesaria para cuestionar las pseudociencias mencionadas. Fomentar la alfabetización científica puede ayudarlos con esta tarea, como señala la UNESCO (2021), pero, además, hay que fomentar el pensamiento crítico mediante la enseñanza a los futuros docentes de cuestiones sociocientíficas (Puig y Jiménez Aleixandre, 2010; Torres y Solbes, 2016) que trabajen este tipo de ideas.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo forma parte del proyecto PID2022-142019OB-I00 (formaprofe4), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Edis, T. (2018). From creationism to economics. How far should analyses of pseudoscience extend? *Mètode Science Studies Journal* (8), 141-147. https://doi.org/10.7203/metode.8.10001

European Public Health Association. (2009). Denialism: what is it and how should scientist respond? *European Journal of Public Health, 19*(1), 2-4. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckn139

Diéguez, A. (2024). Negacionismo, anticiencia y pseudociencia. *Revista Ambienta, (138).* https://www.revistaambienta.es/content/dam/revistaambienta/estructura/hist%C3%B3rico-revistas/2024-(138-141)/138/articulos_pdf/03_138.pdf

Gould, S.J. (1997). *La falsa idea del hombre*. Ed. Revisada y ampliada. Crítica.

Holton, G. (1998). *Science and Anti-Science.* Harvard University Press.

Kaplan, A. O. (2014). Research on the pseudo-scientific beliefs of pre-service science teachers: a sample from astronomy-astrology. *Journal of Baltic Science Education*, 13(3), https://doi.org/10.33225/jbse/14.13.381

Losh, S. C. y Nzekwe, B. (2011). Creatures in the classroom: Preservice teacher beliefs about fantastic beasts, magic, extraterrestrials, evolution and creationism. *Science & Education, 20*(5-6), 473-489. https://doi.org/10.1007/s11191-010-9268-5

Morote, Á.F. y Olcina, J. (2022). Canvi climàtic i educació. Una revisió de la documentació oficial. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, *69*(1), 107–134. https://doi.org/10.5565/rev/dag.749

Palomar, R.; Petit, Mª F. y Solbes, J. (2024). Energía y potencia en la factura de la luz. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (117), 43-49

Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M. (2010). What do 9th grade students consider as evidence for or against claims about genetic differences in intelligence between black and white 'races'? In M. Hammann, A. Waarlo, & K. Boersma, *The nature of research in biological education: old and new perspectives on theoretical and methodological issues* (pp. 153-166). Utrecht University.

Solbes, J., Palomar, R. y Dominguez-Sales, M.C (2018). To what extent do pseudosciences affect teachers? A look at the mindset of science teachers in training *Mètode Science Studies Journal*, 8, 188-195. https://doi.org/10.7203/metode.8.9943

Stiglitz, J. (2010). *Caída libre. El libre mercado y el hundimiento de la economía mundial.* Editorial Taurus.

Torres, N. y Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las ciencias*, 34(2), 43-65. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1638

Vázquez, L. y Bugallo, Á. (2018). El modelo de evolución biológica en el curriculum de Educación Primaria: Un análisis comparativo a nivel internacional. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *15*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3101

UNESCO (2021). *UNESCO Science Report: The Race Against Time for Smarter Development*. S. Schneegans, T. Straza and J. Lewis (eds). UNESCO Publishing

Uskola, A. (2016). ¿Los productos homeopáticos pueden ser considerados medicamentos? Creencias de maestras/os en formación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13* (3), 574-587. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.05

Willingham, D.T. (2011). ¿Por qué a los niños no les gusta ir a la escuela? Graó.

Uso de fuentes de conocimiento y su evolución en ensayos de Biología

Sonia Carolina Sepúlveda González[1] y Anna Marbà Tallada[2]

[1]Grup de Recerca Llenguatge i Ensenyament de les Ciències (LIEC) de la Universitat Autònoma de Barcelona.
[2]Universitat Autònoma de Barcelona

RESUMEN: En este trabajo se analiza cómo el alumnado aplica distintas fuentes de conocimiento, una vez trabajadas de manera explícita, en la escritura de tres ensayos sobre temas científicos que plantean dilemas en los que deben posicionarse. La muestra se compone de 47 estudiantes de entre 14 y 15 años que cursan la materia de Biología y Geología, en un contexto de enseñanza orientado al desarrollo de la cognición epistémica a lo largo del curso. Para ello, se diseñó una secuencia didáctica estructurada en varias unidades, en la que la elaboración de ensayos argumentativos constituía la actividad final en distintas fases del proceso de aprendizaje. Los resultados muestran que, cuando las fuentes de conocimiento se trabajan explícitamente, el alumnado tiende a utilizarlas en mayor medida en sus ensayos; sin embargo, no se observa un aumento en el número de estudiantes que recurre a ellas. Estos hallazgos respaldan la relevancia de incorporar en la enseñanza de las ciencias actividades orientadas al desarrollo de la cognición epistémica, especialmente aquellas que promueven el uso consciente y fundamentado de fuentes de conocimiento en el posicionamiento del alumnado sobre temas relacionados con la ciencia.

PALABRAS CLAVE: fuentes de conocimiento; cognición epistémica; educación científica; pensamiento crítico.

ABSTRACT:

This study examines how students draw on different sources of knowledge once these have been explicitly addressed when writing three essays on scientific issues involving dilemmas that require them to take a position. The sample comprised 47 students aged 14–15 enrolled in Biology and Geology classes within an instructional context aimed at fostering epistemic cognition throughout the school year. To this end, a teaching sequence structured into several units was designed, in which the production of argumentative essays served as the culminating task at different stages of the learning process. The results show that, when sources of knowledge are explicitly addressed, students tend to draw on them to a greater extent in their essays; however, no increase is observed in the number of students who draw on them. These findings highlight the importance of incorporating activities aimed at fostering epistemic cognition into science education, particularly those that promote the conscious and well-founded use of sources of knowledge when students take positions on science-related issues.

KEYWORDS: epistemic cognition; sources of knowledge; science education; critical thinking.

MARCO TEÓRICO

La evidencia actual indica que tanto estudiantes como adultos enfrentan dificultades significativas para distinguir información fiable de desinformación en redes sociales, plataformas de mensajería o sitios web (Barzilai y Chinn, 2019; Kozyreva et al., 2022). En España, por ejemplo, el uso de internet está ampliamente extendido, con más del 90% de la población que accede a la red de forma frecuente, y los medios digitales se han consolidado como una vía relevante de acceso a la información científica, especialmente entre la población joven, que recurre a plataformas como YouTube y redes sociales para informarse (INE, 2024; FECYT, 2025). Esta situación adquiere especial relevancia frente a la creciente amenaza de la desinformación, señalada como uno de los principales riesgos a corto plazo para la cohesión social y la confianza en la información (Poushter et al., 2025). Además, los rápidos avances en inteligencia artificial generativa y los nuevos marcos de alfabetización mediática y digital

(OCDE, 2026) hacen aún más urgente preparar al alumnado para evaluar críticamente la información y aprender a identificar fuentes confiables (Chinn et al., 2023; Kozyreva et al., 2022).

En este contexto, enseñar a los estudiantes a reconocer y utilizar fuentes de conocimiento confiables se vuelve fundamental. La cognición epistémica, entendida como la capacidad de reflexionar sobre el propio conocimiento y sobre cómo justificamos nuestras creencias, proporciona el marco conceptual para esta preparación (Barzilai y Chinn, 2018; Chinn et al., 2011). Esta dimensión ya forma parte de la competencia científica en los marcos de PISA 2022 y 2025, orientada a que la ciudadanía pueda participar en discursos razonados sobre ciencia, tecnología y sostenibilidad (OCDE, 2023). El modelo AIR (Chinn et al., 2014) describe tres componentes que guían la construcción de creencias justificadas: los *Epistemic Aims and Values*, que corresponden a las metas que orientan la evaluación de información, como la búsqueda de la verdad o la comprensión de un fenómeno; los *Epistemic Ideals*, que son los criterios y estándares utilizados para evaluar la calidad del conocimiento; y los *Reliable Processes*, que incluyen los procedimientos fiables mediante los cuales se produce o evalúa el conocimiento, como la replicación de estudios o la revisión por pares (Barzilai y Chinn, 2018; Macedo-Rouet et al., 2023).

Dentro de este marco, las fuentes de conocimiento constituyen una herramienta clave para sustentar opiniones y tomar decisiones fundamentadas. Entre las más habituales que usan las personas se encuentran: *Expert Testimony*, el conocimiento basado en especialistas o instituciones confiables (Chinn et al., 2011; Keren, 2007); *Lay Testimony*, proveniente de personas sin especialización formal, incluidos familiares, amigos (Fisher, 1990) o incluso la figura de influencers en la actualidad (Osborne et al., 2022); *Reasoning*, que implica conectar hechos y datos para interpretar fenómenos (Chinn et al., 2011; Ogborn, 1998); *Experience*, derivado de todo lo que percibimos, de nuestras vivencias personales (Chinn et al., 2011; Kuhn et al., 2002); y *Personal Characteristics*, que incluye emociones, valores, intereses o sesgos cognitivos que afectan la percepción y el juicio (Barzilai y Chinn, 2018; Kahneman, 2012; Efklides y Schwartz, 2024). Cada una de estas fuentes cumple un papel distinto y su pertinencia depende tanto del tipo de afirmación como del contexto en el que se utiliza, reflejando la aplicación práctica de los objetivos, criterios y procesos epistémicos descritos en el modelo AIR.

Preparar al alumnado para usar estas fuentes no solo consiste en que las reconozcan, sino en que desarrollen la habilidad de integrarlas adecuadamente en sus argumentos y evaluarlas críticamente. Enseñar a diferenciar cuándo confiar en un testimonio experto frente a experiencias propias o razonamientos lógicos permite que los estudiantes construyan justificaciones sólidas y conscientes, promoviendo un pensamiento crítico robusto frente a la desinformación y fortaleciendo su capacidad para tomar decisiones fundamentadas en contextos científicos y sociales complejos (Chinn et al., 2023; Osborne y Pimentel, 2023). Desde esta perspectiva y en el contexto de una secuencia didáctica donde se desarrolla la cognición epistémica a la vez que el contenido científico con el alumnado de 14 y 15 años, nos propusimos como objetivo general analizar la evolución en el uso de las fuentes de conocimiento por parte del alumnado a lo largo de una secuencia didáctica en la que dichas fuentes se trabajan de manera explícita, a través de la producción de ensayos. Para cumplir con este objetivo general nos planteamos dos objetivos específicos que orientan nuestro análisis: OE 1. *Identificar las fuentes de conocimiento que utiliza el alumnado en la elaboración de los ensayos al finalizar cada unidad didáctica en la que se trabaja explícitamente una fuente, y* OE 2. *Analizar el uso de las fuentes en función del número de estudiantes que las usaron a lo largo de cada uno de los ensayos.*

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo con estudiantes de entre 14 y 15 años de 3.º de Educación Secundaria Obligatoria de un instituto de la provincia de Barcelona que cursaban la asignatura de Biología y Geología. Las clases fueron impartidas por dos profesoras y participaron 47 estudiantes, que se consideraron como un único grupo. Las actividades utilizadas corresponden a una adaptación, del trabajo de Jordi Domènech-Casal, realizada por las autoras de esta comunicación en el marco de la tesis doctoral de una de ellas.

Recogida de datos

Los datos se obtuvieron a partir de tres ensayos cuyo objetivo era trabajar la cognición epistémica del

alumnado en el contexto científico del cuerpo humano. De manera específica, la propuesta pretendía ayudar al alumnado a posicionarse en distintos contextos mediante el uso de diversas fuentes de conocimiento trabajadas previamente. Las actividades analizadas corresponden a tres ensayos que el alumnado escribió al finalizar tres unidades didácticas que formaban parte de una secuencia didáctica trabajada en la clase de ciencias. Estos ensayos se concibieron como actividades de aplicación del contenido científico y epistémico trabajado en cada unidad. Así, el Ensayo 1, titulado *Suplemento de colágeno*, se enmarcó en el contenido científico de nutrición humana. Se pidió al alumnado posicionarse ante el siguiente dilema: Eres una deportista de élite y el próximo fin de semana tienes una carrera importante para la que te has preparado. Lamentablemente, en el último entrenamiento hiciste un movimiento brusco y notas tensión en la rodilla. Algunos compañeros te dicen que esto se debe al desgaste de la rodilla y que a ellos les funciona muy bien un producto farmacéutico que contiene colágeno, ya que les ayuda a regenerar los tejidos y a curar la lesión. Sin embargo, el producto tiene un precio elevado y te gustaría conocer más sobre su funcionamiento para decidir si es conveniente tomarlo o no. ¿Qué opinas? ¿Comprarías el producto?

El Ensayo 2, titulado *Vacunación por COVID-19*, se enmarcó en el sistema inmunitario y se solicitó al alumnado posicionarse ante la siguiente cuestión: ¿Debe ser obligatoria para toda la población la vacunación contra el virus de la COVID-19? El Ensayo 3, titulado *Legalización del cannabis*, se enmarcó en el contenido del sistema nervioso. En este caso, se planteó el siguiente dilema: Dos personas discuten. Una de ellas afirma que la prohibición del cannabis es una hipocresía, ya que el alcohol también es una droga, pero es legal. La otra sostiene que se trata de dos drogas con consecuencias muy diferentes y que, por ello, una debe ser legal y la otra no. Por tanto, ¿debería ser legal el cannabis? A nivel epistémico, para el Ensayo 1 se trabajó previamente la fuente *Reasoning*; para el Ensayo 2, la fuente *Expert testimony*; y para el Ensayo 3, las fuentes *Experience* y *Personal Characteristics*. Para la elaboración de los ensayos, se proporcionó al alumnado una pauta que incluía las distintas partes de un ensayo junto con sus definiciones. Los ensayos se entregaron a través de la plataforma Moodle en un plazo de una semana.

Análisis de los datos

Una vez recogidos los ensayos, estos fueron anonimizados y se procedió a su codificación mediante el software NVivo. La codificación se llevó a cabo a partir de una tabla previamente elaborada mediante un enfoque *bottom-up* y con triangulación entre las investigadoras.

Para cada estudiante, se categorizó la fuente o fuentes de conocimiento empleadas en sus ensayos, de acuerdo con las categorías que corresponden a las fuentes de conocimiento recogidas en el marco teórico: *Expert testimony*, *Lay testimony*, *Reasoning Experience* y *Personal Characteristics*. Por ejemplo, la afirmación: *…Las agencias reguladoras de todo el mundo, incluida la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) y la Agencia Europea de Medicamentos (EMA), han aprobado y recomiendan estas vacunas después de una cuidadosa revisión de su seguridad y eficacia…* fueron categorizadas como *Expert Testimony*, al apelar a organismos expertos como fuente de autoridad y legitimación del conocimiento. La codificación fue realizada de forma independiente por las dos autoras del estudio. Posteriormente, se revisaron los casos en los que no hubo coincidencia en la categorización (2 % del total), resolviéndose mediante consenso.

El análisis de los datos se estructuró en función de los objetivos específicos del estudio. En relación con el primer objetivo, *identificar las fuentes de conocimiento que utiliza el alumnado en la elaboración de los ensayos al finalizar cada unidad didáctica en la que se trabaja explícitamente una fuente*, los ensayos se analizaron de manera global, considerando el conjunto del grupo. Se identificaron las fuentes empleadas en cada ensayo y se calcularon sus frecuencias absolutas y relativas. Los datos se categorizaron mediante la identificación de unidades de análisis en las que se hacía referencia, explícita o implícitamente, a las distintas fuentes *Expert testimony*, *Lay testimony*, *Reasoning, Experience* y *Personal Characteristics.*

En relación con el segundo objetivo, *analizar el uso de las fuentes en función del número de estudiantes que las usaron a lo largo de cada uno de los ensayos*, se calculó el número de estudiantes que emplearon

cada fuente en cada ensayo, también mediante frecuencias absolutas y relativas. Finalmente, con el fin de determinar si las diferencias observadas eran estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de chi-cuadrado (χ^2), junto con sus pruebas exactas correspondientes. Se calcularon tanto la significación asintótica como la significación exacta. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0{,}001$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uso de las fuentes de conocimiento a lo largo de los ensayos. En el análisis de las fuentes de conocimiento utilizadas por el alumnado a lo largo de la secuencia didáctica, se observó que en los ensayos se empleó un número similar de justificaciones (246 en el primer ensayo, 235 en el segundo y 257 en el tercero) (ver tabla 1). En términos generales, *Reasoning* fue la fuente más utilizada (con porcentajes que varían del 73,2 % en el Ensayo 1 al 41,7 % en el Ensayo 2), seguida de *Experience* (38,1 %) y *Expert Testimony* (con porcentajes que no superan el 17,9 %). Se observó que las fuentes trabajadas explícitamente tienden a emplearse con mayor frecuencia en los ensayos correspondientes: *Reasoning* en el Ensayo 1, *Expert Testimony* en el Ensayo 2 y *Experience* y *Personal Characteristics* en el Ensayo 3. En el caso de *Lay Testimony*, que no se trabajó explícitamente en ninguna unidad, su uso fue bajo y constante en los tres ensayos (4,1–7,2 %).

Tabla 1. Frecuencia absoluta y relativa de las fuentes de conocimiento usadas en cada ensayo

Fuentes de conocimiento	Ensayo 1 Suplemento del colágeno n=246	Ensayo 2 Vacunación por Covid19 n=235	Ensayo 3 Legalización del c annabis n=257
Expert testimony	26 (10,5%)	42 (17,9%)	27 (10,5%)
Lay testimony	10 (4,1%)	17 (7,2%)	13 (5,1%)
Reasoning	180 (73,2%)	98 (41,7%)	115 (44,7%)
Experience	30 (12,2%)	49 (20,9%)	98 (38,1%)
Personal Characteristics	0 (0%)	29 (12,3%)	4 (1,6%)
Total	246 (100%)	235 (100%)	257 (100%)

Número de estudiantes que usan cada fuente. Al analizar el número de estudiantes que emplea cada fuente, se observó un patrón similar al de las justificaciones: las fuentes más utilizadas fueron *Reasoning*, E*xperience* y *Expert Testimony*. No obstante, cuando se examina cómo evoluciona el número de estudiantes que usa cada fuente después de trabajarla explícitamente, se observan matices importantes (ver figura 1). En el Ensayo 1, todo el alumnado (100 %) utilizó *Reasoning* con un porcentaje elevado (73,2 %). En los Ensayos 2 y 3, no todos los estudiantes emplearon esta fuente (83 % y 91,5 %), aunque la cantidad de ejemplos proporcionados por quienes ya la usaban siguió siendo elevada. Esto indica que el aumento no se da en el número de estudiantes que usan la fuente, sino en la cantidad de ejemplos que aportan. Un patrón similar se observó para *Expert Testimony* en el Ensayo 2: 48,9 % de los estudiantes la usó, cifra comparable con el Ensayo 1 (46,8 %) y el Ensayo 3 (40,4 %), aunque se generaron más ejemplos en el Ensayo 2. En el Ensayo 3, se observó un comportamiento distinto para *Experience* y *Personal Characteristics*. El uso de *Experience* aumentó notablemente (87,2 %) respecto a los Ensayos 1 y 2 (44,7 % y 57,4 %), mientras que *Personal Characteristics* tuvo un uso limitado (8,5 %), a pesar de haber sido trabajada. Esto indica que el contexto y las actividades del ensayo influyen en la aplicación de ciertas fuentes por parte del alumnado.

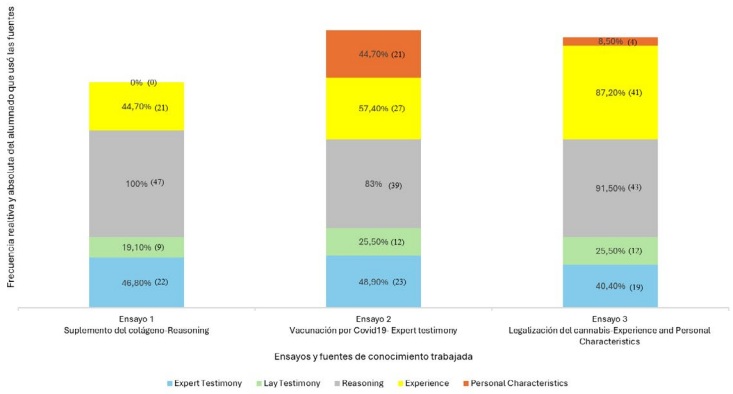


Figura 1. Frecuencia relativa y absoluta de las y los estudiantes que usan cada fuente de conocimiento

Los resultados muestran que el alumnado tiende a usar con mayor frecuencia las fuentes trabajadas explícitamente, excepto *Personal Characteristics*, cuyo uso permaneció bajo. Asimismo, el número de estudiantes que emplea cada fuente no varía significativamente entre ensayos, salvo en el caso de *Experience* en el Ensayo 3, donde más estudiantes pudieron reconocer y aplicar esta fuente debido al contexto de las actividades. El patrón general sugiere que los estudiantes que ya saben aplicar una fuente tienden a generar más ejemplos de esta, pero no necesariamente aumenta el número de estudiantes que la usan. En particular, *Reasoning* se mantuvo como la fuente más frecuente en los tres ensayos, lo que indica que los estudiantes que la emplean poseen una mayor capacidad para aplicarla en contextos científicos y en los dilemas planteados. Por su parte, *Expert Testimony* se utilizó con mayor frecuencia en el Ensayo 2, probablemente debido a que las actividades de la unidad didáctica 3 promovieron la evaluación de la fiabilidad de fuentes expertas y su justificación, facilitando que los estudiantes aplicaran esta fuente en sus ensayos. Sin embargo, no se observó un incremento en el número de estudiantes que la empleó, lo que sugiere que se requerirían más actividades para que un mayor número de alumnos pudiera aplicar esta fuente. En cuanto a *Experience*, el aumento en su uso en el Ensayo 3 indica que el contexto de las actividades permitió que más estudiantes la reconocieran y aplicaran. En contraste, *Personal Characteristics* mostró un uso reducido pese a haber sido trabajada explícitamente, lo que sugiere que esta fuente requiere mayor énfasis en futuras intervenciones. Los resultados destacan la importancia del contexto y la tarea para el uso de las fuentes de conocimiento. Los estudiantes tienden a aplicar más frecuentemente aquellas fuentes que han sido trabajadas explícitamente y en entornos que promueven su justificación. En línea con la literatura, los resultados muestran que el modelado docente, la reflexión metacognitiva y la variación de contextos y tareas favorecen la capacidad del alumnado para reconocer y utilizar las fuentes en la construcción de sus ensayos (Höttecke y Allchin, 2020; Osborne y Pimentel, 2023). En este sentido, el profesorado desempeña un papel clave no solo mediante el diseño de situaciones que promuevan el reconocimiento y uso de fuentes en contextos científicos, sino también haciendo explícita la enseñanza sobre cómo identificar, seleccionar y emplear dichas fuentes, tanto en las clases de ciencias como en su vida cotidiana. De esta manera se le proporciona al alumnado oportunidades para que aprendan a manejar el caos epistémico y a discernir en quién pueden confiar (Chinn et al. (2023).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que, bajo un diseño que trabaje explícitamente las fuentes de conocimiento y proporcione contextos adecuados, los estudiantes son capaces de aplicar y reconocer estas fuentes de manera significativa, reforzando la necesidad de incorporar más actividades y contextos diversos para ampliar la comprensión y aplicación del alumnado de las fuentes de conocimiento en ciencias, ya que la educación científica debe preparar al alumnado para reconocer expertos relevantes, evaluar evidencias y diferenciar fuentes confiables de las no confiables.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto PID2022-138166NB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España) y con el apoyo del grupo de investigación SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya), y por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile, Doctorado en el Extranjero 72190673.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barzilai, S., y Chinn, C. A. (2018). On the Goals of Epistemic Education: Promoting Apt Epistemic Performance. *Journal of the Learning Sciences, 27*(3), 353-389.

Barzilai, S., y Chinn, C. A. (2019). Epistemic thinking in a networked society: contemporary challenges and educational responses. *Learning in a networked society: Spontaneous and designed technology enhanced learning communities*, 57-77.

Chinn, C. A., Buckland, L. A., y Samarapungavan, A. (2011). Expanding the dimensions of epistemic cognition: Arguments from philosophy and psychology. *Educational Psychologist*, *46*(3), 141–167. https://doi.org/10.1080/00461520.2011.587722

Chinn, C. A., Rinehart, R. W., y Buckland, L. A. (2014). Epistemic cognition and evaluating information: Applying the AIR model of epistemic cognition. En D. Rapp and J. Braasch (Eds.), Processing inaccurate information: Theoretical and applied perspectives from cognitive science and the educational sciences (pp. 425-453). Cambridge, MA: MIT Press.

Chinn, C. A., Yoon, S. A., Hussain-Abidi, H., Hunkar, K., Noushad, N. F., Cottone, A. M., y Richman, T. (2023). Designing learning environments to promote competent lay engagement with science. *European Journal of Education*, *58*(3), 407–421. https://doi.org/10.1111/EJED.12573

Efklides, A., y Schwartz, B. L. (2024). Revisiting the metacognitive and affective model of self-regulated learning: Origins, development, and future directions. *Educational Psychology Review*, *36*(2), 61.

Fischer, G. N. (1990). *Psicología social: conceptos fundamentales.* Narcea.

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). (2025). *Encuesta de percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2024*. FECYT.

Höttecke, D., y Allchin, D. (2020). Reconceptualizing naturen of science education in the age of social media. *Science Education, 104*(4), 641-666.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). *Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en los hogares. Año 2024*. INE. https://www.ine.es/dyngs/Prensa/TICH2024.htm

Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio*. Penguin Random House Grupo Editorial, S. A. U.

Keren, A. (2007). Epistemic Authority, Testimony, and Transmission of Knowledge. *Episteme*, *4*(3), 368–381. https://doi.org/10.3366/E1742360007000147

Kozyreva, A., Lorenz-Spreen, P., Herzog, S., Ecker, U., Lewandowsky, S. y Hertwig, R. (2022). Conjunto de herramientas de intervención contra la desinformación y la manipulación en línea.

Macedo-Rouet, M., Trópia, G., Castilhos, W., Massarani, L., Brasil, V., y Almeida, C. (2023). Adolescents' evaluation of online scientific information in daily life contexts: when sourcing matters. *International Journal of Science Education, Part B*, *13*(4), 311-327.

OCDE (2023). *PISA 2025 Science Framework*. OCDE. https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/

OECD (2026). *PISA 2029 Media and Artificial Intelligence Literacy*. OECD. https://www.oecd-ilibrary.org/en/about/projects/pisa-2029-media-and-artificial-intelligence-literacy.html

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. y McGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar: la enseñanza de las ciencias en secundaria*. Aula XXI-Santillana.

Osborne, J., y Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education*, *107*(3), 553-571.

Osborne, J., Pimentel, D., Alberts, B., Allchin, D., Barzilai, S., Bergstrom, C., Coffey, J., Donovan, B., Kivinen, K., Kozyreva. A., y Wineburg, S. (2022). *Science Education in an Age of Misinformation*. Stanford University, Stanford, CA.

Poushter, J., Fagan, M., Smerkovich, M., y Prozorovsky, A. (2025, August 19). *International opinion on global threats* (Pew Research Center). Pew Research Center.

Dimensiones socio-científicas empleadas por el profesorado en formación en la toma de decisiones sobre productos de consumo

Virginia Aznar-Cuadrado[1], *Sabela F. Monteira*[1]

[1] Departamento de Didácticas Aplicadas. Universidade de Santiago de Compostela. España.

*Correspondencia: virginia.aznar@usc.es

RESUMEN: La alimentación es un pilar esencial en la vida humana, influido por factores sociales, culturales, económicos y ambientales. Este estudio analiza las dimensiones que emplea el profesorado en formación en la toma de decisiones sobre el consumo de productos lácteos y sus alternativas vegetales. La metodología de este estudio presenta un enfoque cualitativo. Participaron 91 estudiantes distribuidos en pequeños grupos. Se identificaron diversas dimensiones socio-científicas en los argumentos del alumnado: nutricional, ética, ambiental, social, económica, cultural, de disponibilidad y opinión personal. Los resultados muestran que la dimensión nutricional está presente con mayor frecuencia, seguida de la ética y ambiental y que la mayoría de los grupos combinan entre cuatro y cinco dimensiones. Destaca la aparición de la dimensión "disponibilidad" como factor contextual relevante.

PALABRAS CLAVE: formación de profesorado, cuestiones socio-científicas, alimentación, toma de decisiones.

ABSTRACT: Diet is a fundamental pillar of human existence, shaped by social, cultural, economic, and environmental factors. This study analyses the dimensions employed by pre-service teachers when making decisions regarding the consumption of dairy products and their plant-based alternatives. Adopting a qualitative approach, the research involved 91 students organized into small groups. Various socio-scientific dimensions were identified within the students' arguments: nutritional, ethical, environmental, social, economic, cultural, availability, and personal opinion. The results show that the nutritional dimension is the most prevalent, followed by ethical and environmental factors. Furthermore, most groups integrate between four and five different dimensions in their reasoning. Notably, "availability" dimension emerged as a significant contextual factor in the decision-making process.

KEYWORDS: teacher training, socio-scientific issues, diet, decision-making.

INTRODUCCIÓN

La alimentación constituye un pilar fundamental en la vida humana, no solo por su papel en la supervivencia, sino también por su influencia directa en la salud, el bienestar y la calidad de vida. Alimentarse es una práctica cotidiana que forma parte de un sistema complejo, dado que se vincula con factores ambientales, sociales, económicos y culturales asociados con la producción, transformación, comercialización y consumo de los alimentos. (Rodríguez-Marín et al., 2024). En este contexto, la alfabetización científica adquiere gran relevancia ya que permite a las personas tomar decisiones informadas sobre sus hábitos alimentarios, promoviendo dietas equilibradas y estilos de vida saludables y sostenibles.

En la formación de ciudadanos con capacidad de tomar decisiones fundamentadas, una de las estrategias educativas sugeridas es enseñar las ciencias en contexto (Gilbert et al., 2010). En este marco, las controversias socio-científicas se pueden definir como aquellos problemas o cuestiones sociales que emergen de manera frecuente en la sociedad y que tienen implicaciones científicas y/o tecnológicas (Romero-Ariza et al., 2014), y nos ofrecen la oportunidad de abordar con el alumnado tareas de

argumentación y pensamiento crítico. Estas cuestiones socio-científicas no solo se deben abordar desde una perspectiva científica, sino que deben tener en cuenta los aspectos sociales, éticos, económicos o políticos en sus posibles soluciones (Bencze et al., 2020).

Para valorar la capacidad del alumnado de analizar la información y combinarla con su conocimiento científico, se puede examinar la calidad de los argumentos que elaboran al tomar decisiones en situaciones específicas, en nuestro caso la elección de productos lácteos frente a sus imitadores vegetales para el consumo personal. Autores como Erduran et al. (2004) o Felton et al. (2009) valoran la calidad de los argumentos en función de los datos, las justificaciones y las refutaciones que se establecen. En el caso de las cuestiones socio-científicas, además de la cantidad de los elementos empleados en un argumento, Brocos y Jiménez-Aleixandre (2020) o Esquivel et al. (2023) consideran la capacidad del alumnado para emplear datos y conocimientos no solo desde una perspectiva científica, sino también desde otras como la ética, la social, o la ambiental, lo que hace aumentar la complejidad del argumento y su calidad.

Atendiendo a estas premisas, en este estudio nos planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿A qué dimensiones socio-científicas hace referencia el alumnado a la hora de elegir un producto de consumo?

METODOLOGÍA

En esta investigación se emplea un enfoque cualitativo (Merriam, 2009) con diseño de estudio de caso (Yin, 2003). Los participantes son un grupo del Grado de Maestra/o en Educación Primaria formado por 91 estudiantes, distribuidos en 24 grupos (G1, G2, G3…G24) de 2-5 miembros cada uno, cursando una materia obligatoria de didáctica de las ciencias experimentales. La primera autora es también la docente responsable de impartir la materia. Se recogió por escrito el consentimiento informado del alumnado para su participación en la investigación.

Los datos recogidos corresponden a las respuestas de las dos primeras tareas de una actividad con la que se pretenden movilizar destrezas de pensamiento crítico en el alumnado en el contexto de los sucedáneos alimenticios.

La actividad se divide en seis tareas desarrolladas en una sesión de 90 minutos. La primera de ellas solicita el análisis nutricional de productos lácteos "originales" y "sucedáneos" y justificar su elección personal de consumo. La segunda tarea incide en las razones por las que consumimos unos y otros productos. La tercera tarea busca el juicio razonado de afirmaciones sobre diferentes aspectos controvertidos como las intolerancias alimentarias, los productos enriquecidos o la sostenibilidad del medio ambiente ligado al consumo de productos imitadores o sustitutos de lácteos, como las "leches" vegetales. La cuarta tarea aborda la reflexión sobre la toma de decisión ante las elecciones de los productos que consumimos, la quinta busca un compromiso de cambio de hábitos en base a los criterios utilizados en la elección del producto, y la última solicita la reflexión sobre las destrezas de pensamiento crítico utilizadas en las tareas anteriores. En este estudio se comparten los resultados preliminares de las respuestas de las dos primeras tareas, relacionados con las dimensiones sociocientíficas que abordan.

Ambas investigadoras examinaron inicialmente de forma independiente los datos con la finalidad de: 1) localizar los argumentos presentes en las respuestas del alumnado a las tareas formuladas; y 2) identificar las dimensiones presentes en estos argumentos mediante análisis de contenido (Bardin, 1986). Para ello, se empleó como herramienta un listado inicial de dimensiones identificadas por la literatura sobre controversias en dieta (Brocos y Jiménez-Aleixandre, 2020; Hierreruelo Osorio et al., 2020).

La puesta en común de los resultados del análisis preliminar reveló un grado de coincidencia elevado (94.2%), con 131 de 139 intervenciones codificadas de forma análoga. Para resolver las discordancias, se refinaron los criterios para identificación de dimensiones en interacción de los datos con la literatura y se añadió una nueva dimensión, "disponibilidad", atendiendo a su presencia en los datos examinados. En la tabla 1 se muestran las dimensiones resultantes que fueron utilizadas en el análisis.

Tabla 1. Dimensiones socio-científicas presentes en los argumentos sobre la elección de un producto de consumo

Dimensión	Descripción
Ambiental	Hace referencia a la sostenibilidad, al impacto ecológico de su producción, a la elección de productos locales
Cultural	Relacionada con la tradición, las costumbres o la religión
Disponibilidad	Relacionada con la accesibilidad al producto
Económica	Hace referencia al coste del producto
Ética	Relacionada con el bienestar animal y estilos de vida como el veganismo
Nutricional	Relacionada con la composición nutricional y las implicaciones de su consumo en la salud (dieta equilibrada, intolerancias alimentarias)
Opinión personal	Hace referencia a gustos o preferencias personales, a características organolépticas del producto (como sabor, textura, etc.)
Social	Influencia de la publicidad, el marketing, las redes sociales en la elección del producto

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera tarea de la actividad, se solicitaba al alumnado el análisis de la composición, desde el punto de vista nutricional, de productos imitadores de lácteos, hacer una comparación con el producto original y valorar cuál elegiría para el consumo personal. En la segunda tarea de la actividad se abordaban qué otras razones podrían tenerse en cuenta a la hora de elegir un producto original o sucedáneo. En la tabla 2 se muestran las dimensiones aportadas por los diferentes grupos en ambas tareas.

Tabla 2. Dimensiones socio-científicas empleadas por los grupos (N=24) en las tareas 1 y 2 de la actividad sobre lácteos y sucedáneos.

Tarea/ Dimensión	Ambiental	Cultural	Disponibilidad	Económica	Ética	Nutricional	Opinión personal	Social
Tarea 1	0	1	0	1	1	22	1	0
Tarea 2	15	12	4	12	19	23	15	13

La dimensión más abordada por el alumnado para justificar la toma de decisión es la nutricional en ambas tareas, ya que se pedía específicamente en la primera de ellas, seguida de la ética y la ambiental mayoritariamente en la segunda tarea. Con valores similares están la dimensión social, económica y cultural, también señaladas en la segunda tarea. Asimismo, se encuentran presentes en las justificaciones de la segunda tarea razones subjetivas como los gustos personales, los sabores o texturas de los productos que elegimos. Con el valor más bajo se encuentra la dimensión de disponibilidad.

La dimensión más señalada y que se encuentra presente en casi todos los grupos en ambas tareas es la nutricional (en 22 y 23 grupos de 24, respectivamente). Estos datos coinciden con lo encontrado en otros trabajos sobre controversias en dietas (Brocos y Jiménez-Aleixandre, 2020). La mayor parte de los grupos (19 de 24) justifican su elección en base a los nutrientes que posee el producto, aunque ningún grupo indica cuáles son las necesidades de una persona adulta.

Cuatro de los grupos, además de la presencia de nutrientes, hacen referencia a su función dentro del organismo (G16 y G21) o a diferentes necesidades nutricionales (G21, G22, G24):

G21: "*La leche entera de vaca tiene un valor energético y un aporte proteico superior en comparación con el sucedáneo [leche de avena]. Esto es relevante ya que son nutrientes fundamentales para tener energía y construir los músculos del cuerpo. Además, la leche entera de vaca tiene calcio, el cual es esencial para la formación y mantenimiento de los huesos, dientes, etc., mientras que el sucedáneo carece de este mineral. Por otro lado, el sucedáneo contiene fibra, un carbohidrato importante para la regulación del tránsito intestinal*".

G22: "*La leche entera nos parece más adecuada en caso de necesitar un mayor aporte proteico, por ejemplo en niños*"

La mayoría de los grupos (22 de 24) incluyen en esta dimensión factores que tiene que ver con razones médicas o de salud como alergias, intolerancias o control de la dieta (colesterol, calorías) en la elección de un producto lácteo o su sustituto vegetal:

G1: "*En el caso de intolerancia a la lactosa o a proteínas de la leche, consideraríamos como alternativa más adecuada la bebida de soja, ya que de los productos que seleccionamos para analizar es el sucedáneo más semejante a la leche de vaca desde el punto de vista nutricional*"

Destacamos en esta dimensión nutricional, la alusión del G4 a la leche materna, como producto original, frente a las leches de fórmula, como producto sucedáneo. Esta elección puede estar vinculada con aspectos afectivos, o puede indicar el interés del alumnado de que los contenidos relacionados con la lactancia materna sean normalizados en la enseñanza de las ciencias, de acuerdo con lo analizado por Illescas-Navarro et al (2018) en formación del profesorado.

La dimensión ética está presente sobre todo en las respuestas a la segunda tarea (en 19 de los 24 grupos). Hace referencia a los dos aspectos que señala el siguiente grupo: el bienestar animal y los estilos de vida veganos o vegetarianos.

G6: "*Otra razón importante es la ética animal. Personas que siguen una dieta vegana o vegetariana estricta eligen productos que no provienen de animales, por convicciones relacionadas con el bienestar animal o el rechazo a las prácticas ganaderas*"

La dimensión ambiental sólo está presente en las justificaciones de la segunda tarea, en 15 de los 24 grupos. Bajo este epígrafe se sitúan aspectos como la conciencia medioambiental, el impacto ecológico, el consumo de productos locales frente a importados, el uso intensivo del agua y de la tierra, la emisión de gases de efecto invernadero, la sostenibilidad y la contaminación. La mayoría de estos aspectos coinciden con los encontrados por Brocos y Jiménez-Aleixandre (2020) sobre el impacto ambiental de las dietas. Un ejemplo es el que presenta el G9:

G9: "*Por último, debemos destacar el impacto ambiental y la sostenibilidad ya que la leche de vaca implica un mayor uso de tierra y emisión de gases contaminantes. Requiere hasta ocho veces más agua que las bebidas vegetales para producir la misma cantidad*"

La dimensión social, presente en 13 de los 24 grupos, hace referencia a las influencias de la publicidad, el marketing, las redes sociales y las modas o tendencias que promocionan productos que se hacen virales. El alumnado es consciente de que a través de estos mecanismos se etiquetan las bebidas vegetales, por ejemplo, como productos "modernos", "ecológicos" o "más saludables" (G2) sin base científica.

La dimensión económica, señalada en la mitad del total de los grupos en la segunda tarea, hace referencia al poder adquisitivo de las familias en la elección de un producto u otro:

G21: "*El precio del alimento: parte de nuestra dieta está condicionada por la economía y los ingresos individuales*"

La dimensión cultural, presente también en la mitad de los 24 grupos en la segunda tarea, hace referencia sobre todo a justificar el consumo mayoritario de leche de vaca en la región a la costumbre o la tradición. Esto puede estar vinculado a las explotaciones lecheras abundantes en nuestro entorno (nordeste de Galicia). También esta dimensión abarca en menor medida (4 de las 12 respuestas) justificaciones en base a ideas religiosas o creencias, indicando que los productos vegetales pueden sustituir a otros de origen animal que estén prohibidos en alguna cultura.

Hemos considerado, por último, la dimensión disponibilidad, por estar presente en cuatro grupos (G2, G5, G8, G12). Esta dimensión no se ha encontrado en la bibliografía consultada, pero podemos considerarla interesante en nuestro contexto, ya que mucho de nuestro alumnado reside en zonas rurales de la provincia de Lugo:

G5: "… *donde la oferta es poca y se consume lo que hay a la venta*"

G8: "*A veces el precio o la facilidad para encontrar el producto influyen en la elección*".

En cuanto al número de dimensiones que considera el alumnado a la hora de tomar una decisión de consumo, están recogidas en la tabla 3.

Tabla 3. Número de dimensiones que combina el alumnado en sus justificaciones

Nº Dimensiones	1	2	3	4	5	6	7	8
Nº Grupos	1	0	4	5	8	3	3	0

La mayor parte de los grupos hacen referencia a la combinación de cuatro o cinco dimensiones que se pueden tener en cuenta a la hora de decidir qué producto es el más adecuado para el consumo. No hay ningún grupo que tenga en cuenta las ocho dimensiones analizadas, pero hay tres que tienen en cuenta siete de ellas. Cuantas más dimensiones se aborden a la hora de elaborar argumentos, además de la relacionada con el conocimiento científico (dimensión nutricional), hará que estos sean más complejos.

CONCLUSIONES

Parece haber consenso en el ámbito de la didáctica de ciencias en que las controversias socio-científicas ofrecen contextos adecuados para la toma de decisiones informadas. En las tareas analizadas en este estudio en formación inicial de profesorado, se ha encontrado que un número elevado de grupos considera varias dimensiones en la elección de productos de consumo, hasta siete diferentes, sobre todo en la tarea dos, lo que implica que, abordar un contexto tan necesario, presente y cercano al alumnado como la alimentación, favorece que los y las estudiantes puedan analizar una cuestión socio-científica combinando múltiples perspectivas.

De las dimensiones presentes en los argumentos del alumnado, la nutricional es la que se encuentra en mayor proporción, concordando con lo hallado en otros estudios sobre dietas (Brocos y Jiménez-Aleixandre, 2020; Cabello-Garrido et al., 2023). La dimensión disponibilidad, no identificada en otras investigaciones, presenta relevancia en la nuestra. Esto pone de manifiesto la importancia que tiene el contexto, dada la complejidad de los factores que influyen en la elección de productos alimenticios.

Continuaremos avanzando en el análisis de esta propuesta en el marco de la argumentación y el pensamiento crítico del alumnado a la hora de tomar decisiones relacionadas con la elección de alimentos.

AGRADECIMIENTOS

Al alumnado participante en este estudio y al proyecto PID2022-138166NB-C2 financiado por la Agencia Estatal de Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bardin, L. (1986). *El análisis de contenido*. Akal.

Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J., y Zeidler, D. (2020). SAQ, SSI and STSE education: defending and extending "science-in-context". *Cultural Studies of Science Education*, 15(3), 825–851. https://doi.org/10.1007/s11422-019-09962-7

Brocos, P., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2020). El impacto ambiental de la alimentación: argumentos de alumnado de Magisterio y Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *38*(1), 127–145. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2802

Cabello-Garrido, A., Cebrián-Robles, D., España-Ramos, E., González-García, F.J., Cruz-Lorite, M.I., España-Naveira, P. y Blanco-López, A. (2023). The dominant model of meat production and consumption as a socially acute question for activist education. *Cultural Studies of Science Education* 18, 911–935. https://doi.org/10.1007/s11422-023-10188-x

Erduran S., Simon, S., y Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88, 915- 933. https://doi.org/10.1002/sce.20012

Felton, M., García-Milá, M., y Gilabert, S. (2009). Deliberation versus dispute: The impact of argumentative discourse goals on learning and reasoning in the science classroom. *Informal Logic*, 29(4), 417-446. https://doi.org/10.22329/il.v29i4.2907

Gilbert, J.K, Bulte, A.M.W., & Pilot, A. (2010). Concept development and transfer in context-science education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817-837. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.493185

Hierrezuelo Osorio, J. M., Brero Peinado, V. B., y Franco Mariscal, A. J. (2020). ¿Es saludable una dieta vegana? Un dilema para desarrollar el pensamiento crítico a través de la argumentación y la toma de decisiones en la formación inicial de maestros. *Ápice. Revista de Educación Científica*, *4*(2), 73–88. https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6525

Illescas-Navarro, M., Cruz-Guzmán, M. y Criado, A.M. (2018). ¿Se debería tratar la lactancia materna en las clases de ciencia en educación primaria? Preguntamos al futuro profesorado. En P. Membiela, M.I. Cebreiros, M. Vidal (Eds.) *Panorama actual de la enseñanza de las ciencias*. 653-657. Educación Editora.

Merriam, S. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. Jossey-Bass.

Rodríguez-Marín, F., García-González, E. y Rivero García, A. (Coords.) (2024). *Alimentación ecológica y justa ante el decrecimiento. Una propuesta para la formación de docentes.* Octaedro.

Romero-Ariza, M., Abril, A., Quesada, A., y García, F. (2014). Conectar el aprendizaje por investigación con controversias socio-científicas. Comunicación presentada en *XXVI Encuentros en Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Huelva, España.

Yin, R. K. (2003). *Case study research. Design and methods* (3rd Ed). Sage.

La toma de decisiones como eje del pensamiento crítico en la formación de maestros

Lucía Casas-Quiroga

Universidade de Santiago de Compostela

RESUMEN: En este trabajo se analiza el proceso de toma de decisiones llevado a cabo por maestros y maestras en formación mediante su participación en una secuencia de actividades orientadas a favorecer el pensamiento crítico (PC) orientado a la acción. Esta secuencia se articula en base a la insecticultura, la cría controlada de insectos para su consumo y su relación con la sostenibilidad y la dieta. Los participantes trabajan divididos en pequeños grupos y sus respuestas se analizan a través del análisis de contenido. Los resultados indican una variedad de respuestas característico del enfoque de los problemas socio-científicos, así como la incorporación de datos diversos para analizar la relevancia de la cría de insectos. El diseño de la secuencia se relaciona con aspectos relevantes que favorecen el PC recogidos en la literatura, como la utilización de problemáticas que el alumnado reconozca como propias, el rol del conocimiento epistémico y el papel de las emociones.

PALABRAS CLAVE: pensamiento crítico; acción crítica; formación de maestros; problemas socio-científicos; insecticultura

ABSTRACT: This study analyzes the decision-making process of pre-service teachers through their participation in a series of activities designed to foster action-oriented critical thinking (CT). This series of activities is structured around insect farming, the controlled rearing of insects for consumption, and its relationship to sustainability and diet. Participants work in small groups, and their responses are analyzed through content analysis. The results indicate a variety of responses characteristic of the socio-scientific approach, as well as the incorporation of diverse data to analyze the relevance of insect farming. The design of the sequence relates to relevant aspects that foster CT identified in the literature, such as the use of issues that students recognize as their own, the role of epistemic knowledge, and the role of emotions.

KEYWORDS: critical thinking; critical action; pre-service teacher training; socio-scientific issues; insect farming

MARCO TEÓRICO

El pensamiento crítico (PC) está considerado como una competencia esencial en relación con la educación ambiental (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022), siendo uno de sus objetivos principales la toma de decisiones para actuar de forma responsable (Puig y Rodriguez Losada, 2024) y así promover la protección del medio ambiente. Esto coincide con lo que indica Jiménez-Aleixandre (2010), entendiendo el PC como la capacidad de desarrollar una opinión independiente dirigida a participar en el debate social. Asimismo, Solbes y Torres (2012) definen el PC como una manera de pensar propia necesaria para posicionarse frente a determinadas problemáticas para poder tomar un papel activo en el que se cuestionen aspectos científicos y socioculturales.

Inicialmente, el PC se definió como un tipo de razonamiento que implica la aplicación de una serie de destrezas y disposiciones (Facione et al., 1995). Sin embargo, es Barnett (1997), quien sostiene que, para que una persona sea crítica, no basta con "pensar críticamente", si no que la acción es imprescindible. En consonancia con este estudio, Davies y Barnett (2015) proponen integrar tres dimensiones consideradas esenciales para el desarrollo del PC: razonamiento, reflexión y acción crítica.

El PC orientado a la acción puede integrarse en contextos educativos muy diversos, siendo uno de ellos los problemas socio-científicos del mundo real, como la resistencia microbiana a antibióticos, la falta de acceso a una alimentación segura, o la reaparición de brotes de enfermedades como el sarampión. La

investigación sobre estos problemas desde la didáctica de las ciencias es extensa, pero para integrar el enfoque PC de forma que se favorezca la acción y la reflexión crítica, conviene tener en cuenta una serie de recomendaciones. Couso y Puig (2021) indican que la acción crítica se ve favorecida por prácticas democráticas en el aula, de forma que los estudiantes tienen que posicionarse como co-investigadores del conocimiento para involucrarse en la resolución de problemáticas que les afectan. Greene y Yu (2016) destacan el rol del conocimiento epistémico para un correcto desarrollo del PC, y, en particular, la importancia de formar a los educadores con este enfoque y la consiguiente falta de investigación sobre las estrategias más adecuadas para hacerlo. Se entiende por conocimiento epistémico la comprensión de los procesos de construcción del conocimiento científico (Duschl, 2008), necesarios para entender que una afirmación científica existe en un marco de diferentes alternativas y requiere de pruebas para prevalecer sobre otras (Kuhn et al., 2017). En el marco del PC, esto es de vital importancia, dado que la toma de decisiones para actuar puede verse afectada por una valoración errónea de las pruebas. Otro aspecto para tener en cuenta a la hora de promover el PC es el rol de las emociones en el uso del conocimiento científico para la toma de decisiones (Mellado et al, 2014), especialmente en relación con problemáticas que afectan al alumnado de forma más directa.

Está claro que necesitamos formar a los educadores para que sean capaces de diseñar y llevar a cabo propuestas en las aulas para promover la acción crítica. Más concretamente, Pérez-Martín y Esquivel-Martín (2022) indican que, los maestros/as en formación deben sentirse partícipes de sus propuestas para poder abordar los retos actuales de la educación ambiental.

Valorar la transformación de comportamientos reales en relación con la conservación del medioambiente es complejo, pero dado que se ha identificado una mayor predisposición al cambio en estudiantes en etapas más tempranas (Olsson y Gericke, 2016), es fundamental introducir en las aulas de Educación Primaria (EP) estrategias que permitan al alumnado reflexionar y proponer soluciones. Y esto solo puede suceder si preparamos a los futuros maestros y maestras para ello.

Las preguntas de investigación que guían este trabajo son las siguientes:

¿Cómo justifican los maestros/as en formación su proceso de toma de decisiones para resolver un problema socio-científico en relación con la cría y el consumo de insectos?

¿Qué aspectos socioculturales sobre el consumo de insectos tienen en cuenta los maestros/as en formación a la hora de considerar su incorporación a la dieta?

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en la metodología cualitativa, y más concretamente en el análisis del contenido. Los participantes fueron cuatro pequeños grupos de estudiantes que cursaban 3º del Grado en Maestro/a en Educación Primaria (N=14), concretamente la asignatura de Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales II en la Universidade de Santiago de Compostela.

La secuencia fue implementada durante 2 horas y constaba de tres tareas diferenciadas, adaptadas de una publicación anterior (Casas-Quiroga, 2025). En la primera parte, se introduce al alumnado a la insecticultura, la práctica de criar insectos en un entorno controlado con el objetivo de utilizarlos como alimento, productos farmacéuticos u otros usos industriales. El alumnado, adoptando el rol de miembros de un comité científico debe recomendar un insecto para consumo humano (entre tres posibles opciones), teniendo en cuenta diferentes factores como su ciclo biológico o su cantidad media de proteínas. En la Figura 1 se muestran las tarjetas con los tres insectos a comparar.

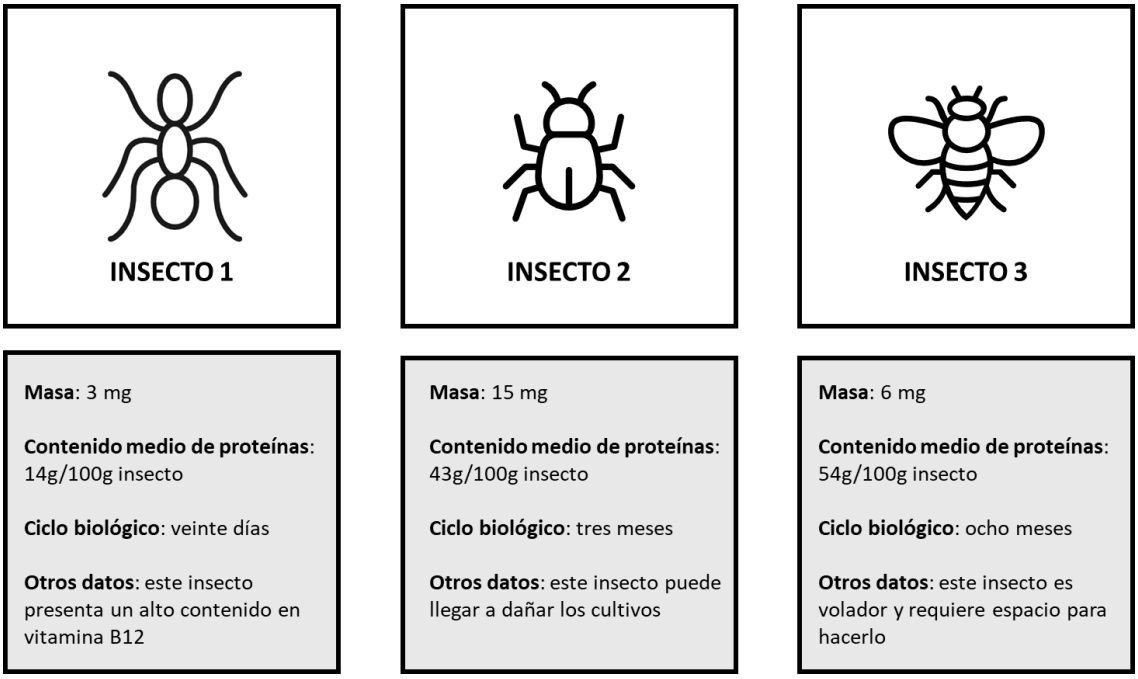


Figura 1. Tarjetas proporcionadas al alumnado con datos sobre los tres insectos a comparar

En la segunda parte de la secuencia se compara la insecticultura con otras formas de ganadería en base a datos como la porción comestible del animal o su huella hídrica. En la tercera y última parte se promueve la reflexión sobre la presencia de factores socioculturales que afectan al consumo de insectos y se pone al alumnado en una situación hipotética en la que se les pregunta como presentarían datos a sus familias sobre la incorporación de insectos a la dieta. Los estudiantes trabajaron divididos en pequeños grupos para construir una propuesta argumentada que después se puso en común con el resto de la clase.

Se recogieron las producciones escritas del alumnado, así como las anotaciones de la investigadora, quién también implementó la secuencia. Para el análisis, se categorizaron las respuestas de los diferentes grupos (G1, G2, G3 y G4) en un proceso iterativo considerando el diseño de la secuencia; y en particular las preguntas guía que se proporciona a los estudiantes para reflexionar sobre la problemática propuesta (insecticultura) en interacción con los datos recogidos.

RESULTADOS

Análisis de la toma de decisiones para la recomendación de un insecto para su consumo

En relación con el insecto recomendado, las respuestas de los grupos son diversas. G1 y G3 se decantan por el insecto 2, G2 por el insecto 1 y G4 por el insecto 3.

La recomendación de G1 y G3 se sustenta en ese insecto como opción intermedia por contenido medio de proteínas y duración de su ciclo. Ambos grupos admiten la potencial peligrosidad de que se dañen los cultivos, pero proponen medidas cautelares para ello, como la colocación de la zona de cría de insectos en una zona alejada de cultivos o la necesidad de medidas de seguridad adicionales para trabajadores y transportistas.

La recomendación de G2 se basa principalmente en la corta duración del ciclo biológico del insecto, que compensaría los gramos de proteína. Además, el alto contenido en vitamina B12, se percibe como algo positivo y que sería bien recibido por la ciudadanía.

La recomendación de G4 se basa en admitir una inversión a largo plazo (debido a la infraestructura necesaria para contener a este insecto y a la necesidad de mantenerlo por un tiempo más prolongado) que se vería compensada porque el producto podría tener más demanda debido a un mayor contenido proteico.

Análisis de la comparativa de la insecticultura con otras formas de ganadería

En relación con la comparativa entre la cría de insectos, gallinas, cerdos y vacas, los cuatro grupos concluyen que la cría de insectos es más sostenible para el medio ambiente teniendo en cuenta su huella hídrica, la cantidad de gases de efecto invernadero producidos y la porción comestible de cada animal. Solamente el G2 realiza una transformación de los datos presentados en forma de tabla a una gráfica.

Introduciendo el factor del animal que precisaría de más alimento, los cuatro grupos vuelven a coincidir sobre la relevancia de este dato, pero manifiestan una serie de dudas entre la vaca y el cerdo. G1 considera que la vaca necesita una mayor cantidad de alimento, G2 cree que sería el cerdo y tanto G3 como G4 expresan que en cantidad es la vaca por su mayor tamaño, pero introducen una nueva comparativa (herbívoros vs omnívoros), manifestando que el cerdo precisa de una alimentación más diversa y probablemente más costosa de producir.

En relación sobre la pertinencia de contar con datos diferentes para llegar a una conclusión, todos los grupos lo perciben como algo muy relevante, pero manifiestan diferentes apreciaciones como la necesidad de considerar otros factores aparte de los propuestos (G1 y G3) o la capacidad para apreciar mejor si los datos siguen la misma tendencia o patrón (G2 y G4).

Análisis de aspectos socioculturales sobre la cría de insectos

Cuando se pregunta si existe algún factor que influye en la elección de incorporar alimentos a la dieta en el contexto de la Unión Europea, los grupos mencionan la falta de costumbre o el desconocimiento de las características de los insectos (G1 y G4), presencia del factor sociocultural (G1, G2, G3 y G4), percepción negativa debida a factores psicológicos (G4) y baja publicidad que influye en una menor demanda (G2).

Al extrapolar esto a un contexto distinto, los grupos relatan que son conscientes de que en otros lugares, los insectos se incorporan en mayor medida a la dieta, como en países asiáticos (G1, G2, G3 y G4), países de Latinoamérica (G1) o que el consumo de otro tipo de animales está bien visto, como los caracoles en Francia (G3).

A la hora de tener que proporcionar información sobre el consumo de insectos para la dieta a sus familias, los grupos proponen diferentes estrategias como proporcionar datos muy claros como la cantidad de proteína en la misma cantidad de alimento o la menor producción de contaminación (G1, G3 y G4), presentar el consumo de insectos como una alternativa más respetuosa con el medio ambiente, y no como un sustituto (G2, G4) o la variedad de preparaciones posibles (G3).

CONCLUSIONES

La integración del PC orientado a la acción en el aula de ciencias requiere de una reflexión sobre el rol de los docentes en este tipo de intervenciones. Estudios como el de Blanco-López et al. (2018) señalan al profesorado como el agente más relevante para la producción de un cambio educativo. En relación con el PC, iniciativas como la de González-Costa et al. (2026) aspiran a reducir la brecha existente entre investigación y docencia, incidiendo en la formación del profesorado para así favorecer el razonamiento, la reflexión y la acción crítica.

En este sentido, este estudio proporciona información pormenorizada sobre el proceso de toma de decisiones (dirigido a la acción crítica) de maestros en formación. El diseño de la secuencia consideró aspectos relevantes recogidos en la literatura como: a) la consideración de abordar problemáticas que afectan al alumnado (Couso y Puig, 2021), b) el rol del conocimiento epistémico (Greene y Yu, 2016) y c) la necesidad de considerar el papel de las emociones (Mellado et al, 2014). En relación con el primer aspecto, la problemática escogida (insecticultura) se articula en torno a la sostenibilidad y la dieta, a la vez que pone al alumnado en la posición de reflexionar sobre como trasladar esta información a su familia. En segundo lugar, el rol del conocimiento epistémico se tiene en cuenta favoreciendo que se consideren varias alternativas en relación con los datos disponibles y favoreciendo la reflexión sobre la importancia de contar con datos variados para alcanzar mejores conclusiones. Por último, el rol de las

emociones se aborda a través de la consideración de factores socioculturales y percepciones negativas, algo que en el caso de los insectos es muy relevante, tal y como indican Prado et al. (2020).

Para terminar, la formación de maestros y maestras en relación con el PC dirigido a acción es un aspecto que no se puede pasar por alto, considerando los retos actuales de la educación científica. Couso y Puig (2021) diferencian el reto de discernir información de forma reflexiva en el contexto de la posverdad, el reto de aplicar valores asociados a la justicia social pese a la sensación de urgencia y miedo y el reto de regular las emociones y entender el papel que juegan en nuestras creencias y decisiones. Si no ofrecemos oportunidades para que el profesorado en formación inicial se enfrente a estos retos, y los integre en su forma de actuar, será muy difícil que los integren posteriormente en su forma de enseñar ciencias.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación e Universidades-Agencia Estatal de Investigación/Proyecto SOS Con-ciencia (Cód. PID2022-138166NB-C21).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barnett, R. (1997). Higher education: A critical business. MacGraw-Hill Education, Ed.

Blanco-López, Á., Martínez Peña, M. B. D. R., y Jiménez-Liso, R. (2018). ¿Puede la investigación iluminar el cambio educativo?. Ápice. Revista de Educación Científica, 21(2), 15-28. https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4612

Casas-Quiroga, L. (2025). La insecticultura: ¿Una opción para la dieta? Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales, 119, 1002.

Couso, D., y Puig Mauriz, B. (2021). Educación científica en tiempos de pandemia. Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales, 104, 49-56.

Davies, M. y Barnett, R. (2015). Introduction. En M. Davies y R. Barnett (Eds.), The Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education (pp. 1–26).

Facione, P. A., Sanchez, C. A., Facione, N. C., y Gainen, J. (1995). The disposition toward critical thinking. The Journal of General Education, 44, 1-25.

González-Costa, I., Puig, B., & Blanco-Anaya, P. (2025). Investigación basada en el diseño para la promoción de Criticality: una propuesta Una Salud. Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 23(1), 1801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1801

Greene, J. A., y Yu, S. B. (2016). Educating Critical Thinkers: The Role of Epistemic Cognition. Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences, 3(1), 45-53.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). 10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Graó.

Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2022). Educating critical citizens to face post-truth: the time is now. En B. Puig y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.): Critical Thinking in Biology and Environmental Education. Facing Challenges in a Posttruth World. Springer.

Kuhn, D., Arvidsson, T. S., Lesperance, R., y Corprew, R. (2017). Can engaging in science practices promote deep understanding of them? Science Education, 101(2), 232–250.

Mellado Jiménez, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., y et al. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza De Las Ciencias. Revista de investigación y Experiencias didácticas, 32(3), 11–36.

Olsson, D., & Gericke, N. (2016). The adolescent dip in students' sustainability consciousness – Implications for education for sustainable development. Journal of Environmental Education, 47(1), 35-51. https://doi.org/10.1080/00958964.2015.1075464

Pérez-Martín, J. M. y Esquivel-Martín, T. (2022). El reto de dimensionar la competencia ambiental para maestros/as a través de sus percepciones durante la formación inicial. En L. Cañadas, S. Rappoport (Eds.). Las competencias generales en la formación inicial docente. Experiencias y orientaciones para su desarrollo (pp. 36-45). Dykinson.

Prado, B. G., Puig, B., y Evagorou, M. (2020). Primary pre-service teachers' emotions and interest towards insects: an explorative case study. Journal of Biological Education, 56(1), 61–76. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1756896

Puig Mauriz, B., & Rodríguez Losada, N. (2024). Critical Thinking to Face Uncertain and Complex Health Issues: COVID-19 Vaccination. En A. J. Franco Mariscal (editor), Critical Thinking in Science Education and Teacher Training (pp. 63-80). Springer Nature Switzerland AG.

Solbes, J. y Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el aborde de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 26, 247-269. https://doi.org/10.7203/dces.26.1928

Estudio sobre dificultades y estrategias didácticas en la enseñanza de la alimentación sostenible en la Educación Secundaria Obligatoria

Samuel Cabrera Edery y Teresa Lupión Cobos

Didáctica de Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga

RESUMEN: La alimentación constituye en la actualidad un ámbito clave para abordar de forma integrada cuestiones relacionadas con la salud pública y la sostenibilidad ambiental. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo identificar las principales dificultades que aparecen en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre alimentación saludable y sostenible en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), así como analizar las características de las propuestas didácticas desarrolladas para afrontarlas. Para ello se realizó una revisión sistemática de la literatura bajo la declaración PRISMA. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos *Dialnet* y *Web of Science*, complementada con una revisión manual en revistas especializadas en didáctica de las ciencias. Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos, se seleccionó una muestra final de 21 artículos. Los resultados muestran que el alumnado suele interpretar la alimentación principalmente desde una perspectiva nutricional, lo que limita la comprensión del sistema alimentario como un fenómeno complejo con implicaciones ambientales, sociales y económicas. Además, se observa una distancia entre el conocimiento adquirido en el aula y las prácticas alimentarias cotidianas, influenciadas por factores socioculturales y por sesgos como la idealización de lo "natural". Las investigaciones revisadas señalan que metodologías activas, como el Aprendizaje Basado en Proyectos, favorecen una comprensión más profunda del problema y promueven el desarrollo de la argumentación y el pensamiento crítico en torno a la alimentación sostenible.

PALABRAS CLAVE: alimentación sostenible; educación secundaria; didáctica de las ciencias; pensamiento crítico.

ABSTRACT: Food has become a key area for addressing issues related to both public health and environmental sustainability in an integrated way. In this context, the aim of the present study is to identify the main difficulties that arise in the teaching-learning process of healthy and sustainable eating among Secondary Education students (ESO), as well as to analyse the characteristics of the teaching proposals developed to address them. To this end, a systematic literature review was conducted following the PRISMA guidelines. The search was carried out in the *Dialnet* and *Web of Science* databases and was complemented by a manual review of specialised journals in science education. After applying the established inclusion and exclusion criteria, a final sample of 21 articles was selected. The results show that students tend to understand food mainly from a nutritional perspective, which limits their comprehension of the food system as a complex phenomenon with environmental, social, and economic implications. Furthermore, a gap was identified between the knowledge acquired in the classroom and students' everyday eating practices, which are influenced by sociocultural factors and biases such as the idealisation of what is considered "natural". The reviewed studies indicate that active methodologies, such as Project-Based Learning, promote a deeper understanding of the issue and encourage the development of argumentation and critical thinking related to sustainable food consumption.

KEYWORDS: sustainable food; secondary education; science education; critical thinking.

ANTECEDENTES TEÓRICOS

En los últimos años, la alimentación ha adquirido un papel cada vez más relevante en la sociedad, ya que es un tema que trata, tanto la salud pública, como la sostenibilidad ambiental. El modelo actual de producción, distribución y consumo de alimentos genera impactos significativos sobre el entorno natural. Entre los más destacados se encuentran el incremento de las emisiones asociadas al cambio climático, la presión sobre los recursos hídricos y la pérdida de biodiversidad (Simon et al., 2022).

Tradicionalmente, los contenidos relacionados con la alimentación en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) se han trabajado sobre todo desde un enfoque centrado en la nutrición (Zafra-Aparici, 2020). Limitar la enseñanza solo a aspectos biológicos como la fisiología o el metabolismo dificulta que el alumnado relacione la nutrición con las implicaciones sociales, económicas o ambientales que también forman parte del sistema alimentario (Zafra-Aparici, 2020). Esta limitación no es exclusiva de la ESO, ya que en niveles como 3º de Primaria, el alumnado ya emplea términos como "proteína" o "vitamina" sin comprender realmente su función biológica, lo que sienta las bases del sesgo nutricionista (Gil-González & Cortés-Gracia, 2026).

Debido a esto, en los últimos años ha ganado peso la idea de abordar la alimentación como una Cuestión Sociocientífica (CSC). Este enfoque educativo propone trabajar en el aula problemas reales que generan debate en la sociedad y en los que intervienen, además del conocimiento científico, distintos valores e intereses sociales. Desde este punto de vista, la asignatura de Biología y Geología ofrece un contexto adecuado para tratar este tipo de problemas, ya que permite que el alumnado no solo comprenda los procesos biológicos asociados a la nutrición, sino que también analice de forma crítica el impacto de sus propias decisiones de consumo.

El proceso de aprendizaje sobre alimentación sostenible no depende únicamente de los contenidos que se trabajan dentro del aula, ya que también influyen otros factores relacionados con el entorno social y cultural en el que vive el alumnado. Uno de los más frecuentes es el sesgo de idealización de lo natural. Este fenómeno, que en muchos casos se ve apoyado por las estrategias de marketing utilizadas por la industria alimentaria, se pone de manifiesto desde la Educación Primaria (Gil-González & Cortés-Gracia, 2026) como visión sesgada nutricionista que progresa hasta Educación Secundaria (Caracuel-González et al., 2024), promoviendo a su alumnado a pensar que un producto es más saludable o sostenible, sólo por aparecer etiquetado como "natural".

El marco educativo actual en España, que está alineado con los principios de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), apuesta por un modelo de aprendizaje basado en el desarrollo de competencias (Ley Orgánica 3/2020). Este enfoque pretende que el alumnado no solo adquiera conocimientos teóricos, sino que también sea capaz de aplicarlos para comprender y analizar los problemas reales de la sociedad. Desde esta perspectiva, la alimentación sostenible se presenta como un tema interesante para trabajar tanto la alfabetización científica como la conciencia ecosocial. Además, al tratarse de un ámbito cercano a la experiencia cotidiana del alumnado, facilita establecer conexiones entre los contenidos curriculares y situaciones de la vida real.

A pesar de que en los últimos años han aumentado las propuestas educativas relacionadas con la alimentación sostenible, los resultados de la investigación en este ámbito siguen estando muy dispersos dentro de la literatura (Zafra-Aparici, 2020). Además, en muchos casos no se analizan con suficiente detalle las dificultades específicas que pueden surgir en la etapa de Educación Secundaria para hacer efectiva la transferencia de conocimiento (Gómez Ferragud, Solaz y Sanjosé, 2013). Por este motivo, este estudio bibliométrico pretende revisar y organizar la evidencia disponible con el objetivo de ofrecer una visión clara e integradora del estado actual de la investigación, identificando y categorizando las principales dificultades del alumnado y analizando las características de las intervenciones educativas disponibles.

METODOLOGÍA

En este trabajo se ha realizado una revisión sistemática de la literatura, realizando un análisis cualitativo

de contenido con un enfoque exploratorio interpretativo. Para garantizar el rigor, la transparencia y la replicabilidad del proceso de selección de la muestra, el diseño metodológico se ha estructurado y justificado siguiendo las directrices de la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

El análisis se organiza a partir de las siguientes preguntas de investigación, las cuales permiten acotar de forma precisa el objeto de estudio:

- **P1:** *¿Cuáles son los problemas detectados en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre alimentación saludable y sostenibilidad en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria?*
- **P2:** *¿Qué características presentan las propuestas didácticas diseñadas para superarlos en términos de metodología, organización y evaluación?*

La búsqueda de información se llevó a cabo de forma sistemática en las bases de datos Dialnet y *Web of Science*. Para orientar la búsqueda, se definieron diferentes fórmulas adaptadas a cada repositorio. Para la búsqueda en *Dialnet* se empleó la ecuación "alimentación" AND ("sostenible" OR "argumentación" OR "pensamiento crítico" OR "formación docente") AND ("secundaria" OR "ESO"). Y para la búsqueda en *Web of Science* se aplicó la fórmula ("sustainable food" OR "food consumption" OR "argumentation" OR "critical thinking" OR "advertising" OR "misconceptions" OR "teacher training") AND "food" AND ("secondary" OR "high school") AND "Spain", registrándose un total de 193 registros identificados (118 en *Dialnet* y 75 en *Web of Science*). También se realizó una revisión específica en la página web de varias revistas de referencia dentro del ámbito de la didáctica de las ciencias: *Enseñanza de las Ciencias, Revista Eureka, Ápice e Investigación en la Escuela*. Para llevar a cabo esta búsqueda manual, se aplicaron los mismos criterios de inclusión y exclusión y las mismas palabras clave raíz utilizadas en las ecuaciones de las bases de datos digitales, garantizando así la coherencia conceptual del proceso. De esta manera se identificaron 25 registros adicionales. Por tanto, nos encontramos con un total inicial de 218 artículos identificados (193 procedentes de bases de datos y 25 de la búsqueda en páginas web). A partir de esta muestra inicial, el proceso de selección se llevó a cabo siguiendo tres fases de filtrado, que se muestran en la Figura 1.

Los criterios de inclusión y exclusión aplicados para la selección de la muestra se concretan en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.

CRITERIO	INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
Etapa educativa	ESO y formación docente	Educación Infantil y Primaria
Ámbito temático	Alimentación saludable y sostenible, consumo responsable y recursos naturales	Perspectivas exclusivamente médicas, clínicas o nutricionales sin enfoque pedagógico
Tipo de estudio	Investigaciones empíricas, propuestas didácticas fundamentadas y revisiones	Artículos de opinión o ensayos sin fundamentación en el área de Didáctica de las Ciencias
Población	Estudiantes de secundaria, futuros docentes y profesorado en activo	Profesionales de la salud o población general ajena al sistema educativo
Marco temporal	2013–2026	Estudios anteriores a 2013

El proceso completo de identificación, cribado y selección de los artículos científicos se muestra en el diagrama de la Figura 1. Tras aplicar los criterios establecidos en la Tabla 1 y eliminar 6 artículos duplicados, se obtuvo una muestra final formada por 21 artículos. Estos trabajos se analizaron en profundidad con el objetivo de identificar, por un lado, las principales problemáticas relacionadas con la enseñanza de la alimentación sostenible en el contexto educativo y, por otro, las características de las propuestas didácticas diseñadas para abordar y superar estas dificultades.

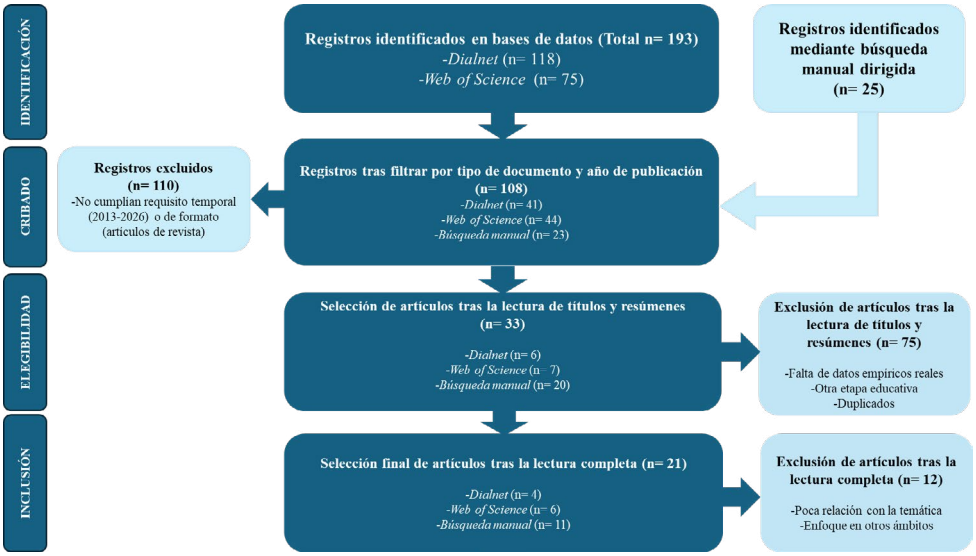


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de artículos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten comprender mejor cómo se aborda la enseñanza de la alimentación sostenible en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Los estudios revisados muestran una realidad compleja, ya que el aprendizaje en este ámbito no se limita a adquirir información, sino que implica varias dimensiones (conceptual, procedimental y actitudinal), que se relacionan entre ellas. Esta clasificación tridimensional se sustenta en el marco de la alfabetización científica y el aprendizaje por competencias (Zafra-Aparici, 2020), condicionando tanto la forma en la que el alumnado entiende el sistema alimentario como su capacidad para aplicar ese conocimiento en sus decisiones reales de consumo.

En primer lugar, en la dimensión conceptual, la literatura analizada muestra que suele predominar una visión bastante limitada del tema. En muchos casos, identificados en 12 artículos de la muestra, el alumnado de secundaria interpreta la alimentación desde una perspectiva nutricional. Sus argumentos suelen centrarse en aspectos relacionados con la salud individual, como el equilibrio energético o la cantidad de calorías, mientras que las cuestiones vinculadas con la sostenibilidad quedan en un segundo plano (Brocos & Jiménez-Aleixandre, 2020). Esta forma de entender la alimentación evita que se vea el sistema alimentario como un fenómeno complejo donde intervienen también otros factores. Además, es frecuente encontrar, en 8 de las investigaciones revisadas, una cierta idealización de lo que se considera "natural". Este sesgo, que se manifiesta desde la Educación Primaria (Gil-González & Cortés-Gracia, 2026), muchas veces se ve influenciado por la publicidad y las estrategias de marketing, puede dificultar que el alumnado incorpore a su razonamiento conceptos más complejos relacionados con el impacto ambiental de los alimentos, como la huella hídrica o las emisiones de CO_2 asociadas a su producción (Caracuel-González et al., 2024).

Respecto a la dimensión procedimental, los resultados indican que el desarrollo de la competencia científica del alumnado es bastante desigual. Cuando no existe una orientación pedagógica clara, es común que los estudiantes justifiquen sus decisiones alimentarias basándose en opiniones personales, costumbres familiares o experiencias propias, en lugar de apoyarse en evidencias científicas. Sin embargo, algunos estudios muestran que determinadas intervenciones educativas pueden mejorar esta situación. Un total de 9 artículos analizados señalan que el Aprendizaje Basado en Proyectos o Problemas (ABP) es la estrategia idónea. En concreto, dentro de estas propuestas (respaldadas por 5 estudios de la muestra), los modelos de toma de decisiones multicriterio de las propuestas didácticas parecen resultar especialmente útiles, ya que permiten que el alumnado tenga en cuenta distintos factores al mismo tiempo, como la salud, el impacto ambiental o el precio de los alimentos (Simon et al.,

2022). Este tipo de enfoques favorece una comprensión más amplia del problema y ayuda a desarrollar la capacidad de argumentar decisiones de forma fundamentada.

Por otro lado, al analizar la dimensión actitudinal, un total de 11 artículos de la muestra evidencian una clara distancia entre lo que el alumnado aprende en el aula y sus prácticas de consumo diarias. En muchos casos, los factores socioculturales y familiares tienen un peso mucho mayor en las decisiones alimentarias que los contenidos científicos trabajados en clase, causa por la cual es difícil trasladar el conocimiento escolar a situaciones reales. Esta brecha se ve reforzada por la publicidad alimentaria, que desde la Educación Primaria genera prejuicios sociales que suelen prevalecer sobre el conocimiento científico que se enseña en el aula (Gil-González & Cortés-Gracia, 2026).

Desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, este fenómeno se entiende a partir de la diferencia entre la similitud superficial y estructural de los problemas (Gómez-Ferragud et al., 2013). En la alimentación, la alta familiaridad del contexto cotidiano actúa como un obstáculo para fortalecer el aprendizaje con una transferencia cognitiva efectiva desde aspectos contextuales (superficie) a otros más abstractos (estructura) (Gómez-Ferragud, Solaz y Sanjosé, 2013).

Se ha visto que, cuando una situación resulta familiar, los elementos más visibles o inmediatos pueden ocultar la estructura profunda del problema. Es decir, características como el sabor de un alimento, su precio o la presencia de alimentos etiquetados como "natural" pueden actuar como elementos que desvían la atención del alumnado hacia aspectos fácilmente detectables. Por ello, resulta más difícil identificar la dimensión más compleja del problema, que es aquella que trata el impacto ambiental de la alimentación.

Para poder tomar decisiones informadas desde el punto de vista de la sostenibilidad, el alumnado necesita construir una representación más abstracta del problema, que vaya más allá de la situación concreta. Para ello, el alumnado tiene que comprender las relaciones que existen entre distintos factores, como los procesos de producción, el uso de recursos naturales o las emisiones asociadas a los alimentos. Desde este punto de vista, la persistencia del sesgo nutricionista no puede interpretarse únicamente como una falta de información, sino también como una dificultad cognitiva relacionada con la transferencia del conocimiento científico desde marcos teóricos más abstractos a situaciones cotidianas muy familiares (Gómez-Ferragud, Solaz y Sanjosé, 2013).

CONCLUSIONES

A partir de estos resultados pueden extraerse varias conclusiones con relevancia para la práctica docente. En primer lugar, se confirma que uno de los principales obstáculos para trabajar la alimentación sostenible en secundaria es la influencia de las ideas previas del alumnado y de los mensajes presentes en su entorno social. Estos factores interfieren el desarrollo de una comprensión más amplia e integral del sistema alimentario, lo que complica la transferencia del conocimiento científico, ya que la atención suele centrarse en los elementos más superficiales.

En segundo lugar, los resultados sugieren que las estrategias didácticas más eficaces son aquellas que van más allá de la enseñanza tradicional basada únicamente en la explicación teórica. Metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos o en Problemas (ABP) permiten que el alumnado se sitúe ante problemas reales, lo que favorece una comprensión más profunda del sistema alimentario. Además, este tipo de propuestas obliga al alumnado a trabajar con indicadores ambientales menos familiares para los estudiantes, como la huella de carbono, lo que ayuda a construir unos esquemas mentales más complejos.

Por último, también se destaca la necesidad de revisar los sistemas de evaluación utilizados en este ámbito. Siguiendo las orientaciones del marco curricular actual, la evaluación debería centrarse no solo en la adquisición de conocimientos conceptuales, sino también en la capacidad del alumnado para argumentar, analizar información y aplicar lo aprendido en diferentes contextos (Casas-Quiroga & Crujeiras-Pérez, 2019).

Por tanto, para que la educación para el desarrollo sostenible sea realmente efectiva, el aula de secundaria debe proporcionar al alumnado herramientas que le permitan ir más allá de los elementos

más visibles de su entorno cotidiano. Favorecer la comprensión de las relaciones que existen entre los distintos componentes del sistema alimentario, así como trabajar con evidencias desde una perspectiva multicriterio, puede contribuir a acortar la distancia entre el conocimiento que se construye en el aula y las decisiones que el alumnado toma en su vida diaria. Solo de esta manera la educación científica puede contribuir a la formación de una ciudadanía crítica, informada y comprometida con la sostenibilidad.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha llevado a cabo gracias a la concesión de las Ayudas de Iniciación a la Investigación (A1), en su modalidad B (máster), en el marco del II Plan Propio de Investigación y Transferencia de la Universidad de Málaga. La ayuda fue otorgada al primer autor bajo la dirección de la segunda firmante del presente trabajo. Asimismo, está asociado al proyecto STEAM y CIUDADANIA. Desarrollo con procesos de indagación y argumentación en la formación del docente de ciencias y su enseñanza. Estudio identitario, entornos y género" (EduCA-STEAM). PID2023-147028NB-I00 y al GPIE25-019 "Diseño e implementación de un sistema de evaluación competencial STEAM en la formación inicial del profesorado" liderados por la segunda autora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brocos, P., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2020). El impacto ambiental de la alimentación: Argumentos de alumnado de Magisterio y Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(1), 127–145. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2802

Caracuel-González, M., Lupión-Cobos, T., & Blanco-López, Á. (2024). Preferences and reasoning of 14-15 year-old students in relation to natural or synthetic products in different contexts: Influence of an instructional module. *Research in Science Education, 54*, 909–932. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10166-5

Casas-Quiroga, L., & Crujeiras-Pérez, B. (2019). Una experiencia sobre seguridad alimentaria para trabajar la argumentación en el aula de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 16*(2), 2201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2201

Gil González, C., & Cortés Gracia, Ángel L. (2025). ¿Qué dificultades conceptuales e ideas sobre alimentación tienen los estudiantes de Educación Primaria?. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, *23*(1), 1101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1101

Gómez-Ferragud, C. B., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2013). Efectos de la similitud superficial y estructural sobre la transferencia a partir de análogos en problemas de alta y baja familiaridad: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias, 31*(1), 135–151. https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n1.782

Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). *Boletín Oficial del Estado*, (340).

Simon, X., Copena, D. & Pérez-Neira, D. Assessment of the diet-environment-health-cost quadrilemma in public school canteens. an LCA case study in Galicia (Spain). *Environ Dev Sustain 25*, 12543–12567 (2023). https://doi.org/10.1007/s10668-022-02578-y

Zafra Aparici, E. (2020). Un mundo sostenible, una pedagogía de la alimentación integrada. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 17*(2), 349–373. https://doi.org/10.22231/asyd.v17i2.1349

Cumbre energética: análisis argumentativo, metacognitivo y emocional en la formación inicial del profesorado

Hernández-Barco, M.A.[1] *y Ros-Magán, G.*[2]

[1]Universidad de Alcalá, miriamandrea.hernand@uah.es

RESUMEN: En este trabajo se describe una práctica científica de argumentación basada en roles implementada en el máster de formación de profesorado en la Universidad de Alcalá durante el primer semestre del curso 2025-2026. Para la recogida de datos se ha utilizado un cuestionario para que el alumnado valore antes y después de la actividad la propia metodología en diversos aspectos como su utilidad, el interés que suscita, el coste como futuros docentes y el aprendizaje que se fomenta en la misma. También se recoge el cambio en la autopercepción de conocimiento y las emociones experimentadas. Además, se analizan los tipos de argumentos que realiza el alumnado (científico, social, ético, ambiental, económico) y las operaciones argumentativas utilizadas.
Los resultados muestran que los futuros docentes mejoran significativamente en el componente metacognitivo, que predominan las emociones positivas durante la experiencia y que se abordan todo tipo de argumentos durante la actividad.

PALABRAS CLAVE: argumentación; emociones; formación docente; juego de rol; metacognición.

ABSTRACT: In this study, we describe a rolebased scientific argumentation activity implemented in the Master's Programme in Teacher Education at the University of Alcalá during the first semester of the 2025–2026 academic year. For data collection, a questionnaire was used to allow students to assess the methodology before and after the activity in various aspects, such as its usefulness, the interest it generates, the cost it entails for them as future teachers, and the learning it promotes. Changes in students' selfperceived knowledge and the emotions experienced are also recorded. In addition, the types of arguments produced by the students (scientific, social, ethical, environmental, economic) and the argumentative operations employed are analysed. The results show that future teachers improve significantly in the metacognitive component, that positive emotions predominate during the experience, and that all types of arguments are addressed throughout the activity.

KEYWORDS: argumentation; emotions; metacognition; roleplaying; teacher education.

INTRODUCCIÓN

La investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales ha evolucionado desde enfoques centrados en el cambio conceptual (ideas previas) a modelos que evalúan prácticas epistémicas (indagación, modelización o argumentación). En los últimos años, la argumentación se ha consolidado como una práctica clave en el desarrollo de la alfabetización científica al promover la evaluación de evidencias, justificación de afirmaciones y razonamiento crítico, además de su cercanía con el proceso de construcción de conocimiento científico (Palma-Jiménez et al., 2025).

La argumentación es una habilidad discursiva básica y un mecanismo cognitivo y epistémico central para la construcción de conocimiento disciplinar significativo y contextualizado. Las transformaciones sociales, tecnológicas y ambientales del siglo XXI han situado el pensamiento crítico, la competencia comunicativa y la capacidad de deliberación informada como habilidades esenciales para la ciudadanía democrática. En este contexto, la argumentación ha emergido como una práctica epistémica central en los marcos internacionales de alfabetización científica al permitir construir, justificar y evaluar explicaciones basadas en evidencias al mismo tiempo que permite participar de manera responsable en debates públicos sobre cuestiones sociocientíficas. La competencia argumentativa no se desarrolla de manera espontánea, sino que requiere andamiajes didácticos específicos y contextos dialógicos

estructurados. Sin embargo, aunque la literatura reconoce ampliamente su relevancia, la enseñanza explícita de la argumentación oral y escrita en la formación inicial del profesorado continúa siendo un desafío pendiente (Larraín et al., 2022).

Respondiendo por tanto a la necesidad de que el futuro profesorado viva y experimente por sí mismo las prácticas científicas como paso previo a su labor docente, se ha desarrollado una práctica de argumentación que consiste en una controversia sociocientífica basada en roles. Experiencias como la desarrollada por Crujeiras et al. (2020) evidencian que estas actividades constituyen contextos privilegiados para promover la argumentación y el posicionamiento crítico del alumnado. La actividad está diseñada para ser implementada en la formación inicial del profesorado de Educación Primaria y Máster de Formación del Profesorado, ya que se adapta a diversos niveles.

OBJETIVOS

En este trabajo se pretende analizar la actividad abordando estos objetivos:

- Objetivo 1. Analizar el valor (interés/utilidad/coste/aprendizaje) que tiene para el alumnado la práctica de argumentación.
- Objetivo 2. Evaluar cambios en la autopercepción de conocimiento sobre la propia metodología, los conocimientos científicos respecto al tema de estudio y sobre las operaciones argumentativas.
- Objetivo 3. Identificar las emociones epistémicas emergentes durante el desarrollo de la actividad.
- Objetivo 4. Caracterizar los tipos de argumentos y operaciones argumentativas utilizadas durante la actividad.

METODOLOGÍA

Muestra

La actividad fue realizada por 19 futuros docentes de educación secundaria (especialidad de Física y Química) de la Universidad de Alcalá. Tras elegir los que completan los tests antes y después de la actividad, la muestra del estudio es de 16 estudiantes (7 chicas y 9 chicos). La intervención se ha llevado a cabo durante el primer semestre del curso 2025-2026.

Registro y análisis de datos

Para la recogida de datos se ha utilizado un cuestionario diseñado *ad hoc* para el análisis de las variables relacionadas con la intervención. Este cuestionario tiene varias partes:

1) **Test de Andrews et al. (2017)**. Cuestionario validado con 11 ítems y 3 dimensiones donde se evalúa la propia metodología en varios aspectos: el coste (esfuerzo, miedo a utilizarla, preocupación por cómo afecta a la calificación), el interés (si es entretenida, atractiva, interesante y despierta curiosidad) y la utilidad (es un recurso valioso, relevancia de conocerla y entenderla y ser capaz de usarla). Se ha añadido otra dimensión donde se evalúa si la metodología fomenta competencias científicas, comunicativas y el aprendizaje cooperativo. Utiliza una escala 1 (min.) – 7 (máx). Se ha pasado antes de realizar la intervención (pre-test) y después (post-test).

2) **Autopercepción de conocimiento**. Se ha elegido el *Knowledge and Prior Study Inventory* (KPSI), que consiste en varias preguntas de la forma *¿Cuánto sabes sobre ...?*, relacionadas con la actividad. Cada estudiante valora cuánto sabe al respecto de las mismas en una escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo). Igualmente se divide en tres dimensiones: sobre la metodología (KPSIM: procedimiento, organización, valor de los roles y de la argumentación, competencias y habilidades que fomenta), sobre contenidos científicos relacionados con las fuentes de energía (KPSIE: generación, ventajas, desventajas) y respecto a la argumentación en sí (KPSIA: sobre cada tipo de argumento y operación argumentativa). Se ha pasado antes de realizar la intervención (pre-test) y después (post-test).

3) **Emociones (**Hernández-Barco et al., 2022). Se aporta una lista de emociones positivas y negativas y se les pedía que señalaran aquellas que habían sentido durante la actividad.

4) **Análisis de argumentos**: siguiendo la categorización de Crujeiras et al. (2020), se clasifican en tipo de conocimiento implicado (científico, económico, ambiental, moral/ético y social) y según su operación argumentativa (afirmación, oposición, justificación y acuerdo). Esta clasificación es realizada por los estudiantes y después comprobada por los investigadores.

Para el análisis de diferencias entre pre y post se ha utilizado el test de Wilcoxon para muestras pareadas y el parámetro r de Rosenthal para el tamaño del efecto.

Descripción de la actividad

La actividad que se presenta, a nivel de investigación educativa, pretende aportar sobre la práctica científica de la argumentación y extender su uso. Esta actividad parte de una práctica que se lleva implementando más de 6 cursos académicos en asignaturas de Grado de Magisterio de Educación Primaria y Máster de Formación de Profesorado. La actividad se titula *Cumbre Energética* y se basa en un Trabajo de Fin de Máster defendido en la Universidad de Alcalá y consiste en, a través de un juego de roles, asistir a una cumbre energética en la O.N.U. Está diseñada para poder ser implementada en grupos de hasta 30 estudiantes. El alumnado se organiza en parejas, y se les asigna un país y una fuente de energía que defender: Japón (solar), China (hidroeléctrica), España (eólica), EEUU (nuclear), Indonesia (carbón), Islandia (geotérmica), Arabia Saudita (petróleo), Brasil (biocombustibles) y Rusia (gas). Dos estudiantes no participan en el debate como representantes de ningún país, sino que se les asigna el rol de periodista (uno con sesgo ideológico de izquierdas y otro de derechas). Una vez repartidos los países, los miembros del equipo se reparten los roles de científico/a y político/a. En otras ocasiones no hemos incluido la opción del periodista y sí el rol de comunicador en los equipos encargados de un video final evaluable.

La actividad se desarrolla en el aula en tres fases (2 días de 2 horas). En una primera fase, los representantes científicos del país hacen una exposición con las ventajas de su propia energía, intentando convencer de que es posible exportarla y utilizarla en el resto de los países. La intervención tiene una duración máxima de 5 minutos, y se puede utilizar presentación, vídeos, imágenes y debe apoyarse en datos. El resto de los grupos no intervienen durante la exposición de los demás, pero toman notas de fortalezas y debilidades para elaborar sus contraargumentos. En una segunda fase, se dan contraargumentos desde cada país al resto buscando enfatizar sus deficiencias sin que el país afectado intervenga. La tercera fase (que se realiza el en un segundo día), el representante político del país argumenta para defender su energía y atacar al resto, utilizando diferentes operaciones argumentativas y pudiendo asumir un rol más controvertido. Durante la actividad cada grupo debe además recoger sus argumentos en un documento compartido, lo que será útil para el análisis final y que se ha utilizado para clasificar los mismos. Mientras estas dos sesiones ocurren, los periodistas (cada uno con su orientación ideológica) deben recabar información y grabar para luego elaborar un vídeo de valoración de la cumbre explicando los temas, acuerdos o no alcanzados y dando su visión de la cumbre energética.

Por último, se discute con el alumnado los aspectos a los que esta actividad puede contribuir en el aula de secundaria como son la mejora de conocimiento científico sobre la energía y sus fuentes, aspectos no epistémicos de NDC (valor social y ético de la ciencia, interpretación de los datos), aspectos actitudinales (respeto, escucha, diálogos democráticos), uso y análisis de fuentes de información y sus posibles sesgos, pensamiento crítico, tipos de argumentación, trabajo cooperativo, habilidades comunicativas, creatividad, etc. Además, es una actividad en la que el docente disfruta de la clase.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valor de la metodología

La Figura 1 muestra la valoración de los ítems por dimensiones. Las valoraciones iniciales en las escalas de interés, utilidad y aprendizaje son muy altas probablemente por varios motivos. Por un lado, el alumnado tenía altas expectativas ya que se habían experienciado antes prácticas de indagación y

modelización que habían suscitado alto interés y motivación, reflexionando sobre su utilidad a nivel didáctico y cognitivo. Por otro, la actividad se les explicó brevemente antes del pre-test y resultó para ellos altamente estimulante desde el inicio. Tras la actividad los valores se mantienen, lo que muestra que se han cumplido las altas expectativas. Incluso en las dimensiones de aprendizaje y especialmente de utilidad hay una mejora en la valoración. También es de destacar que el coste se mantiene en niveles medios y desciende ligeramente, quizá porque este tipo de actividades implica participación, preparación previa, exposición… aspectos que suelen ser percibidos como exigentes por los estudiantes, a pesar de la valoración positiva de la experiencia. El análisis revela que las diferencias no son estadísticamente significativas a nivel global en ninguna escala, lo que por otro lado es esperable dado lo reducido de la muestra. Analizando por ítems, sí hay una mejora significativa moderada en tres de ellos. Dos son de la dimensión de utilidad, en concreto sobre la percepción de que la metodología es útil (p-valor=.029; r=.55) y que es importante saber utilizarla (p-valor=.025; r=.56) para su futuro. El tercero afirma que se fomentan las competencias científicas (p-valor=.023; r=.57). No se encuentran diferencias significativas por género.

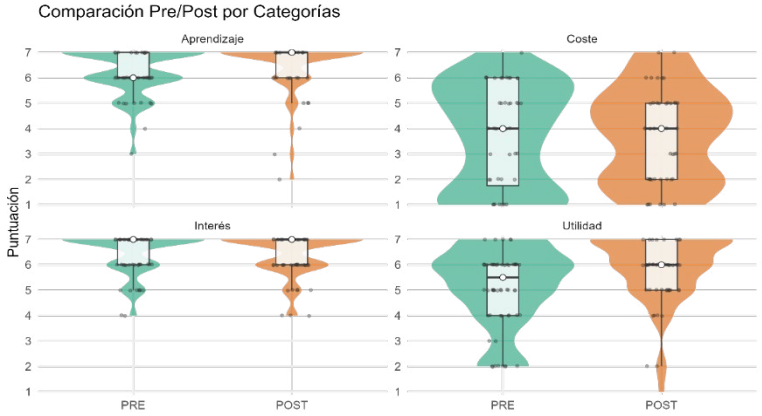


Figura 1. Valores del pre y post-test con los ítems agrupados por dimensiones.

Cambios en la autopercepción de conocimiento

En el aspecto metacognitivo, se encuentra una ganancia significativa y fuerte (r >.70) en casi todos los ítems (Figura 2). La autopercepción del conocimiento se vincula con los procesos de construcción de significado, lo que resulta muy relevante en la formación de futuros docentes. En solo dos ítems no hay mejora significativa (aunque sí relevante), relativos a cómo se genera la energía según la asignada y la utilidad de usar roles debido a que estos recibieron puntuaciones iniciales más altas. El primero ciertamente puede ser lógico en este alumnado de máster con un nivel de conocimiento alto sobre el tema. El segundo quizá está de nuevo motivado por otras actividades de carácter cooperativo que se habían realizado previamente. Tampoco hay diferencias significativas por género, si bien cabe mencionar que en general las chicas tienen valoraciones un poco más altas en la mayoría de los casos.

Emociones epistémicas emergentes en la actividad

La Tabla 1 muestra el porcentaje de estudiantes que marcan cada emoción vivida durante la actividad. Destacan claramente las emociones positivas como la diversión, curiosidad y entusiasmo, las cuales además suelen considerarse activadoras del aprendizaje **(**Hernández-Barco et al., 2022). Las negativas son vivenciadas por pocos estudiantes, a excepción del nerviosismo, el cual también puede considerarse activador en una actividad como esta que es muy abierta, demanda atención continua, escucha activa y búsqueda de argumentos y contraargumentos en tiempos a veces cortos (especialmente entre la primera y segunda fase que se dan el mismo día). De nuevo no existen diferencias de género.

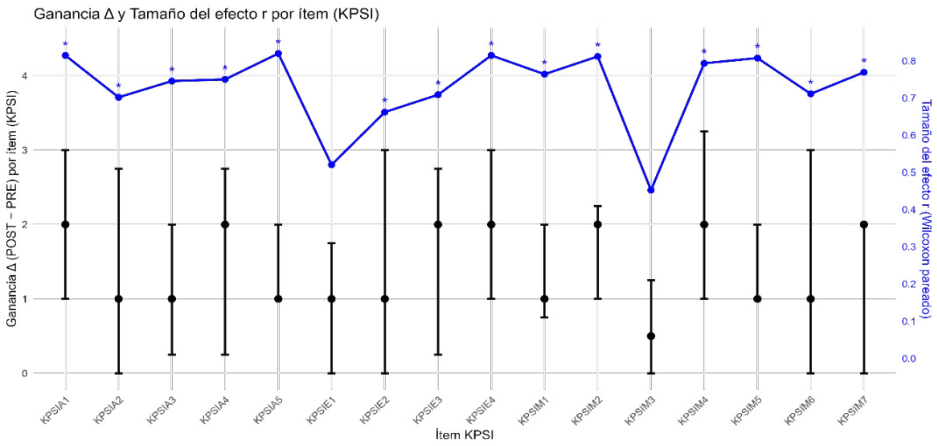


Figura 2. Mediana y rango intercuartílico de la ganancia en el KPSI (eje izquierdo). Tamaño del efecto de la diferencia entre pre y post (eje derecho; el asterisco indica significancia con p-valor < .05).

Tabla 1. Porcentaje de alumnado que marca cada emoción al final de la actividad.

Emociones positivas (%)				Emociones negativas (%)			
Alegría	56.2	Entusiasmo	62.5	Ansiedad	18.8	Nerviosismo	75.0
Confianza	43.8	Satisfacción	50.0	Frustración	12.5	Preocupación	12.5
Curiosidad	87.5	Sorpresa	56.2	Incertidumbre	12.5	Vergüenza	12.5
Diversión	100.0			Miedo	12.5	Aburrimiento	0

Análisis de argumentos

La Tabla 2 muestra los argumentos utilizados por todos los grupos, clasificados según tipo de conocimiento implicado y operación argumentativa.

Tabla 2. Número y porcentaje de argumentos durante la actividad. Clasificación de Crujeiras et al.(2020).

Tipo de conocimiento			**Operación argumentativa**		
	N	%		N	%
Científico-Técnico	112	32.7	Afirmación (datos, aseveraciones, posicionamiento)	136	39.7
Social	45	13.1	Oposición (desacuerdo, refutación, contraargumento)	90	26.2
Ambiental	74	21.6	Justificación (solicitar o dar una justificación)	101	29.4
Moral / Ético	41	12.0	Acuerdo (acuerdo explícito o confirmación)	16	4.7
Económico	71	20.7			
Total	343	100	Total	343	100

Teniendo presente el tipo de alumnado (químicos y físicos graduados) y la temática de la actividad, es lógico que predominen argumentos de tipo científico en primer lugar y ambientales y económicos en segundo. Esto pone en valor que la actividad está logrando conectar la enseñanza de las ciencias con estos dominios relacionados con la sostenibilidad tan relevantes en la formación científica actual. Es más, un número menor pero significativo de argumentos son de tipo moral/ético y social lo que, a nuestro juicio, pone en valor uno de los aspectos más relevantes de la actividad, esto es, mostrar la dimensión social y ética de la ciencia y permitiendo de este modo abordar aspectos no epistémicos de Naturaleza de la Ciencia (NDC) en el aula. Este aspecto se refuerza con el rol de los periodistas, con

visiones situadas en los extremos políticos como premisa (cuya argumentación aquí no se recoge), refuerza el debate en clase acerca de cómo la visión personal puede afectar a nuestra interpretación de los datos científicos.

CONCLUSIONES

El contexto histórico y tecnológico actual nos sitúa ante la necesidad de incorporar prácticas auténticas de argumentación en el aula, incluyendo actividades que promuevan la discusión y el análisis comparativo de fuentes, juicios valorativos y debates sobre problemas reales. En este trabajo se describe una práctica de argumentación en ciencias implementada en la formación de docentes de educación secundaria, basada en una controversia socio científica con roles sobre fuentes de energía siguiendo la propuesta de Crujeiras et al. (2020).

Los futuros docentes valoran muy positivamente la actividad a nivel de interés y utilidad para su futuro, así como las diferentes habilidades (comunicativas, cooperativas) y de aprendizaje que puede fomentar en el alumnado, a la vez que valoran un coste asumible por su parte. La actividad ha mejorado su autopercepción de conocimiento de manera muy fuerte, tanto en aspectos propios de la metodología, como acerca del tipo y formas de argumentar y sobre el desarrollo de conocimientos científicos. Los argumentos utilizados son variados y se ponen en juego aspectos sociales y éticos de la ciencia muchas veces ausente en las aulas. Además, indican haber vivido mayoritariamente emociones positivas lo que sin duda fomenta actitudes positivas. En global se puede concluir que valoran la actividad de manera muy positiva en una amplia variedad de aspectos, por lo que resulta muy adecuada en la formación de este futuro profesorado. Sin embargo, la limitación principal de este estudio es el reducido tamaño de la muestra (N=16), que no permite generalizar los resultados objetivos, nuestras futuras investigaciones se centrarán en ampliar la muestra y replicar la experiencia en diferentes contextos e integrando otras disciplinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrews, S. E, Runyon, C. y Aikens, M. (2017). The Math-Biology Values Instrument: Development of a Tool to Measure Life Science Majors' Task Values of Using Math int the Context of Biology. *Live, Science, Education, 3*(16), 1–19. https://doi.org/10.1187/cbe.17-03-0043

Crujeiras, B., Martín-Gámez, C., Díaz-Moreno, N. y Fernández-Oliveras, A. (2020). Trabajar la argumentación a través de un juego de rol: ¿debemos instalar el cementerio nuclear? *Enseñanza de las Ciencias*, *38*(3), 125-142. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2888

Hernández-Barco, M, Sánchez-Martín, J., Corbacho-Cuello, I. y Cañada-Cañada, F. (2022). Is sustainability an exhausted concept? Bridging the gap from environmental awareness to emotional proficiency in science education through integral sustainability. Heliyon, 8(12). 10.1016/j.heliyon.2022.e12546

Larraín, A., Gómez, M., Calderón, M., Ramírez, F., Guzmán, V. y Cofré, H. (2022). Descripción del conocimiento pedagógico del contenido de la argumentación en docentes que enseñan ciencias naturales en educación pública en Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1602.

Palma-Jiménez, M., Cebrián-Robles, D. & Blanco-López, Á. (2025). Impact of Instruction Based on a Validated Learning Progression on the Argumentation Competence of Preservice Elementary Science Teachers. *Sci & Educ,* 34, 423–455. https://doi.org/10.1007/s11191-023-00468-x

LÍNEA TEMÁTICA 2

EDUCACIÓN CIENTÍFICA PARA LA SOSTENIBILIDAD, LA SALUD Y LA JUSTICIA SOCIAL

Investigaciones y experiencias que aborden la integración de la sostenibilidad, el cuidado del planeta y de las personas, la justicia social, la ecodependencia, y la promoción de estilos de vida saludables desde la enseñanza de las ciencias.

Avances en el diseño de *EcoScale*. Un instrumento para evaluar la conciencia ambiental

David Aguilera, Alejandro Buendía-Martínez y José Miguel Vílchez-González

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada (España).

*Correspondencia: davidaguilera@ugr.es

RESUMEN

Ante las emergencias ambientales que afrontamos y la intención clara de los currículos actuales de atender a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, resulta conveniente disponer de instrumentos válidos para evaluar la conciencia ambiental del alumnado. En este marco, se pretende diseñar *EcoScale*, un instrumento para evaluar la conciencia ambiental del alumnado de 10 años o más, y aportar evidencias de su validez de contenido. Su diseño se apoyó en una revisión bibliográfica, que evidenció el consenso de caracterizar la conciencia ambiental como un constructo multidimensional. Se elaboró una propuesta inicial de 48 ítems organizados en tres dimensiones (conocimientos, actitudes y comportamientos), articulados en torno a los cuatro sistemas terrestres, al ciclo de la materia y al flujo de energía que los conecta. Posteriormente, se sometió a juicio de expertos mediante un panel de seis especialistas en educación ambiental, quienes valoraron los ítems en términos de claridad, relevancia, adecuación y pertinencia. La versión final ha quedado compuesta por 37 ítems, aportando evidencias de validez de contenido. En definitiva, el instrumento ha quedado listo para iniciar la validación de constructo.

PALABRAS CLAVE: educación ambiental; validación de contenido; educación primaria; educación secundaria; educación superior.

ABSTRACT

In light of the environmental emergencies we face and the clear intention of current curricula to address the Sustainable Development Goals, it is advisable to have valid instruments for assessing students' environmental consciousness. Within this context, the present study aims to develop *EcoScale* and provide evidence of its content validity, an instrument designed to assess environmental consciousness among students aged 10 years and above. Its development was informed by a literature review, which highlighted a consensus in conceptualising environmental consciousness as a multidimensional construct. An initial pool of 48 items was developed across three dimensions (knowledge, attitudes, and behaviours), structured around the four Earth systems, the cycling of matter, and the flow of energy that connects them. Subsequently, the instrument underwent expert review by a panel of six environmental education specialists, who evaluated the items in terms of clarity, relevance, appropriateness, and pertinence. The final version comprises 37 items, providing favourable evidence of content validity. Overall, the instrument is ready to proceed to construct validation.

KEYWORDS: environmental education; content validity; elementary education; secondary education; higher education.

INTRODUCCIÓN

La crisis medioambiental contemporánea ha reforzado la necesidad de una formación científica y socio-cultural que permita al alumnado comprender las relaciones entre los sistemas naturales y la acción humana, así como desarrollar disposiciones favorables hacia la conservación del medio.

La Educación Ambiental (EA) se ha consolidado como un eje central en la Didáctica de las Ciencias Experimentales, al orientarse hacia la formación de una ciudadanía capaz de participar de manera crítica y responsable ante los retos ambientales contemporáneos. La Conferencia Intergubernamental de Tbilisi definió la EA como un proceso educativo dirigido a desarrollar conciencia, conocimientos, actitudes, capacidades y participación ante los problemas ambientales (UNESCO-UNEP, 1978). De este modo, la EA trasciende la mera transmisión de conocimientos sobre la naturaleza o sobre los impactos

de la actividad humana, para situarse también en el terreno de la reflexión crítica, la toma de decisiones y la acción responsable. Las múltiples finalidades y la necesidad de conciliar a la conservación del planeta con aspectos socio-económicos han promovido diferentes líneas de desarrollo conceptual para la EA:

- La Declaración de Tesalónica (1997) reorientó la EA hacia la Educación para la Sostenibilidad (ES), también asimilada a la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), que se centra en la relación entre la emergencia ambiental y social, mediada por la ética, los límites de la biosfera y la justicia social (Novo, 2009). Se establece, en consecuencia, un marco orientado a ayudar al alumnado a comprender la interdependencia ambiente-sociedad y a contribuir activamente a la construcción de futuros más justos y sostenibles (UNESCO, 2026).

- La Educación para el Decrecimiento (ED) usa el decrecimiento como lente crítica para repensar y reorientar la EA ante la crisis climática. Así, problematiza el supuesto del crecimiento económico sostenido propio del capitalismo, promoviendo respuestas colectivas y estructurales para reducir el ciclo producción/consumo de forma planificada y justa. En última instancia, persigue controlar la elevada demanda de energía y materiales que, claramente, excede los límites ecológicos (Tannock, 2025). En consecuencia, se establece aquí un desarrollo sustentable en lugar de sostenible.

Independientemente del posicionamiento teórico que pudiera adoptarse en relación a la EA, la conciencia ambiental parece constituir el anclaje que posibilitaría el desarrollo de las competencias ambientales en el ámbito educativo. Baltodano-Nontol et al. (2024) la entienden como la combinación de conocimientos, actitudes y comportamientos acerca de los efectos de la actividad humana sobre el equilibrio ambiental.

En consecuencia, además de programas de EA, se requieren instrumentos que permitan evaluar la conciencia ambiental del alumnado que, paralelamente, servirían para analizar la efectividad de aquellas intervenciones orientadas a desarrollar competencias ambientales. En este marco, el presente trabajo tiene como objetivos diseñar un instrumento de medida para evaluar la conciencia ambiental en alumnado de 10 o más años y aportar evidencias de su validez de contenido.

MÉTODO

Se ha seguido un diseño instrumental (Soriano, 2014), que se articuló a partir de tres fases: (1) revisión bibliográfica de instrumentos ya validados para medir la conciencia ambiental o constructos afines, tales como: actitudes ambientales, alfabetización ambiental y conciencia de la sostenibilidad; (2) propuesta de una batería inicial de 48 ítems, organizada en tres dimensiones y articulada en torno a una perspectiva sistémica del medio, así como al ciclo de la materia y al flujo de energía que los conecta; y (3) validación de contenido mediante juicio de expertos.

Fase 1. Estado de la cuestión

Los propósitos de esta fase fueron identificar dimensiones recurrentes para la caracterización del constructo conciencia ambiental y obtener directrices de diseño basadas en los precedentes. Se aplicó una revisión sistemática de la literatura (Page et al., 2021) en las bases de datos Web Of Science y Scopus, identificándose 38 instrumentos precedentes (ej.: Baltodano-Nontol et al., 2024; Gericke et al., 2019; Guerrero Fernández et al., 2022). Tras el análisis de contenido, identificamos que:

- La conciencia ambiental (incluidos constructos afines) se conceptualiza a partir de tres dimensiones que suelen referirse a conocimientos (en 34 de 38 instrumentos), actitudes (en 33 de 38 instrumentos) y comportamientos (en 25 de 38 instrumentos).

- Se emplean entre cinco y 120 ítems para medir dicho constructo, tratándose de un margen muy amplio que da respuesta al rango de edad recogido (desde edades infantiles hasta la adultez).

- Se observa que los instrumentos diseñados para edades infantiles suelen tener un número menor a 15 ítems. Por el contrario, aquellos instrumentos orientados a edades juveniles y adultos emplean 15 o más ítems, identificando que el 45% de los instrumentos identificados (n = 17) usa entre 15 y 30 ítems.

- Las propuestas iniciales de los instrumentos analizados tenían entre 7 y 193 ítems, siendo la mediana igual a 48 ítems.

Vistos los datos obtenidos, se tomaron las siguientes decisiones de diseño: (1) adoptar un posicionamiento teórico multidimensional basado en la evaluación de conocimientos, actitudes y comportamientos; (2) elaborar una batería inicial de 48 ítems; y (3) procurar dos versiones del instrumento para atender a las características del alumnado de Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Universidad.

Fase 2. Construcción del instrumento: EcoScale

EcoScale toma como referente teórico la propuesta de Gericke et al. (2019) que articula el constructo en torno a tres dimensiones: (1) conocimientos, que hace referencia a la comprensión de conceptos, procesos, relaciones ecológicas y problemáticas ambientales; (2) actitudes, que alude a la sensibilidad, la valoración y la disposición subjetiva ante la protección del entorno; y (3) comportamientos, que se vincula con las acciones, hábitos o intenciones de actuación relacionadas con prácticas proambientales. Esta organización permite abordar el constructo de forma operativa y coherente con el contexto educativo, evitando reduccionismos que identifiquen la conciencia ambiental exclusivamente con "saber". Además, EcoScale se construyó desde una visión sistémica de la Tierra, elaborando ítems que atendieran tanto a la geosfera, la biosfera, la atmósfera y la hidrosfera, como al ciclo de materia y el flujo de energía que los conecta.

Se elaboró una batería de 48 ítems que fueron distribuidos equitativamente entre las dimensiones y los aspectos ambientales considerados. Así, se asignaron 16 ítems a cada dimensión y dentro de ellas tres a cada aspecto ambiental (geosfera, biosfera, atmósfera, hidrosfera y materia/energía). La redacción de los ítems se adecuó a "conocimientos ambientales" (sé que…; entiendo que…; comprendo que…), "actitudes ambientales" (me gusta…; me preocupa…; me interesa…) y "comportamientos proambientales" (cierro…; evito…; reciclo…).

Fase 3. Validación de contenido

En esta fase participaron seis especialistas en EA, dos mujeres y cuatro varones, con una trayectoria académica consolidada y suficiente experiencia en procesos de diseño y validación de instrumentos psicométricos. Además, el panel de expertos constituido permite atender a la EA desde tres áreas de conocimiento: la Didáctica de las Ciencias Experimentales (cuatro), la Teoría e Historia de la Educación (uno) y la Ecología (uno).

La valoración de los ítems se realizó mediante una escala Likert (1-4) y en función de cuatro criterios: (1) claridad, grado en que el ítem está redactado de forma clara y se entiende claramente lo que se está preguntando; (2) relevancia, grado en que el contenido del ítem es importante y representativo para medir la conciencia ambiental; (3) adecuación, grado en que el ítem utiliza un vocabulario y expresiones adecuadas, considerando que se aplicará a alumnado a partir de 10 años; y (4) pertinencia, grado en que el ítem se ajusta a la dimensión en la que ha sido clasificado. También se permitió añadir observaciones cualitativas para cada ítem.

Se adoptaron dos criterios de permanencia para los ítems: (1) mediana igual a 4 en relevancia y pertinencia; y, tras una primera criba, (2) mediana igual o superior a 3 en claridad o adecuación.

Finalmente, se aplicaron cambios en la redacción de los ítems preseleccionados conforme a las observaciones cualitativas de los expertos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La elección de tres dimensiones para conceptualizar a la conciencia ambiental, así como el resto de decisiones tomadas para su construcción, encuentran respaldo en antecedentes relevantes, aunque con alcances y extensiones distintas. Baltodano-Nontol et al. (2024) validaron un instrumento de 34 ítems organizado en cuatro dimensiones (afectiva, cognitiva, conativa y activa), para evaluar la conciencia ambiental en ciudadanía de núcleos urbanos. Atabek Yiğit y Balkan Kıyıcı (2022) desarrollaron una escala de conciencia ambiental para alumnado de Educación Secundaria. Su propuesta partió de 48 ítems y culminó en una versión final de 15 ítems organizada en dos factores. En un formato más extenso, Guerrero Fernández et al. (2022) diseñaron y validaron un cuestionario de alfabetización ambiental con 75 ítems, estructurado en tres dimensiones: conocimientos y habilidades, actitudes y emociones, y comportamientos.

El juicio de expertos aportó evidencias favorables de validez de contenido para la propuesta inicial del instrumento. La aplicación de los criterios de permanencia permitió depurar los 48 ítems; en total, se eliminaron 11. De los 37 ítems que superaron el corte, 31 vieron adaptada su redacción a partir de las observaciones cualitativas de los expertos, y seis se mantuvieron sin modificaciones. En la dimensión de conocimiento se eliminaron cinco de los 16 ítems iniciales; en la de actitud, cuatro de 16; y en la de comportamiento, dos de los 16 (Tabla 1).

Tabla 1. *Í*tems eliminados

	ÍTEM	RELEVANCIA		PERTINENCIA		ADECUACIÓN		CLARIDAD	
		Me	Mo	Me	Mo	Me	Mo	Me	Mo
CONOCIMIENTOS	6. Comprendo que quemar carbón es igual de sostenible que quemar leña.	3	3	3,5	3 y 4	2,5	2	2	1 y 2
	8. Comprendo que la tala descontrolada de árboles afecta al ecosistema.	3,5	3 y 4	4	4	3	2, 3 y 4	3	3
	10. Comprendo que actividades industriales, como la minería, pueden deteriorar el suelo.	3,5	4	3	3	3	3	3,5	3 y 4
	13. Comprendo el beneficio que implica reciclar y reutilizar para el medioambiente.	3,5	4	3,5	4	3,5	4	4	4
	16. Conozco las principales problemáticas ambientales, sus causas y consecuencias.	2	2	2,5	2	2	2	3	3
ACTITUDES	25. No me molesta que talen árboles sin necesidad.	3,5	3 y 4	3,5	3 y 4	3	3	2,5	2
	26. Me interesa conocer técnicas para evitar la pérdida de suelo.	3	2 y 4	3,5	4	2,5	2	3,5	4
	27. Creo que instalar placas solares justifica destruir campos agrícolas.	4	4	3,5	3 y 4	3	3	3	3
	32. Me interesa la conservación del medioambiente.	3,5	4	3,5	3 y 4	3,5	4	4	4
COMP.	34. Cuando necesito agua caliente, recojo el agua fría en un cubo para reutilizarla.	3,5	4	3,5	4	3	3	3	3
	42. A veces tiro basura al suelo sin darme cuenta.	3,5	4	3,5	4	3,5	4	4	4

Nota. Me: mediana; Mo: moda. En rojo se indican los valores que no alcanzaron los criterios de depuración establecidos, lo que justificó la eliminación de los ítems.

En conjunto, los resultados muestran que la estructura tridimensional del instrumento resultó conceptualmente adecuada, aunque fue necesario depurar y ajustar una parte significativa de los ítems para mejorar su claridad y adecuación. Igualmente, se detectó la necesidad de evitar la expresión “creo que” en los ítems atribuidos a la dimensión Actitudes ambientales, dada su proximidad a la dimensión Conocimientos ambientales.

La eliminación de 11 ítems, junto con la reformulación de 31 y el mantenimiento de 6 sin cambios, pone de manifiesto la utilidad del juicio de expertos como procedimiento para fortalecer la validez de contenido del instrumento. Este hallazgo es coherente con investigaciones previas (ej.: Guerrero Fernández et al. 2022 y Baltodano-Nontol et al., 2024) que entienden la conciencia ambiental como un constructo multidimensional y que subrayan la necesidad de combinar fundamentación teórica, juicio de expertos y revisión cualitativa en la construcción de instrumentos de medida. Así, la depuración realizada no supuso una pérdida del sentido teórico inicial, sino un refinamiento orientado a reforzar

la futura aplicabilidad del instrumento en contextos educativos. La Tabla 2 muestra la versión final del instrumento tras la validación de contenido.

Tabla 2. Ítems finales tras la validación de contenido

CONOCIMIENTOS	1. Sé que el agua potable es un recurso que no se acaba.
	2. Sé que los vertederos (lugar donde se acumula basura) son peligrosos para la vida en el planeta.
	3. Entiendo que liberar una tortuga (mascota) en el río no afecta al medioambiente.
	4. Sé que muchas de nuestras actividades cotidianas contaminan el aire.
	5. Entiendo que el aire contaminado puede causarnos problemas respiratorios.
	6. Sé que hay muchas especies amenazadas o en peligro de extinción.
	7. Conozco cómo ahorrar agua en mi hogar.
	8. Sé que el uso de abonos puede contaminar la tierra.
	9. Entiendo que proteger la tierra es beneficioso para las plantas y los animales.
	10. Sé que el agua, el viento o el Sol son fuentes de energía renovables.
	11. Entiendo que el agua contaminada puede afectar a los animales que comemos.
ACTITUDES	12. Me da igual ahorrar agua porque hay suficiente para todos.
	13. Me da igual que algunas especies de plantas puedan desaparecer.
	14. Me preocupa que mis actividades diarias puedan contaminar el agua.
	15. Me interesa conocer la calidad del aire de la localidad en la que vivo.
	16. Me interesa aprender cómo puedo ahorrar electricidad en mi casa.
	17. Me preocupa que se desperdicie comida.
	18. Me preocupa que algunas especies de animales puedan desaparecer.
	19. Me interesa saber cómo ahorrar agua en mi casa.
	20. Disfruto cuando participo en actividades para proteger la naturaleza.
	21. Me preocupa la protección de la tierra porque es un recurso valioso.
	22. Me resulta molesto separar la basura ya que no sirve para nada.
	23. Me gustaría que en mi localidad hubiera menos coches para tener un aire más limpio.
	24. Me preocupa el humo negro que sale de las fábricas.
COMPORTAMIENTOS	25. Cierro el grifo mientras me cepillo los dientes.
	26. Abro las ventanas cuando está encendida la calefacción o el aire acondicionado.
	27. Siempre que puedo, me desplazo en bicicleta o caminando.
	28. apturo animales cuando voy a la playa o al campo.
	29. Tiro toallitas u otros productos higiénicos por el váter.
	30. Evito pisar, cortar o arrancar la vegetación cuando camino por el campo.
	31. Siempre que puedo uso el transporte público en lugar de vehículo propio.
	32. Respeto las normas cuando visito espacios naturales protegidos.
	33. Me pongo ropa que tuvieron mis hermanos u otras personas.
	34. En mi casa separo los restos de comida del resto de basura.
	35. En mi casa reciclo papel, plástico y vidrio.
	36. Mantengo enchufada la TV, u otros aparatos eléctricos, aunque no los utilice.
	37. Evito salirme de los caminos marcados cuando paseo por el campo.

IMPLICACIONES Y RELEVANCIA PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Los resultados de esta investigación presentan implicaciones relevantes para la Didáctica de las Ciencias Experimentales. En primer lugar, contribuyen a ampliar la disponibilidad de instrumentos para evaluar la conciencia ambiental en sistemas educativos de países que usan el español como lengua oficial. La propuesta de construir dos versiones para EcoScale a partir de la batería final de preguntas, resulta original y específicamente orientada a atender las características del alumnado de Educación Primaria, etapa en la que son menos frecuentes los instrumentos validados. En segundo lugar, su estructura en torno a conocimientos, actitudes y comportamientos refuerza una concepción multidimensional del constructo y permite superar enfoques centrados exclusivamente en los aprendizajes conceptuales. En tercer lugar, la articulación de los ítems en torno a los sistemas terrestres, junto con el ciclo de la materia y el flujo de energía, vincula la evaluación de la conciencia ambiental con contenidos científicos escolares relevantes y con una visión sistémica de la Tierra.

Estas aportaciones se relacionan con las conclusiones del estudio, ya que la validación de contenido permitió depurar el instrumento y obtener una propuesta conceptualmente sólida y didácticamente pertinente para alumnado a partir de 10 años. Aunque serán necesarias fases posteriores de pilotaje y validación psicométrica, el cuestionario constituye una buena base tanto para futuras investigaciones como para su uso potencial como herramienta diagnóstica y evaluativa de intervenciones educativas. Desde el punto de vista práctico, se recomienda incorporar estrategias de evaluación que contemplen conjuntamente dimensiones cognitivas, actitudinales y conductuales.

AGRADECIMIENTOS: Esta comunicación es parte del proyecto de I+D+i C-SEJ-055-UGR23 (STEMgame) cofinanciado por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación y por la Unión Europea con cargo al Programa FEDER Andalucía 2021-2027.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atabek Yiğit, E., & Balkan Kıyıcı, F. (2022). The environmental awareness in the context of sustainable development: A scale development study. Sakarya University Journal of Education, 12(3), 646–665. https://doi.org/10.19126/suje.1167444

Baltodano-Nontol, L., Alvarado-Silva, C., Fernández-Mantilla, M., Gálvez-Carrillo, R., & Acevedo-Duque, Á. (2024). Measuring urban environmental awareness: Instrument validation and analysis in urban contexts. Sustainability, 16(24), 11153. https://doi.org/10.3390/su162411153

Gericke, N., Boeve-de Pauw, J., Berglund, T., & Olsson, D. (2019). The Sustainability Consciousness Questionnaire: The theoretical development and empirical validation of an evaluation instrument for stakeholders working with sustainable development. Sustainable Development, 27(1), 35–49. https://doi.org/10.1002/sd.1859

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., López Lozano, L., & Solís Ramírez, E. (2022). Alfabetización ambiental en la formación inicial docente: Diseño y validación de un cuestionario. Enseñanza de las Ciencias, 40(1), 25–46. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3517

Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. Revista de Educación, número extraordinario, 195–217. https://www.educacionfpydeportes.gob.es/revista-de-educacion/numeros-revista-educacion/numeros-anteriores/2009/re2009/re2009-9.html

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Revista española de cardiología, 74(9), 790-799. https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016

Soriano, A. M. (2014). Diseño y validación de instrumentos de medición. Revista Diálogos, 14, 19-40. http://hdl.handle.net/10972/2105

Tannock, S. (2025). On education and degrowth. British Journal of Sociology of Education, 46(4), 454-468. https://doi.org/10.1080/01425692.2025.2475957

UNESCO (2026). What you need to know about education for sustainable development. https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/need-know

UNESCO-UNEP. (1978). Intergovernmental conference on environmental education: Final report, Tbilisi (USSR), 14–26 October 1977. https://www.gdrc.org/uem/ee/EE-Tbilisi_1977.pdf

UNESCO y Gobierno de Grecia. (1997). Declaración de Salónica. Conferencia Internacional Medio Ambiente y Sociedad: Educación y Sensibilización para la Sostenibilidad, Salónica (Grecia), 8–12 de diciembre de 1997. https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/salonica.html

Competencias en sostenibilidad del futuro profesorado de Educación Primaria en Finlandia y España

Isabel Banos-González[1,2], Eija Yli-Panula [2], Ana Ruiz-Navarro[1], María Á. García-Fortes[1]

[1] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España
[2] Department of Teacher Education, University of Turku, Finland

* Correspondencia: ibbg1@um.es

RESUMEN: Este estudio examina las competencias del futuro profesorado de educación primaria (PPT) para promover la educación para la sostenibilidad, resaltando sus implicaciones para la formación y el desarrollo profesional en Didáctica de las Ciencias. Centrado en el marco de la UNESCO sobre 8 competencias clave para la sostenibilidad, analiza respuestas de estudiantes finlandeses (n=190) y españoles (n=170) de segundo año, sin formación sistemática previa en competencias para la sostenibilidad. Mediante análisis cualitativo de contenido, se identifica la presencia de competencias como el pensamiento sistémico, anticipatorio, normativo, estratégico, colaborativo, crítico y la resolución integrada de problemas, cuando los PPT abordan problemas ambientales, cuestiones socio-económicas y escenarios escolares.

Los resultados revelan que el pensamiento estratégico, colaborativo y la resolución integrada de problemas son las competencias más presentes en sus respuestas, particularmente al proponer acciones concretas en aulas o comunidades a niveles local, regional y global. Sin embargo, las competencias de pensamiento sistémico, normativo, anticipatorio y crítico escasamente aparecen. Muchas respuestas no evidencian ninguna competencia en sostenibilidad, lo que sugiere importantes lagunas en la formación inicial docente.

Estos resultados indican que, aunque estos PPT ya poseen ciertos recursos colaborativos para trabajar la sostenibilidad en las aulas, necesitan más oportunidades para desarrollar competencias más reflexivas y para incorporar enfoques centrados en el alumnado, basados en la indagación e interdisciplinariedad, a fin de fomentar las habilidades de pensamiento complejas requeridas para comprender la sostenibilidad y posicionar al futuro profesorado como agentes de transformación educativa y social.

PALABRAS CLAVE: formación inicial; educación primaria; educación para la sostenibilidad; competencias docentes UNESCO

ABSTRACT: This study focuses upon pre-service primary school teachers' (PPT) competence to promote sustainability education, highlighting implications for science teacher education and professional development. Grounded in UNESCO's framework of eight key teacher competencies for sustainability education, the study analyses spontaneous written responses from Finnish (n = 190) and Spanish (n = 170) secondyear PPT who had not received systematic prior training in sustainability competencies. Using qualitative content analysis, the authors identify how systems thinking, anticipatory, normative, strategic, collaborative, critical, and integrated problemsolving competencies appear when PPT address environmental problems, socio-economic issues and schoolbased scenarios.

The findings show that strategic thinking, collaboration and integrated problemsolving are the most visible competencies in participants' answers, particularly when proposing concrete classroom or community actions at local, regional and global levels. In contrast, systems thinking, normative, anticipatory and critical thinking competencies occur rarely. Many responses do not evidence any sustainability competence at all, suggesting important blind spots in current initial teacher education.

On one hand, the results point that, although these PPT already possess some collaborative resources for working on sustainability in science classrooms, they need more structured opportunities to develop

more reflective competencies and incorporate learnercentred, inquirybased and interdisciplinary approaches to foster the complex thinking skills, required to understand sustainability and to position pre-service teachers as agents of educational and social transformation.

KEYWORDS: initial training; primary school; sustainability education; UNESCO's teacher competencies

JUSTIFICACIÓN

La educación para la sostenibilidad (ES) desempeña un papel clave en la promoción de un cambio de paradigma hacia conductas más sostenibles, ampliando el conocimiento, las habilidades y las actitudes relacionadas con el desarrollo sostenible (UNESCO, 2017). La ES busca transformar el mundo mediante valores y prácticas humanísticos y ecológicos, fomentando un pensamiento transformador y la motivación para actuar en pro de la sostenibilidad. A diferencia de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), que se centra en el individuo, la ES enfatiza cambios en organizaciones, comunidades y entidades globales, reconociendo la interdependencia ecológica, social, cultural y económica (Sterling et al., 2011).

A pesar de su importancia, estudios recientes indican que la ES no se está implementando adecuadamente en las aulas, siendo la principal barrera la falta de competencias en sostenibilidad entre el profesorado (Rieckmann, 2018; Vare et al., 2019). Estas competencias abarcan el conocimiento, las habilidades y las actitudes necesarios para resolver problemas reales relacionados con la sostenibilidad.

Competencias para la Educación para la Sostenibilidad

Las competencias en sostenibilidad combinan conocimiento, habilidades y actitudes para resolver problemas complejos. Wiek et al. (2011) propusieron cinco competencias clave: pensamiento sistémico, normativo, anticipatorio, estratégico e interpersonal. La UNESCO (2017) añade pensamiento crítico y autoconciencia, mientras que Redman y Wiek (2021) incorporan implementación e integración. El pensamiento sistémico analiza sistemas complejos; el normativo coordina valores; el anticipatorio evalúa futuros; el estratégico diseña intervenciones; el colaborativo facilita la participación; el crítico cuestiona normas; y la resolución integrada aplica marcos para soluciones sostenibles. Estas competencias son esenciales para formar docentes capaces de integrar la ES en la didáctica de las ciencias.

Este estudio analiza la autopercepción, desde un marco declarativo, de las competencias del futuro profesorado de educación primaria (PPT) para promover la educación para la sostenibilidad, con el fin de discutir sus implicaciones para la formación y el desarrollo profesional en Didáctica de las Ciencias.

METODOLOGÍA

El estudio adopta un enfoque cualitativo inductivo mediante análisis de contenido, basado en respuestas espontáneas de futuro profesorado sin instrucción previa sobre competencias.

Participantes

Participaron 360 estudiantes de segundo año de magisterio de educación primaria (PPT): 190 finlandeses (84% mujeres) y 170 españoles (80% mujeres), dentro de un rango de edad que iba de 19-24 años. Ninguno tenía experiencia docente formal, solo observaciones iniciales durante prácticas escolares.

Instrumento para la recogida de información y tratamiento de la misma

Se utilizó un cuestionario web (Webropol) con cuatro preguntas abiertas:

P1. En tu opinión, ¿cuáles son los problemas ambientales más importantes: a) a nivel local, b) a nivel regional y c) a nivel mundial? ¿Cómo intentarías resolver estos problemas?

P2. Vas a llevar a tu alumnado a una excursión escolar con un aforo limitado a 12 estudiantes. La clase de la que eres responsable tiene 36. Vas a informar al representante de los organizadores en el lugar de destino. ¿Qué le dirías?

P3. Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas y explica tus respuestas. Justifica tu elección: a) El crecimiento económico continuo es posible. b) La igualdad económica entre países desarrollados y en vías de desarrollo se alcanzará en los próximos años.

P4. Identifica un problema en la comunidad escolar de un colegio que conozcas. Crea un proyecto interdisciplinar para el nivel de clase que elijas con el fin de resolver el problema que has identificado.

Para el análisis de sus respuestas, tres investigadoras codificaron independientemente las respuestas según criterios de siete competencias UNESCO (Tabla 1), alcanzando consenso en discrepancias encontradas.

Tabla 1. Criterios para identificar las competencias clave para enseñar sostenibilidad en las respuestas de los participantes (Autores, 2025)

Competencia	Pregunta	¿Cómo se identifica la competencia?
Pensamiento sistémico	1,3,4	La persona encuestada identifica varias dimensiones del problema y menciona relaciones de causa y efecto (pregunta 1). La persona encuestada analiza situaciones complejas a través de diferentes dimensiones (ambiental, social, económica) y a diferentes escalas (de lo local a lo global) (pregunta 3). La persona encuestada aborda diversos aspectos del problema, incluyendo aspectos de distintas disciplinas. En lugar de soluciones simples y directas, se sugieren soluciones más complejas (pregunta 4).
Anticipación	1,3	La persona encuestada analiza el futuro y relaciona juntos las causas y consecuencias de los fenómenos (pregunta 1). La persona encuestada anticipa estados futuros de sistemas complejos y problemas de sostenibilidad (pregunta 3).
Normativa	1	La persona encuestada analiza antecedentes y normas y aplica valores y principios de sostenibilidad (pregunta 1).
Estratégica	1,4	La persona encuestada presenta propuestas y medios concretos para promover el desarrollo sostenible (pregunta 1). La persona encuestada presenta un plan (detallado) para un módulo educativo interdisciplinar que aborde el problema de la comunidad escolar que ha designado (pregunta 4)
Colaborativa	2	La persona encuestada expresa su intención de consultar con la persona responsable de la excursión sobre el destino antes de tomar una decisión independiente o indica que piensa pedir consejo (pregunta 2).
Pensamiento crítico	1,3	La persona encuestada cuestiona las percepciones dominantes y discute las normas de la sociedad (pregunta 1 y pregunta 3).
Resolución integrada de problemas	2,4	La persona encuestada presenta una propuesta específica para resolver la situación, en lugar de cancelar la excursión o negociar con la persona responsable del destino de la excursión (pregunta 2). La persona encuestada presenta un plan (detallado) para un módulo educativo interdisciplinar que aborde el problema descrito de la comunidad escolar (pregunta 4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados revelan patrones claros en la manifestación de competencias para la sostenibilidad entre los futuros docentes finlandeses y españoles, basados en sus respuestas espontáneas a las

cuatro preguntas del cuestionario. Raramente una respuesta exhibía más de dos competencias, y una proporción significativa (hasta 40-50% en algunas preguntas) no evidenciaba ninguna, lo que subraya limitaciones inherentes en el desarrollo competencial de docentes en formación inicial sin instrucción explícita (Autores, 2025).

En la pregunta sobre problemas ambientales y sus soluciones (P1), el pensamiento estratégico predominó (más del 60% de los participantes), reflejado en respuestas concretas como "un día sin coches para reducir emisiones en los alrededores del colegio" (PPT45). Esto concuerda con hallazgos previos donde el pensamiento estratégico emerge en contextos de acción local-global (Autores, 2025). El pensamiento normativo apareció entorno al 20% de los participantes para problemas globales, enfatizando valores como "penalizaciones a empresas contaminantes" (PPT281). Sin embargo, competencias complejas como el pensamiento sistémico (análisis multidimensional), anticipatorio (consecuencias futuras) y crítico fueron infrecuentes (<10%), limitadas a ejemplos aislados como impactos de industrias químicas en la salud. Problemas comunes incluyeron cambio climático (a escala global), eutrofización (a escala regional) y residuos o contaminación atmosférica por el tráfico (a escala local).

Respecto al dilema de la excursión escolar (P2), la colaboración interpersonal destacó en más de la mitad de los participantes, alineándose con habilidades básicas docentes (Metsäpelto et al., 2022). La resolución integrada de problemas superó el 70% de los participantes (e.g., grupos secuenciales), contrastando con quienes optaron por cancelar la excursión por razones de equidad (n=77), sin competencias evidentes. Estos resultados ilustran cómo contextos colaborativos activan competencias interpersonales, pero requieren integración para soluciones sostenibles (Wiek et al., 2011).

En las afirmaciones sobre crecimiento económico e igualdad (P3), el pensamiento anticipatorio fue el más destacado (40%), vinculando crisis futuras (pandemias, guerras) a límites del crecimiento. El pensamiento crítico se identificó en un 20% de las respuestas, que cuestionaban a actores como gobiernos por perpetuar desigualdades; mientras que menos del 5% de los PPT mostraron pensamiento sistémico, lo que refleja la dificultad para integrar la dimensión socioeconómica, en línea con las conclusiones de García-Fortes et al. (2024).

Finalmente, en problemas escolares y proyectos interdisciplinares (P4), cabe destacar que la mayoría identificó problemas ambientales, sobre todo relacionados con los residuos y la calidad del aire. La competencia en pensamiento estratégico se identificó en más de un 60% de las respuestas, con la generación de campañas vegetarianas o el establecimiento de filtros verdes para lagunas eutrofizadas.

Estos hallazgos confirman que los PPT poseen competencias orientadas a la acción (estratégica, colaborativa), pero carecen de pensamiento reflexivo profundo (sistémico, normativo, crítico), coincidiendo con estudios que señalan debilidades en el razonamiento a escalas complejas (Tolppanen y Kärkkäinen, 2021). La baja integración múltiple de estas competencias para la resolución de problemas, sugieren la necesidad de una educación transformadora (Sterling, 2011). Por tanto, las implicaciones para la formación docente son claras: los currículos deben explicitar competencias para la sostenibilidad (Redman et al., 2018), integrándolas en las didácticas específicas (y, en particular, en ciencias) mediante metodologías activas, con proyectos reales (Cebrián y Junyent, 2015), indagación crítica (Vesterinen y Ratinen, 2024), visión de futuro y análisis interdisciplinar (Bassachs et al., 2020). Con el fin de promover el desarrollo de competencias docentes contribuyendo a la promoción de la sostenibilidad en aulas de primaria (Redman & Wiek, 2021; UNECE, 2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bassachs, M., Cañabate, D., Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R., y Colomer, J. (2020). Fostering critical reflection in primary education through STEAM approaches. *Education Sciences, 10*, Article 384. https://doi.org/10.3390/educsci10120384

Cebrián, G., y Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' views. *Sustainability, 7(*3), 2768-2786, https://doi.org/10.3390/su7032768

García-Fortes, M. Á., Banos-González, I., y Esteve-Guirao, P. (2024). ESD action competencies of future teachers: self-perception and competence profile analysis. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2023-0323

Redman, A., y Wiek, A. (2021). Competencies for Advancing Transformations Towards Sustainability. *Frontiers in Education*, 6, 785163. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.785163

Redman, E., Wiek, A., y Redman, A. (2018). Continuing professional development in sustainability education for K-12 teachers: Principles, Programme, applications, Outlook. *Journal of Education for Sustainable Development, 12*(1), 59–80. https://doi.org/10.1177/2455133318777182

Sterling, S. (2011). Transformative learning and sustainability: Sketching the conceptual ground. *Learning and Teaching in Higher Education, 5*, 17-33.

Tolppanen, S., y Kärkkäinen, S. (2021). The blame-game: Pre-service teachers views on who is responsible and what needs to be done to mitigate climate change. *International Journal of Science Education, 43*, 2402-2425. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1965239

UNECE. (2013). Learning for the future: Competencies in education for sustainable development. Strategy for education for sustainable development. *United Nations Economic Commission for Europe*. https://unece.org/DAM/env/esd/

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). (2017). Education for the Sustainable Development Goals: Learning Objectives; UNESCO, France: París. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444

Vare, P., Arro, G., de Hamer, A., Del Gobbo, G., de Vries, G., Farioli, F., Kadji-Beltran, C., Kangur, M., Mayer, M., Millican, R., Nijdam, G., Réti, M., y Zachariou, A. (2019). Devising a competency-Based Training Program for Educators of Sustainable Development: Lessons Learned. Sustainability, *11*(7), 1890, https://doi.org/10.3390/su11071890

Vesterinen, M., y Ratinen, I. (2024). Sustainability competencies in primary school education–A systematic literature review. *Environmental Education Research*, *30*(1), 56-67. https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2170984

Wiek, A., Withycombe, L., y Redman, C.L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, *6*, 203–218, https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6

Yli-Panula, E., Banos-Gonzalez, I., Jeronen, E., y Tringham, M. (2025). 'This is not going to change in the short term'–Finnish and Spanish primary school student teachers' views on competencies for promoting sustainability education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *21*(1), em2556, https://doi.org/10.29333/ejmste/15793

Percepciones y competencias para la sostenibilidad en la profesión docente

Sandra Bueno Férez[1], Patricia Esteve Guirao[1], Magdalena Valverde-Pérez[1] y María Á. García-Fortes[1]

[1] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España

* Correspondencia: mvp@um.es

RESUMEN: La crisis global del agua exige que la educación para la sostenibilidad (ES) capacite al alumnado como agente de cambio. Para ello, el papel del profesorado resulta fundamental. Por ello, en este trabajo se analiza la valoración de la riqueza competencial de la actividad "¿Cuánta agua hay en un like?" que realiza un grupo de docentes en activo (n=67), así como su autopercepción sobre cómo de adquiridas tienen una serie de competencias docentes en Educación para la Sostenibilidad. La metodología, de corte cuantitativo, utilizó cuestiones cerradas tipo Likert para valorar la riqueza competencial de la propuesta (escala 1-3) y el nivel de competencia autopercibido (escala 1-6). Los resultados indican que, aunque el profesorado valora positivamente la riqueza competencial de la actividad (medias > 2,50/3), la autopercepción sobre sus competencias es solo parcial (medias entre 3,94 y 4,49 sobre 6), mostrando una gran inseguridad, sobre todo, para evaluar cambios de comportamiento y valores en el alumnado. Se discute la necesidad de reforzar la formación docente para promover una responsabilidad ciudadana activa y crítica.

PALABRAS CLAVE: Educación para la Sostenibilidad, Competencias Docentes, Crisis Hídrica, ODSs, Formación del Profesorado.

ABSTRACT: The global water crisis demands that education for sustainability (ES) empowers students to become agents of change. To this end, the role of teachers is fundamental. Consequently, this study analyses the assessment of the range of competencies involved in the activity 'How much water is in a like?', carried out by a group of practising teachers (n=67), as well as their self-perception of the extent to which they have acquired a series of teaching competencies in Education for Sustainability. The quantitative methodology used closed-ended Likert-type questions to assess the richness of competencies in the activity (scale 1–3) and the level of self-perceived competence (scale 1–6). The results indicate that, although teachers rate the activity's richness of competencies positively (means > 2.50/3), their self-perception of their own competencies is only partial (means between 3.94 and 4.49 out of 6), revealing significant uncertainty, particularly when it comes to assessing changes in pupils' behaviour and values. The need to strengthen teacher training to promote active and critical citizenship is discussed.

KEYWORDS: Education for Sustainability, Teaching Competencies, Water Crisis, SDGs, Teacher Training.

INTRODUCCIÓN

La crisis global del agua se presenta como uno de los desafíos más urgentes y complejos del siglo XXI (UNESCO, 2017). La humanidad recorre un camino peligroso marcado por un consumo insostenible, el desarrollo excesivo y un calentamiento global descontrolado que drena este recurso esencial gota a gota.

Ante este desafío, la educación para la sostenibilidad (ES), con su consolidado enfoque competencial, se eleva clave en la implicación de la ciudadanía ante los retos socio-ecológicos que implica la gestión y el uso del agua (Redman & Wiek, 2021). Por tanto, se trata de dotar al alumnado de competencias en sostenibilidad, capacitándoles para ser agentes de cambio frente a la crisis global del agua.

No obstante, las investigaciones evidencian que gran parte del profesorado y de los futuros docentes aún carece de una conciencia crítica sobre la magnitud de la crisis hídrica y de los problemas relativos

al Agua, Saneamiento e Higiene (WASH, por sus siglas en inglés) (Byker & Ezelle-Thomas, 2021; Bulut & Borromeo Ferri, 2025). Por su parte, García-Fortes et al. (2024) concluyeron que el futuro profesorado carece de las competencias de acción necesarias para abordar estos retos en las aulas de una manera efectiva. En concreto, esta investigación señala que el futuro profesorado es consciente de los desafíos socio-ecológicos y siente preocupación por ellos, pero, a menudo, muestran dificultades para abordarlos en el aula. Al igual que el futuro profesorado, los docentes en ejercicio manifiestan una escasa formación específica en ES. En diversos contextos internacionales, se ha identificado que la falta de programas de capacitación técnica y didáctica convierte la implementación efectiva de la ES en un reto, generando una sensación de incertidumbre al intentar abordar estos temas en el aula (Varela-Losada et al., 2024).

El docente como agente de cambio

La ES exige que las instituciones de educación superior actúen como motores de transformación social, capacitando al profesorado como agentes de cambio capaces de tomar decisiones con criterios de sostenibilidad integral (Rekalde-Rodríguez et al., 2021; Bulut & Borromeo Ferri, 2025). En este contexto, los docentes son identificados como el eslabón fundamental, ya que su papel es iniciar y guiar el desarrollo de competencias en el alumnado desde las etapas más tempranas (Bilbokaitė et al., 2024). Sin embargo, Redman y Wiek (2021) advierten que gran parte de la educación actual se mantiene anclada en el *status quo*, sin preparar de una manera clara al profesorado para liderar las transformaciones a gran escala que requiere la crisis global actual. Esta limitación se refleja en que muchos docentes no siempre se reconocen a sí mismos/as como agentes capaces de impulsar el cambio social necesario (Banos-González et al., 2022).

En el ejercicio profesional, las competencias del profesorado son frecuentemente percibidas como el principal "cuello de botella" para promover la sostenibilidad en los centros escolares (Vare et al., 2019). García-Fortes et al. (2024) subrayaron la necesidad de que el profesorado desarrolle, no solo las competencias para el desarrollo sostenible, sino también las competencias docentes en ES para promover eficazmente el aprendizaje del alumnado.

En este sentido, el marco de la UNECE (2013) resulta especialmente relevante, al estructurar las competencias docentes en torno a 4 pilares: conocer, hacer, ser y convivir. Se enfatizan particularmente las competencias "to do", vinculadas a la capacidad del profesorado para diseñar, implementar y evaluar prácticas educativas transformadoras, fomentar el pensamiento crítico y sistémico, y promover la participación activa del alumnado. Estas competencias prácticas son esenciales para impulsar cambios hacia la sostenibilidad desde una perspectiva holística, orientada a la acción y a la transformación social.

Por su parte, las creencias de los docentes sobre sus propias competencias son fundamentales, ya que estas autopercepciones podrían predecir su práctica educativa futura y su capacidad para empoderar al estudiantado en materia de sostenibilidad. Para García-Fortes et al. (2024), la falta de confianza percibida suele traducirse en la adopción de prácticas convencionales en lugar de enfoques innovadores y transformadores.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivos:

- Analizar cómo evalúan profesores de primaria en activo la riqueza competencial de una actividad específica sobre sostenibilidad hídrica.
- Analizar la autopercepción de profesores de primaria en activo respecto a su propio nivel de dominio de las competencias docentes para la sostenibilidad necesarias para implementar dicha actividad.

METODOLOGÍA

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo basado en la aplicación de un cuestionario a una muestra no probabilística de 67 docentes de Educación Primaria. El objetivo fundamental es analizar la valoración del profesorado sobre la Riqueza Competencial de la actividad didáctica "¿Cuánta agua hay en un like?" (Figura 1) -la cual se vincula con conceptos de agua virtual y huella hídrica- y, simultáneamente, promover una reflexión sobre sus propias competencias en Educación para la Sostenibilidad necesarias para su implementación.

Figura 1. Planteamiento de la actividad y algunas de las tareas que incluye.

El instrumento de recolección de datos se estructuró en dos dimensiones principales:

- Evaluación de la Riqueza Competencial (RC): A través de 9 ítems (Tabla 1), esta sección analiza la probabilidad de la actividad de promover la adquisición de competencias entre el alumnado, otorgada por el profesorado encuestado. Para ellos, se empleó una escala cualitativa de tres niveles: Alta, Regular y Baja.

Tabla 1. Ítems para valorar la probabilidad de la actividad de promover la adquisición de competencias entre el alumnado

PROBABILIDAD DE ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS	ALTA	REGULAR	BAJA
1- La actividad permite comprender y analizar problema de sostenibilidad relacionado con el recurso agua.			
2- Esta propuesta se plantea en diferentes dominios (ambiental, social y económico) y escalas (local, global).			
3- La actividad ayuda a comprender las consecuencias de nuestras actuaciones cotidianas en la conservación del agua.			
4- La actividad permite al alumno reflexionar sobre las normas que rigen nuestro comportamiento, conocer las metas en gestión de recursos…			
5- Esta actividad lleva al alumno a adoptar una postura en el discurso de la sostenibilidad del recurso agua.			
6- La actividad promueve que el alumno se haga preguntas sobre el rol que desempeña en la sociedad.			
7- La actividad ayuda a comprender la importancia de determinados hábitos y su influencia en la conservación del agua.			
8- La actividad permite al alumno reflexionar sobre soluciones colectivas a la resolución de problemas de sostenibilidad del recurso agua.			
9- La actividad promueve que el alumno lleve a cabo un plan de acción para transformaciones hacia la sostenibilidad del recurso agua.			

- Autopercepción del grado de desarrollo de competencias docentes: Esta sección consta de 8 ítems que se corresponden con las competencias "to do" de UNECE (2013). Para cada una, se pide a la persona encuestada que valore en qué grado las tiene desarrolladas, mediante una escala Likert

de 6 puntos, donde el valor 1 corresponde a una "nada desarrollada" y el 6 a estar "totalmente desarrollada" (Tabla 2).

Tabla 2. Ítems para valorar la autopercepción del grado de desarrollo de las competencias UNECE (2013)

	1	2	3	4	5	6
1. Crear espacios para el intercambio de ideas y experiencias de diferentes disciplinas, orígenes, culturas y generaciones sin prejuicios o ideas preconcebidas.						
2. Hacer que el alumnado trabaje desde diferentes perspectivas sobre dilemas, cuestiones, tensiones y conflictos relacionados con la problemática en la gestión de recursos hídricos.						
3. Conectar al alumno con sus entornos de influencia locales y globales, al plantear estas problemáticas.						
4. Evaluar críticamente los procesos de cambio en la sociedad y visionar futuros sostenibles.						
5. Facilitar la reflexión y valoración crítica de las consecuencias de las decisiones y acciones en relación con la gestión de recursos hídricos e inspirar un sentido de urgencia para fomentar un cambio hacia el Desarrollo Sostenible de dichos recursos.						
6. Utilizar el entorno natural, social y construido, incluido su propio centro de enseñanza, como contexto y fuente de aprendizaje.						
7. Facilitar una educación participativa y centrada en el alumnado, que desarrolle el pensamiento crítico y la ciudadanía activa.						
8. Evaluar los resultados del aprendizaje en términos de cambios y logros en relación con el desarrollo sostenible.						

Tratamiento de los datos

El tratamiento de la información se realizó de forma diferenciada según la escala aplicada: para el análisis de RC, las valoraciones cualitativas se codificaron numéricamente (Alta=3, Regular=2, Baja=1) y se determinaron las frecuencias porcentuales, los promedios y la desviación estándar. Para el análisis del grado de desarrollo de competencias docentes, se aplicó un análisis descriptivo que incluyó el cálculo de la media, la moda, y la desviación estándar para cada una de las ocho competencias de UNECE (2013).

RESULTADOS

Análisis de la Riqueza Competencial

Los resultados del cuestionario RC indican una percepción muy elevada sobre el potencial de la actividad para el desarrollo de las competencias que aparecen en la Tabla 1. La media global de los 9 ítems se situó entre un mínimo de 2,51 y un máximo de 2,75 (Figura 2).

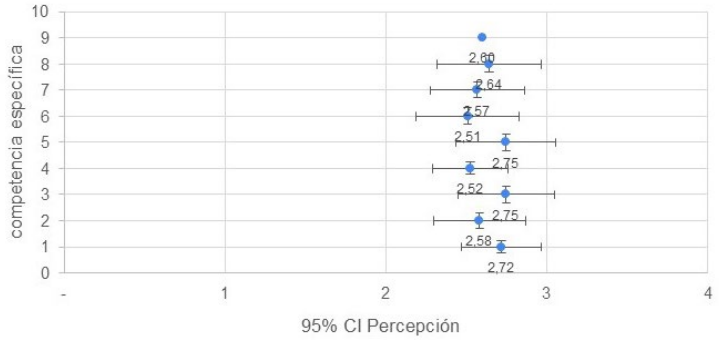


Figura 2. Valor promedio de la riqueza competencial percibida

De manera específica, las dimensiones que el profesorado percibe con mayor riqueza fueron la capacidad

de la actividad para ayudar a comprender las consecuencias de las actuaciones cotidianas (RC P-3) y su utilidad para que el alumnado adopte una postura en el discurso de la sostenibilidad (RC P-5), ambas con un promedio de 2,75. Por el contrario, la competencia referida a promover que el alumnado se cuestione su rol en la sociedad (RC P-6) obtuvo la valoración media más discreta (2,51), coincidiendo con una de las mayores dispersiones en las respuestas (DE=0,61). El análisis de frecuencias confirma esta tendencia positiva, destacando que el 86% de la muestra calificó como "Alta" la riqueza del ítem RC P-3.

Autopercepción de competencias docentes para la sostenibilidad

En cuanto al desarrollo de competencias docentes percibido por el profesorado para implementar una propuesta en el marco de la ES, los datos revelan una percepción parcial del desarrollo de las competencias, con promedios que oscilan entre 3,94 y 4,49 sobre 6 puntos (Figura 3). A pesar de que la moda predominante se situó en 5 ("muy desarrollada"), ninguna de las ocho competencias evaluadas alcanzó el nivel de "totalmente desarrollada" de forma generalizada. El profesorado se percibe con mayor seguridad en la competencia vinculada a conectar al alumno con sus entornos de influencia locales y globales (C3), la cual alcanzó la media más alta del estudio (4,49). En el extremo opuesto, los docentes manifestaron una menor percepción de capacidad en tres áreas críticas; C1-crear espacios para el intercambio de ideas sin prejuicios (3,94), C8-evaluar los resultados del aprendizaje en términos de cambios y logros (4,04) y C5- facilitar la reflexión crítica e inspirar un sentido de urgencia para el cambio (4,06).

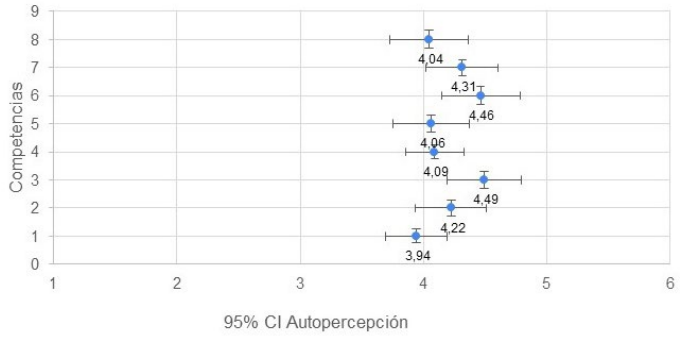


Figura 3. Valor promedio de cada competencia autopercibida

DISCUSIÓN

El análisis de los resultados revela una interrelación significativa entre la Riqueza Competencial (RC) percibida en propuesta didáctica y la autopercepción de eficacia del profesorado para abordar la crisis hídrica. La elevada valoración global de la actividad sugiere que el uso de metodologías activas y contextualizadas es reconocido por los docentes como un motor de aprendizaje. Este hallazgo coincide con lo propuesto por Hernández-Barco et al. (2024), quienes sostienen que las intervenciones basadas en la experimentación y el modelado —como la construcción de filtros o el análisis de la huella hídrica— no solo mejoran el conocimiento cognitivo, sino que incrementan la percepción de autoeficacia y generan emociones activadoras positivas. De manera específica, la alta puntuación obtenida en la capacidad de la actividad para ayudar a comprender las consecuencias de las actuaciones cotidianas (RC P-3) y para adoptar una postura en el discurso de la sostenibilidad (RC P-5) refleja una alineación con el concepto de Competencia Global. Según Byker y Ezelle-Thomas (2021), este proceso implica los actos de "leer" y "reescribir" el mundo, permitiendo que el alumno desarrolle una conciencia crítica sobre cómo el contexto local sitúa los problemas globales del agua. Sin embargo, el hecho de que la competencia relacionada con el cuestionamiento del rol del alumno en la sociedad (RC P-6) obtuviera la media más baja resulta preocupante. Esta limitación es coherente con las advertencias de Redman y Wiek (2021), quienes señalan que gran parte de la educación actual permanece anclada en el *status quo*, preparando a los estudiantes para realizar mejoras incrementales en lugar de liderar las transformaciones estructurales necesarias para avanzar en sostenibilidad.

En relación con la autopercepción docente, las evidencias sugieren que el profesorado posee un desarrollo competencial solo parcial. Existe un contraste significativo entre la seguridad manifestada al conectar con entornos de influencia y la marcada incertidumbre al intentar evaluar resultados en términos de cambio real en los valores, actitudes y comportamientos del alumnado (Varela-Losada et al., 2024). Esta brecha evaluativa representa un "cuello de botella" pedagógico ya identificado: los docentes se perciben capaces de transmitir información fáctica o científica, pero encuentran serios obstáculos para fomentar y medir transformaciones proambientales profundas (García-Fortes et al., 2024).

Los resultados muestran que, aunque el profesorado valora positivamente el potencial competencial de la propuesta, persisten dudas en aspectos clave como la evaluación de cambios en actitudes, valores y comportamientos del alumnado. Esto sugiere la necesidad de fortalecer la formación inicial y permanente en ES, especialmente en estrategias de evaluación formativa, diseño de tareas transformadoras y acompañamiento del pensamiento crítico. Asimismo, conviene promover experiencias de aula más contextualizadas y activas que ayuden al profesorado a ganar seguridad pedagógica y a traducir los enfoques sostenibles en intervenciones educativas más eficaces

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banos-González, I., Esteve-Guirao, P., Valverde-Pérez, M., y Ruiz-Navarro, A. (2022). "Why Has the Water Turned Green?" A Problem of Eutrophication in Primary School. *Sustainability*, 14(20), 13651.

Bilbokaitė, R., Bilbokaitė-Skiauterienė, I., Fjodorova, I., Kravale-Pauliņa, M., Oļehnoviča, E., Szplit, A., y Zbróg, Z. (2024). Global competences for principals: Enabling change for sustainable education. *Journal of teacher education for sustainability, 26*(2), 141-161.

Bulut, N., y Borromeo Ferri, R. (2025). Bridging mathematical modelling and education for sustainable development in pre-service primary teacher education. *Education Sciences, 15*(2), 248.

Byker, E. J., y Ezelle-Thomas, V. (2021). Preparing teacher candidates with global competencies: Taking action on the global water crisis with service learning. *Journal of research in childhood education, 35*(2), 268-280.

García-Fortes MÁ, Banos-González I, y Esteve-Guirao P (2024). ESD action competencies of future teachers: self-perception and competence profile analysis. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 25(8), 1558–1580.

Hernández-Barco, M. A., Corbacho-Cuello, I., Sánchez-Martín, J., y Cañada-Cañada, F. (2024, July). A longitudinal study during scientific teacher training: the association between affective and cognitive dimensions. *Frontiers in Education*, 9, 1355359.

Redman, A., y Wiek, A. (2021). Competencies for advancing transformations towards sustainability. Frontiers in Education, 6, 785163

Rekalde-Rodríguez, I., Barrenechea, J., y Hernandez, Y. (2021). Ocean I3. Pedagogical Innovation for Sustainability. *Education Sciences, 11*(8), 396.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) (2013), Empowering educators for a sustainable future. Strategy for Education for Sustainable Development, Geneva. https://unece.org/DAM/env/esd/ESD_Publications/Empowering_Educators_for_a_Sustainable_Future_ENG.pdf

UNESCO (2017). Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivos de aprendizaje. París: UNESCO. https://doi.org/10.18356/e46cc573-es

Varela-Losada, M., Lorenzo-Rial, M. A., Pérez-Rodríguez, U., y Vega-Marcote, P. (2024). La Educación para la Sostenibilidad en las enseñanzas mínimas de Educación Primaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 46, 89-106.

Educación para el cambio climático en la formación inicial del profesorado de secundaria

Genina Calafell-Subirà [1], Anna Serra[2], Ferran Crespo [1], Gregorio Jiménez [1], Gerard Guimerà [1], Noelle Fabre [1], Mireia Esparza [1], Rosa M. Medir[2] , Salvador Viciana [1]

[1] Departament d'Educació Lingüística, Científica i Matemàtica, Grup de Recerca EMA, Universitat de Barcelona, España

[2] Departament de Didàctiques Específiques. Grup de Recerca GRECA, Universitat de Griona, España

* Correspondencia: genina.calafell@ub.edu

RESUMEN: Esta comunicación presenta resultados preliminares de un análisis documental comparado de 25 guías docentes del MFPS (Biología-Geología y Física-Química) en la UB y la UdG. El objetivo es describir hasta qué punto la educación para el cambio climático aparece curricularizada en la formación inicial del profesorado de secundaria y qué bases ecosociales ya disponibles pueden posibilitar actuar como condición de posibilidad para esa curricularización. El estudio combina análisis documental y análisis cualitativo de contenido dirigido con un sistema de tres esferas inspirado en Sauvé y anclado en GreenComp: explícita, relacional y fundamental. Los resultados muestran una pauta nítida: la referencia climática literal es excepcional; en cambio, las dimensiones vinculadas a naturaleza, pensamiento sistémico, ciudadanía democrática, justicia y sostenibilidad aparecen con una presencia media o alta, especialmente en Biología-Geología. La UB concentra las pocas menciones explícitas al cambio climático, mientras que la UdG destaca por propuestas de sostenibilidad y acción situada sin nominación climática directa. Se concluye que el reto principal no es partir de cero, sino transformar una base ecosocial dispersa en una arquitectura curricular visible, evaluable y específicamente climática.

PALABRAS CLAVE: educación para el cambio climático; GreenComp; formación inicial de profesorado; educación para la sostenibilidad; didáctica de las ciencias

ABSTRACT: This paper reports preliminary findings from a comparative document analysis of 25 course guides of the Master's Degree in Secondary Education Teacher Training in the Biology-Geology and Physics-Chemistry teacher education in UB and Universitat UdG. The aim is to describe how climate change education is curricularised in initial secondary teacher education and which ecosocial dimensions already present in the guides may function as enabling conditions for that curricularisation. The study combines document analysis and directed qualitative content analysis through a three-sphere model inspired by Sauvé and anchored in GreenComp: explicit, related, and fundamental. Findings show a clear pattern: literal references to climate change are rare, whereas dimensions linked to nature, systems thinking, democratic citizenship, justice, and sustainability show medium or high presence, especially in Biology-Geology. UB concentrates the few explicit climate mentions, while UdG stands out for sustainability-oriented and action-based proposals without direct climate wording. The main challenge, therefore, is not to start from scratch but to transform a dispersed ecosocial basis into a visible, assessable and specifically climate-oriented curricular architecture.

KEYWORDS: climate change education; GreenComp; initial teacher education; sustainability education; science education

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La educación para el cambio climático se ha convertido en una cuestión central para la didáctica de las ciencias pero su incorporación en el currículum sigue siendo una cuestión lenta y poco arraigada. Stevenson et al. (2017) apuntan que trabajar la educación para el cambio climático (EdCC) implica abordar no solo qué se enseña sobre el cambio climático, sino también cómo se forma al alumnado para comprender futuros inciertos y responder a ellos desde un enfoque multidimensional, escalar y complejo (Guimerà-Ballesta, et al., 2026). Desde esta perspectiva, la EdCC no puede reducirse a una

suma de contenidos sobre el sistema atmosférico o el efecto invernadero sino que también debe incluir dimensiones éticas, políticas, participativas y de acción pública.

Mochizuki y Bryan (2015) sitúan esta cuestión en el marco de la educación para el desarrollo sostenible y subrayan que una EdCC consistente debe articular conocimiento científico, mitigación, adaptación, justicia, participación y transformación social. En esta línea, Monroe et al. (2019) exponen que las estrategias educativas más adecuadas son aquellas que conectan el problema con contextos cercanos, promueven la indagación y la discusión, hacen visible la controversia sociocientífica y refuerzan la percepción y la posibilidad de actuar.

Las universidades españolas están llamadas a cumplir dos marcos normativos: el Real Decreto 822/2021 y la Ley Orgánica 2/2023 (LOSU). Ambas normativas subrayan la importancia de integrar la participación de la comunidad universitaria en proyectos relacionados con la democracia, la igualdad, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la sostenibilidad climática de los campus universitarios. A este marco se suma el reto específico de las facultades de Educación, ya que la LOMLOE (2020) impulsa la incorporación de la educación para la transición ecológica en todos los niveles educativos. En este contexto, es imprescindible integrar las cuestiones de emergencia climática y la EdCC en la formación inicial de los docentes, sea en el Grado de Maestro en Educación Infantil o Primaria o en Máster en Formación del Profesorado de Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas (MFPS), lo que requiere una revisión exhaustiva de programas, metodologías, evaluaciones y recursos didácticos. En este contexto, las GreenComp (Bianchi et al., 2022) se convierten en un marco de referencia para fomentar desde la educación la capacitación de agentes educativos con un pensamiento sistémico y crítico que permita dar respuesta al futuro del planeta, en el que la emergencia climática se convierte en una de las cuestiones esenciales. Sin embargo, la tipología de estas competencias se integra de forma irregular en los planes de estudio, a menudo dependiendo de asignaturas concretas o de la iniciativa de algunos equipos docentes (Fischer et al., 2022)En cuanto a las competencias, aunque las universidades españolas contemplen la competencia en sostenibilidad como transversales, pocas veces están reconocidas en los programas formativos (Calero et al., 2025) o carecen de una vía clara y sistematizada para su inclusión efectiva y coherente (Saiz-Linares et al., 2025). En cuanto a los contenidos sobre problemáticas como el cambio climático, aunque presentes en algunos currículos a través de la educación para la sostenibilidad, suelen ser optativos o superficiales y dependen a menudo de la voluntad del profesorado (Mulvik et al., 2021), sin estar incorporados como parte integral de la formación.

En el ámbito específico de la didáctica de las ciencias, Sauvé (2010) propone la idoneidad de trabajar los problemas planetarios como cuestiones simultáneamente cognitivas, éticas y políticas; así como desde el enfoque de las tres esferas (la esfera de la identidad, la alteridad y la relación con el Oikos). Este enfoque parece útil para el análisis de los programas educativos desde la EdCC, pues una asignatura puede no nombrar el cambio climático y, aun así, activar dimensiones que preparan para abordarlo. De hecho, las competencias de sostenibilidad no suelen presentarse en el currículum con una sola etiqueta estable, sino que aparecen repartidas entre competencias, contenidos, metodologías, evaluación o bibliografía, y, por lo tanto requieren una lectura más fina que la simple búsqueda de palabras clave.

La presente comunicación se enmarca en el proyecto *La educación para el cambio climático en la formación inicial del profesorado de secundaria: una contribución a la ciudadanía democrática y conciencia global* (2024 ARMIF 00003), centrándose en el análisis de la EdCC en las guías docentes de las especialidades de Biología y Geología (BG) y Física y Química (FQ) del MFPS de la Universitat de Barcelona (UB) y la Universitat de Girona (UdG). El estudio aborda tres preguntas: (1) ¿con qué grado de explicitud aparece el cambio climático?; (2) ¿qué dimensiones relacionales y fundamentales del marco GreenComp sostienen esa presencia?; y (3) ¿qué diferencias iniciales emergen entre universidades y especialidades? Estos interrogantes, más allá de dictaminar la presencia del cambio climático, persiguen conocer la arquitectura curricular a partir de la adaptación de las tres esferas de Sauvé a la EdCC: la presencia explícita, las dimensiones relacionales vinculadas a GreenComp y las bases fundamentales que sostienen una posible EdCC.

METODOLOGÍA

Se ha seguido un diseño cualitativo, comparativo y de estudio de caso múltiple para examinar el currículo oficial de las dos universidades, con una trayectoria consolidada y de referencia en el ámbito de la educación para la sostenibilidad. La muestra está formada por 25 guías docentes del MFPS correspondientes al curso 2025-26. Los criterios de selección de la muestra fueron de carácter intencional, incluyendo aquellas asignaturas obligatorias y optativas específicas vinculadas a la didáctica, la innovación y la investigación educativa de cada especialidad, y excluyendo otras materias de carácter genérico o sin contenido disciplinar o didáctico específico. En total, se incluyeron 5 de BG y 6 de FQ de la UB, y 8 de BG y 6 de FQ de la UdG.

El análisis ha combinado dos procedimientos complementarios, por un lado, el análisis documental, entendido como un examen sistemático de documentos institucionales producidos para fines distintos de la investigación (Bowen, 2009), y, por otro, el análisis cualitativo de contenido dirigido, orientado por un marco deductivo previo pero abierto a reajustes de interpretación durante la lectura. En cada guía se revisaron seis secciones: competencias o resultados de aprendizaje, objetivos, bloques temáticos, metodología y actividades formativas, evaluación y bibliografía. El sistema de codificación para el análisis se construyó a partir de la propuesta de Sauvé de las tres esferas y el marco de las GreenComp (Figura 1).

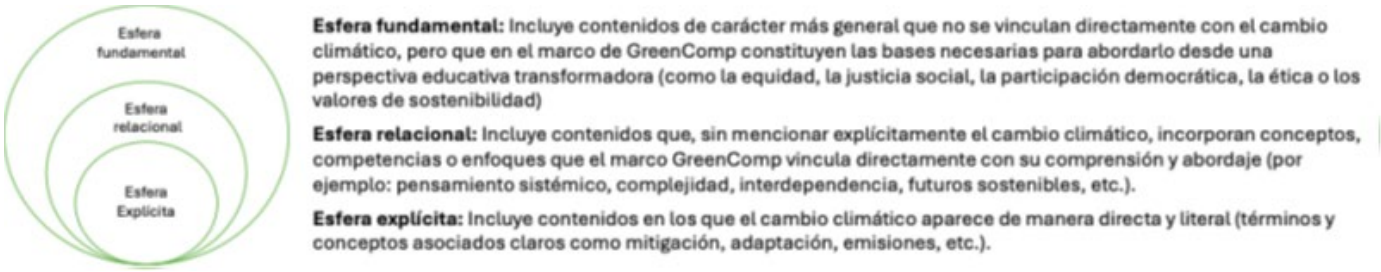


Figura 1. Esferas propuestas para la EdCC. Elaboración propia

Para cada esfera se definieron las dimensiones operativas ancladas en la entrada literal de cambio climático o en las 12 competencias de la GreenComp tal y como muestra la tabla 1.

Tabla 1. Sistema analítico empleado en la codificación (elaboración propia)

ESFERA		DIMENSIONES OPERATIVAS	ANCLAJE PRINCIPAL
Explícita	I.	Referencia directa al cambio climático y a la crisis ecosocial	Entrada literal
Relacional	II	Naturaleza y sostenibilidad	GreenComp 1.3
	III	Pensamiento sistémico y contextualización glocal	GreenComp 2.1, 2.2, 2.3
	IV	Pensamiento exploratorio y lectura prospectiva	GreenComp 3.3
	V	Agencia y acción transformadora	GreenComp 4.1, 4.2, 4.3
Fundamental	VI	Valores, equidad, ciudadanía democrática y justicia	GreenComp 1.1, 1.2;
	VII	Futuros sostenibles, adaptabilidad y resiliencia	GreenComp 3.1, 3.2

El análisis se realizó en dos pasos. Primero se efectuó una búsqueda por palabras clave -cambio climático, clima y derivados, ODS 13 y términos afines (ej. emergencia climática), seleccionadas y

definidas a partir de la literatura del marco teórico y de una exploración preliminar de las propias guías, con el objetivo de identificar evidencias. En un segundo momento se aplicó una lectura interpretativa de toda la guía y finalmente se valoró con una escala de codificación: 0 (ausente), 1 (tangencial), 2 (explícito parcial), 3 (explícito), representando el grado de centralidad, integración y evaluación de la dimensión en la asignatura.

La presencia de una palabra no activaba por sí sola una dimensión sino que,para asignar puntuación era necesario que la palabra tuviera sentido en su contexto, es decir, en el currículum de la asignatura. Este criterio permitió evitar falsos positivos y, al mismo tiempo, reducir los falsos negativos propios de las búsquedas estrictamente terminológicas. Para asegurar el rigor del análisis y garantizar la consistencia de la codificación, el procedimiento de análisis fue llevado a cabo de forma independiente por dos investigadores. Como validación interna, se realizó una doble codificación ciega inicial de una submuestra de guías, discutiendo y resolviendo las discrepancias por consenso hasta alcanzar un acuerdo. Tras ello, se utilizó una misma matriz de codificación para todo el conjunto de documentos y cada puntuación se verificó en el apartado concreto donde aparecía la evidencia (competencias, contenidos, metodología, evaluación o bibliografía). Finalmente, se compararon los resultados previos por universidad y especialidad.

RESULTADOS

Si bien los resultados son amplios, pues se ha obtenido un resultado para cada una de las 25 guías docentes, en esta comunicación se presentan únicamente los resultados globales (Tabla 2).

Tabla 2. Presencia media por esferas según universidad y especialidad (0-3)

UNIVERSIDAD	ESPECIALIDAD	N	ESFERA EXPLÍCITA	ESFERA RELACIONAL	ESFERA FUNDAMENTAL
UB	BG	5	0,40	2,05	2,10
UB	FQ	6	0,67	1,00	1,00
UdG	BG	8	0,00	1,34	1,31
UdG	FQ	6	0,00	0,71	0,83

Los resultados muestran dos tendencias relevantes. Por un lado, BG presenta el perfil más sólido en ambas universidades. En concreto, en la UB combina la media más alta en esfera relacional (2,05) y fundamental (2,10), gracias a una didáctica específica que incluye un bloque de educación para la sostenibilidad y problemáticas ecosociales, y a varias guías de base ecológica, geológica o de trabajo de campo. En la UdG, aunque no exista la esfera explícita, BG mantiene un perfil consistente (1,34 y 1,31), en el cual se destaca un módulo de trabajo de campo y sostenibilidad que articula educación ambiental, ciencia ciudadana, aprendizaje-servicio ambiental y tareas evaluables orientadas a la acción desde problemas del entorno. Por otro lado , está FQ, que presenta un comportamiento más desigual. En la UB el itinerario depende en gran medida de una asignatura fuertemente contextualizada que hace visible aspectos de cambio climático, mientras que el resto de guías —especialmente ampliaciones e innovación-investigación— se mantienen en niveles bajos o tangenciales. En la UdG el patrón es todavía más débil ya que esfera relacional y fundamental aparece sobre todo en la formulación competencial de algunas guías, pero no alcanzan un desarrollo equivalente en los bloques temáticos ni en la evaluación.

Cuando se indaga más en los resultados de la Tabla 1, se identifica una debilidad de la presencia de las esferas en la sección de evaluación de la guía. En muchas guías la sostenibilidad se formula en competencias o contenidos, pero no se traduce en evidencias específicas de aprendizaje. La excepción más clara vuelve a situarse en la especialidad de BG de la UdG, donde una guía evalúa explícitamente la elaboración de propuestas de aprendizaje orientadas a la acción a partir de problemáticas ambientales del entorno. Esa diferencia cualitativa no es menor, ya que indica un paso desde la sensibilización general hacia la operacionalización didáctica de la agencia.

En un análisis más profundo de los resultados y que se muestra en la Tabla 2, se identifica que la esfera explícita es la más débil ya que la presencia de la dimensión I en las 25 guías solo alcanza una media de 0,24 en una de FQ y solo cuatro guías muestran algún grado de explicitud (de FQ o BG) y todas pertenecen a UB. En la UdG no se registra ninguna guía con la esfera explícita. Esto indica que el cambio climático apenas se formaliza como objeto curricular visible.

Tabla 3. Presencia media por esferas y dimensiones (0-3)

ESFERA		DIMENSIONES OPERATIVAS	PRESENCIA
Explícita	I.	I. Referencia directa al cambio climático y a la crisis ecosocial	0,24
Relacional	II	II. Naturaleza y sostenibilidad;	1,48
	III	Pensamiento sistémico y contextualización glocal	1,76
	IV	Pensamiento exploratorio y lectura prospectiva	0,68
	V	Agencia y acción transformadora	1,08
Fundamental	VI	Valores, equidad, ciudadanía democrática y justicia	1,80
	VII	Futuros sostenibles, adaptabilidad y resiliencia	0,76

Finalmente, los resultados muestran que la tendencia cambia de forma notable al observar las dimensiones de las esferas relacional y fundamental. Tal y como muestra la Tabla 3, las dimensiones VI y III tienen una buena presencia en las guías y, la dimensión V sería la menos representada. Estos resultados sugieren que las guías incorporan con más facilidad aspectos relacionados con valores, complejidad y relación naturaleza-sociedad que el trabajo explícito sobre futuros, resiliencia o acción climática sostenida. En relación a las dos dimensiones más significativas, cabe reconocer que el enfoque no está plenamente desarrollado, ya que se sitúan en formulaciones generales de competencias. Se puede afirmar a partir de los resultados que los itinerarios de enseñanza de las ciencias en el MFPS sí disponen de un eje curricular más ecosocial de lo que revelaría una lectura apoyada solo en el término "cambio climático".

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Desde la didáctica de las ciencias, el contraste entre BG y FQ resulta especialmente relevante, pues, BG dispone de anclajes y una tradición más directa con la sostenibilidad y el cambio climático; no obstante, eso no garantiza por sí solo una EdCC explícita. A la inversa, los ejemplos más potentes de FQ muestran que cuando la asignatura se diseña desde problemas contextualizados puede generar una puerta de entrada muy adecuada para la EdCC. Lo que parece marcar la diferencia, por tanto, no es la disciplina en abstracto, sino el grado de contextualización en cuestiones de emergencia climática o sostenibilidad y la conexión entre contenidos, metodología y evaluación, tal como ya sugería Sauvé (2010) al pensar el cruce entre educación científica y educación ambiental. En esta línea, Monroe et al. (2019) señalan que las estrategias educativas más eficaces son las que hacen el problema inteligible, relevante y actuable. Si las guías contienen aspectos de sostenibilidad o complejidad, pero no llegan a nombrar el cambio climático ni a convertirlo en objeto evaluable, la traducción efectiva hacia una EdCC sólida queda en exceso a merced de la interpretación del profesorado. En ese sentido, la debilidad de la esfera explícita sigue siendo un problema curricular real y no un simple detalle terminológico.

En referencia a la presencia desigual de las dimensiones de la esfera relacional y fundamental, los resultados indican que están más presentes cuestiones relacionadas con los valores y el pensamiento sistémico que competencias anticipatorias, estratégicas y de acción. Esta asimetría coincide, según Fischer et al. (2022), con el hecho de que la integración de cuestiones de sostenibilidad en la formación docente avanza, pero lo hace de manera desigual y con dificultades para pasar de los principios generales a las estructuras curriculares completas. Por otro lado, a nivel metodológico se refuerza que la EdCC no puede identificarse solo a partir de referencias literales. Stevenson et al. (2017) y

Guimerà-Ballesta, et al. (2025) insisten en que la EdCC rebasa la transmisión de hechos científicos y compromete las dimensiones de ciudadanía, ética, participación y acción. Desde ese punto de vista, el modelo de tres esferas evita una lectura empobrecida del currículo y permite reconocer condiciones de posibilidad allí donde la nomenclatura climática es escasa. A modo de conclusión, la investigación invita a no solo incorporar el cambio climático, sino a reorganizar el currículo para darle coherencia en objetivos, contenidos, metodologías y evaluación. Esto implica definir aprendizajes explícitos de EdCC y potenciar la formación del profesorado ante la crisis climática. Como limitaciones y prospectiva de futuro, es relevante mencionar que la investigación se centra en el currículo declarado y no en su aplicación real en el aula, y ofrece resultados preliminares de solo dos especialidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bianchi, G., Pisiotis, U., y Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp: el marco europeo de competencias sobre sostenibilidad*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/094757

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Calero M, Pina T, Mayoral O, Cantó J, Ull MÁ. y Vilches A (2025). A study about pre-service teachers' knowledge of the Sustainable Development Goals. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 26 No. 2 pp. 352–371, doi: https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2023-0284

Fischer, D., King, J., Rieckmann, M., Barth, M., Büssing, A., Hemmer, I., y Lindau-Bank, D. (2022). Teacher education for sustainable development: A review of an emerging research field. *Journal of Teacher Education*, 73(5), 509-524. https://doi.org/10.1177/00224871221105784

Guimerà-Ballesta, G.; Calafell-Subirà, G.; Jiménez-Valverde, G.y Esparza-Pagès, M (2026). Climate Change Education in Secondary Schools: Gaps, Challenges and Transformative. *Encyclopedia Journal*.

Mochizuki, Y., Bryan, A. (2015). Climate change education in the context of education for sustainable development: Rationale and principles. *Journal of Education for Sustainable Development*, 9(1), 4-26. https://doi.org/10.1177/0973408215569109

Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A. W., y Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791-812. https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842

Mulvik, I., Pribuišis, K., Siarova, H., Vežikauskaitė, J., Sabaliauskas, E., Tasiopoulou, E., Gras-Velazquez, A., Bajorinaitė, M., Billon, N., Fronza, V., Disterheft, A., y Finlayson, A. (2021). *Education for Environmental Sustainability: Policies and Approaches in EU Member States*. European Commission. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2766/391

Saiz-Linares, Á., Ceballos López, N., y Susinos Rada, T. (2025). Rethinking teacher training in Cantabria (Spain): Towards an ecosocial and sustainable education in response to ecosocial challenges. *Sustainable Development*, 33(6), 9028-9041.

Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 5-18. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3617

Stevenson, R. B., Nicholls, J., y Whitehouse, H. (2017). What is climate change education? *Curriculum Perspectives*, 37(1), 67-71. https://doi.org/10.1007/s41297-017-0015-9

Educación para la Sostenibilidad en la formación inicial docente: Análisis de la percepción del alumnado del Grado en Maestro/a en Educación Primaria

María Calero[1], José Cantó[1], Raquel De Rivas [1,2], Olga Mayoral [1,2],Tatiana Pina[1], Amparo Vilches[1]

[1] Grupo Didacies. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València, España. [2] Jardí Botànic de la Universitat de València, España.

*Correspondencia: maria.calero@uv.es

RESUMEN: La emergencia climática y la sostenibilidad constituyen retos prioritarios para la educación científica del siglo XXI. En este marco, durante los cursos 2024-25 y 2025-26 se lleva a cabo un estudio con el objetivo de analizar las percepciones del alumnado del Grado en Maestro/a en Educación Primaria sobre la presencia de la sostenibilidad y los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en el currículo de Educación Primaria, en su formación inicial y en las prácticas escolares. Se utilizan dos cuestionarios con una metodología descriptiva con análisis cuantitativo y cualitativo de contenido. Los resultados preliminares muestran que el alumnado percibe una presencia moderada de la sostenibilidad en el mencionado currículo, una atención desigual de los ODS en las materias del Grado y una alta demanda de formación específica para afrontar los retos socioambientales. En las prácticas escolares, se señalan iniciativas vinculadas a temas de sostenibilidad, aunque mayoritariamente puntuales. Se concluye que la formación inicial requiere una integración más sistemática de la sostenibilidad y los ODS, así como propuestas didácticas contextualizadas. Estos resultados orientan las futuras acciones del proyecto hacia el diseño de materiales formativos y la colaboración con centros educativos.

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad; formación inicial del profesorado; ODS; educación científica; emergencia climática

ABSTRACT: Climate emergency and sustainability are key challenges for science education in the 21st century. Within this framework, during the 2024–25 and 2025–26 academic years, a study is being conducted with the aim of analyzing Primary Education teacher education students' perceptions of the presence of sustainability and the Sustainable development goals (SDGs) in the Primary Education curriculum, in their initial teacher training, and in teaching practicum. Two questionnaires are used within a descriptive methodology combining quantitative and qualitative content analysis. Preliminary results show that students perceive a moderate presence of sustainability in the aforementioned curriculum, uneven attention to the SDGs across the courses of the degree program, and a strong demand for specific training to address socio-environmental challenges. In teaching practicum, initiatives related to sustainability issues are identified, although they are mostly isolated and occasional. It is concluded that initial training requires a more systematic integration of sustainability and the SDGs, as well as contextualised teaching proposals. These results guide future project actions towards the design of training materials and collaboration with educational centres.

KEYWORDS: sustainability; pre-service teacher education; SDGs; science education; climate emergency

INTRODUCCIÓN

La emergencia climática constituye uno de los mayores desafíos contemporáneos y exige respuestas urgentes desde todos los niveles del sistema educativo (De Rivas et al., 2025; European Commission/ EACEA/Eurydice, 2024; Tilbury et al., 2024). La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) subraya que la educación debe desempeñar un papel

transformador para afrontar los retos socioambientales, promoviendo no solo la adquisición de conocimientos científicos, sino también el desarrollo de valores, actitudes y competencias que permitan actuar de manera crítica y responsable. En su informe *Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación*, la organización plantea la necesidad de un nuevo contrato social para la educación, en el que la sostenibilidad se convierta en un eje vertebrador de los procesos de enseñanza y aprendizaje (UNESCO, 2021).

En este contexto, la Educación para la sostenibilidad (ES) ha adquirido una relevancia creciente a nivel internacional. La Agenda 2030 y los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) sitúan la educación como un elemento clave para avanzar hacia sociedades más justas, equitativas y sostenibles (Naciones Unidas, 2015). En particular, el ODS 4.7 insta a los sistemas educativos a garantizar que todo el alumnado adquiera los conocimientos y competencias necesarios para promover el desarrollo sostenible, incluyendo la educación ambiental, la ciudadanía global y la comprensión de la diversidad cultural.

La literatura científica coincide en que la formación inicial del profesorado es un elemento crucial para garantizar la incorporación efectiva de la ES en las aulas (Alcántara-Rubio et al., 2022; Calero et al., 2025; García-González et al., 2020; Rodríguez Marín et al., 2020). Numerosos estudios han evidenciado que el futuro profesorado reconoce la importancia de abordar los ODS y, en particular, la emergencia climática, pero no siempre se siente preparado para integrarlos en su práctica docente (Bascopé et al., 2019; Boeve-de Pauw et al., 2015; UNESCO, 2022, 2023). Esta falta de preparación se relaciona tanto con carencias en su formación científica como con la ausencia de experiencias formativas que le permitan trabajar con metodologías activas y contextualizadas.

En el ámbito de la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE), diversas investigaciones destacan la necesidad de promover metodologías basadas en las prácticas científicas (indagación, modelización y argumentación) y el trabajo práctico mediante problemas sociocientíficos reales (Aragón Núñez et al., 2018; Viehmann et al., 2024). Estas orientaciones metodológicas permiten al alumnado comprender la complejidad de los problemas sociales y ambientales, analizar información científica de manera crítica y desarrollar competencias para la toma de decisiones fundamentadas. Sin embargo, la investigación en DCE muestra que su presencia en la formación inicial docente sigue siendo desigual y, en muchos casos, insuficiente (Calero et al., 2023).

En España, la LOMLOE incorpora referencias explícitas a la sostenibilidad, la ciudadanía global y los ODS en los currículos de Educación Infantil, Primaria y Secundaria (Ley Orgánica 3/2020). No obstante, diversos análisis curriculares señalan que, aunque la sostenibilidad aparece recogida de manera transversal, su concreción en saberes básicos, criterios de evaluación y orientaciones metodológicas es limitada (Calero et al., 2023; Del Río-Rodríguez y Calero, 2025). Esto genera una brecha entre las intenciones del marco normativo y la práctica educativa real, que depende en gran medida de la formación y la sensibilidad del profesorado.

El proyecto *Propuestas de mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en Educación Infantil y Primaria basadas en la indagación y la modelización contextualizadas* (PID2022-142019OB-100), del que forma parte la investigación que se presenta, se enmarca en este contexto y plantea la necesidad de mejorar la formación científica del profesorado mediante propuestas didácticas basadas en la indagación y la modelización contextualizadas en problemas socioambientales. Desde esta perspectiva, resulta fundamental conocer cómo percibe el alumnado del Grado en Maestro/a en Educación Primaria la presencia de la sostenibilidad, la emergencia climática y en general los ODS en su formación inicial, así como en el currículo escolar y en las prácticas educativas que observan en los centros de Educación Primaria.

El objetivo de este estudio es precisamente analizar las percepciones del alumnado del Grado en Maestro/a en Educación Primaria sobre sostenibilidad, emergencia climática y ODS. La investigación pretende dar respuesta a la siguiente cuestión general: ¿en qué medida el alumnado del Grado en Maestro/a en Educación Primaria percibe que su formación inicial integra adecuadamente la sostenibilidad, la emergencia climática y los ODS? Teniendo en cuenta investigaciones precedentes,

la hipótesis fundamental que orienta la investigación es que: "*El alumnado reconoce la importancia de estos temas, pero percibe una integración insuficiente tanto en su formación inicial como en el currículo escolar*".

METODOLOGÍA

La investigación, que forma parte de un proyecto más amplio, se desarrolla con una muestra de 165 estudiantes de segundo y tercer curso del Grado en Maestro/a en Educación Primaria de una universidad pública española. Todos/as han realizado ya algún período de Prácticas Escolares. La edad media de las personas participantes es de 19,5 años. En relación con el género, la distribución es mayoritariamente femenina: un 81,2% se identifica como mujer, un 18,2% como hombre y un 0,6% prefiere no especificarlo. Respecto a la modalidad de acceso al Grado, la vía predominante es el Bachillerato de Ciencias Sociales, que representa el 59,4% de la muestra. El resto de las modalidades se distribuye del siguiente modo: Bachillerato de Ciencias de la Salud (9,1%), Bachillerato Tecnológico (2,4%), Bachillerato de Artes (2,4%), Ciclo Formativo de Grado Superior (9,7%) y otros itinerarios (15,8%).

Para la recogida de datos se emplean dos cuestionarios diseñados en el marco del proyecto anteriormente mencionado que fueron validados por personas expertas en el ámbito de la educación para la sostenibilidad y la educación cienctífica. El primero incluye preguntas sobre la percepción de la presencia de la sostenibilidad y la emergencia climática en el currículo, una valoración cuantitativa mediante escala Likert (1-5) y cuestiones sobre el trabajo previo relacionado con los ODS en las asignaturas del Grado. El segundo cuestionario recoge información sobre los requisitos formativos que el alumnado considera necesarios para afrontar los retos socioambientales, así como sobre la observación de prácticas escolares vinculadas a la sostenibilidad y las expectativas sobre su presencia en los centros educativos. La Figura 1 muestra los aspectos abordados en ambos cuestionarios.

Cuestionario 1

- Como sabes, la ley educativa vigente (LOMLOE) ha supuesto un cambio de paradigma que se ve reflejado en el currículum de Educación Infantil (EI) y Educación Primaria (EP).
- ¿Consideras que la emergencia climática y la sostenibilidad están contempladas en el nuevo currículo en relación con las ciencias? ¿De qué manera?
- Valora cómo están contemplados estos temas del 1 al 5 (1-No están contemplados; 5-Están completamente contemplados)
- Los 17 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) son medidas para contribuir a proteger el planeta, luchar contra la pobreza y tratar de erradicarla con el objetivo de construir un mundo más próspero, justo y sostenible para las generaciones futuras. ¿Los has trabajado en alguna de las materias de grado que has cursado?
  - Si es que SÍ, indica en qué asignatura y qué aspecto has trabajado.
  - Si es que NO, indica si esperas que se trabajarán en las materias que te faltan cursar y por qué.

Cuestionario 2

- ¿Qué requisitos mínimos consideras que debería tener la formación de un futuro maestro/a para afrontar los retos educativos en relación con la emergencia climática y la sostenibilidad? ¿Qué importancia das a estos aspectos en tu formación como futuro maestro/a?
- Si has tenido ya contacto con las escuelas en algún período de Prácticas Escolares, ¿has podido observar si se trabajaba la sostenibilidad? ¿De qué manera?
- Si aún no has tenido contacto con las escuelas en algún período de Prácticas Escolares, ¿esperas que será una temática que estará presente en la escuela? ¿De qué manera lo imaginas?

Figura 1. Aspectos abordados en los cuestionarios dirigidos al alumnado del Grado en Maestro/a en Educación Primaria

Los cuestionarios se administran de forma presencial en el contexto de las asignaturas de Ciencias Naturales para Maestros/as y Didáctica de las Ciencias. La participación del alumnado es voluntaria y anónima y se les informa previamente sobre los objetivos del estudio y sobre el uso exclusivamente docente e investigador de los datos recopilados.

El análisis de datos combina técnicas cuantitativas y cualitativas. Las respuestas cerradas se examinan mediante estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes y medias). Con las respuestas abiertas se realiza un análisis de contenido inductivo, identificando categorías emergentes relacionadas con percepciones, experiencias y expectativas. Para garantizar la fiabilidad del proceso se lleva a cabo la triangulación entre varias investigadoras del equipo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por lo que se refiere al Cuestionario 1, los resultados preliminares muestran que la percepción del alumnado sobre la presencia de la sostenibilidad en el currículo de Educación Primaria es moderada. La valoración media obtenida es de 2 sobre 5, lo que indica que el alumnado reconoce referencias explícitas a la sostenibilidad y la emergencia climática, pero considera que su desarrollo es insuficiente. Entre los aspectos positivos destacan la transversalidad del enfoque y su vinculación con competencias clave. Sin embargo, señalan falta de concreción en los criterios de evaluación, escasa orientación metodológica y una dependencia excesiva de la interpretación docente. Estas percepciones coinciden con estudios previos que apuntan a la necesidad de fortalecer la concreción curricular en sostenibilidad (Calero et al., 2023).

En relación con el trabajo de los ODS en el Grado, el 72,1% del alumnado afirma haberlos abordado en alguna asignatura, principalmente en las de primero, Didáctica General (29,1%), Lengua Extranjera para Maestros/as (Inglés) (24,2%), Didáctica de la Música (17,0%), Organización y Dirección de Centros (9,7%), Estructura Social y Educación (9,1%), Sociología de la Educación (3,6%), Lengua Española para Maestros/as (1,8%) e Innovación Educativa (0,6%), y en las de segundo, Ciencias Naturales para Maestros/as (16,4%), Didáctica de la Educación Física (6,7%), Didáctica de la Educación Plástica y Visual (2,4%) y Formación Literaria para Maestros/as (1,2%). Las actividades realizadas son mayoritariamente puntuales, centradas en análisis teóricos o proyectos aislados. El 27,9% restante no los ha trabajado o no contesta, aunque la mayoría considera probable que aparezcan en asignaturas futuras. Este patrón de presencia desigual coincide con lo señalado por Bascopé et al. (2019) en estudios sobre formación inicial docente y sostenibilidad.

Respecto al Cuestionario 2 y los requisitos formativos necesarios para afrontar los retos socioambientales, el alumnado identifica la necesidad de adquirir conocimientos científicos sólidos sobre cambio climático, energía y sostenibilidad, así como de formarse en metodologías como la indagación, la modelización y el aprendizaje basado en proyectos. También destacan la importancia de integrar los ODS en propuestas didácticas contextualizadas y de desarrollar competencias éticas y socioemocionales que permitan promover actitudes responsables y pensamiento crítico en el alumnado. Casi el 100% del alumnado considera importante o muy importante esta formación, lo que evidencia una fuerte demanda de preparación específica.

En cuanto a las Prácticas Escolares, el 85,8% observa iniciativas relacionadas con sostenibilidad. Las más frecuentes son programas de reciclaje, huertos escolares, actividades puntuales vinculadas a efemérides ambientales y proyectos de aprendizaje-servicio. No obstante, el alumnado señala que estas iniciativas suelen depender de la motivación del profesorado y no siempre están integradas curricularmente, lo que coincide con los hallazgos de Boeve-de Pauw et al. (2015) sobre la variabilidad en la implementación de la educación para la sostenibilidad en centros escolares.

Aunque todo el alumnado ha realizado Prácticas Escolares, su corta duración durante el primer año -solo dos semanas- limita su visión. Por eso, muchos estudiantes imaginan que la sostenibilidad estará presente en las escuelas, pero sobre todo en forma de rutinas ecológicas, actividades de sensibilización y proyectos puntuales. Aun así, expresan dudas sobre la profundidad y continuidad de este trabajo,

lo que sugiere que perciben la sostenibilidad como algo presente, pero no plenamente integrado en la estructura escolar.

En conjunto, los resultados muestran una formación inicial que reconoce la importancia de la sostenibilidad, pero que aún presenta carencias en su integración curricular y metodológica. Esta tendencia es convergente con la hipótesis inicial del estudio: el alumnado percibe la sostenibilidad y los ODS como elementos relevantes, pero insuficientemente integrados en su formación y en el currículo escolar de Educación Primaria.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los resultados obtenidos señalan que, aunque el alumnado reconoce la importancia de la sostenibilidad, la emergencia climática y los ODS, percibe que su integración en la formación inicial y en el currículo escolar es insuficiente. La presencia moderada en el currículo, el trabajo desigual de los ODS en las asignaturas del Grado y la variabilidad observada en las prácticas escolares evidencian la necesidad de fortalecer la ES en la formación docente.

En el marco de este proyecto de investigación, los resultados preliminares, que se tiene previsto completar en los 32 Encuentros DCE, contribuyen a orientar futuras acciones hacia el diseño de secuencias didácticas basadas en indagación y modelización contextualizadas, la elaboración de materiales formativos en DCE para el Grado y el fortalecimiento de la colaboración con centros educativos para promover proyectos en la perspectiva de la sostenibilidad. Asimismo, se plantea la necesidad de integrar la ES de manera transversal y estructural en la formación inicial del profesorado, en consonancia con las recomendaciones internacionales y con los retos educativos del siglo XXI.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto PID2022-142019OB-100, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara-Rubio, L., Valderrama-Hernández, R., Solís-Espallargas, C. y Ruiz-Morales, J. (2022). The implementation of the SDGs in universities: a systematic review. *Environmental Education Research, 28*(11), 1585-1615. https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2 063798

Aragón-Núñez, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M. y Aragón-Méndez, M. del M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista Científica*, *32*(2), 193–206. https://doi.org/10.14483/23448350.12972

Bascopé, M., Perasso, P. y Reiss, K. (2019). Systematic Review of Education for Sustainable Development at an Early Stage: Cornerstones and Pedagogical Approaches for Teacher Professional Development. *Sustainability*, *11*(3), 719. https://doi.org/10.3390/su11030719

Boeve-de Pauw, J., Gericke, N., Olsson, D. y Berglund, T. (2015). The Effectiveness of Education for Sustainable Development. *Sustainability*, *7*(11), 15693-15717. https://doi.org/10.3390/su71115693

Calero, M., Cantó, J., Pina, T., Mayoral, O. y Vilches, A. (2023). La Educación para la Sostenibilidad en la formación inicial de maestras y maestros de Educación Primaria: propuestas didácticas en el marco de los ODS. En Solbes, J. y Cantó, J. (Eds.). *La enseñanza de las ciencias en la educación primaria: Análisis de la situación, de la formación y propuestas de mejora*, pp. 159-182. Tirant Humanidades.

Calero, M., Pina, T., Mayoral, O., Cantó, J., Ull, M. À. y Vilches, A. (2025). A study about pre-service teachers' knowledge of the Sustainable Development Goals. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *26*(2), 352-371. https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2023-0284

De Rivas, R., Vilches, A. y Mayoral, O. (2025). Bridging the Gap: How Researcher–Teacher Collaboration Is Transforming Climate Change Education in Secondary Schools. *Sustainability*, *17*(3), 908. https://doi.org/10.3390/su17030908

Del Río-Rodríguez, J. L. y Calero Llinares, M. (2025). Embedding Sustainability in STEM Disciplines:

Perspectives and Possibilities From an Approach to the Spanish Curriculum. *European Journal of Education Research, Development and Policy*. https://doi.org/10.1111/ejed.70318

European Commission/EACEA/Eurydice (2024). *Learning for Sustainability in Europe: Building Competences and Supporting Teachers and Schools. Eurydice Report*. Publications Office of the European Union.

García-González, E., Jiménez-Fontana, R. y Azcárate, P. (2020). Education for Sustainability and the Sustainable Development Goals: Pre-Service Teachers' Perceptions and Knowledge. *Sustainability*, *12*(18), 7741. https://doi.org/10.3390/su12187741

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020. https://www.boe.es/buscar/pdf/2020/BOE-A-2020-17264-consolidado.pdf

Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.* A/70/L.1 https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf

Rodríguez Marín, F., Puig Gutiérrez, M., López Lozano, L. y Guerrero Fernández, A. (2020). Early Childhood Preservice Teachers' View of Socio-Environmental Problems and Its Relationship to the Sustainable Development Goals. *Sustainability. 12*(17), 1-14. https://doi.org/10.3390/su12177163

Tilbury, D., Auzinger, M. y Zarka, Z. (2024). *Study on Learning for Sustainability and Digital Education in Primary and Secondary Schools: Synergies, Challenges, Opportunities. Final report.* Publications Office of the European Union.

UNESCO (2021). *Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación. Informe de la comisión internacional sobre los futuros de la educación*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379381_spa/PDF/379381spa.pdf.multi

UNESCO (2022). *El profesorado opina: Motivación, habilidades y oportunidades para enseñar la Educación para el Desarrollo Sostenible y la ciudadanía mundial*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381225

UNESCO (2023). *La situación actual de la Educación para el Desarrollo Sostenible y la Educación para la ciudadanía mundial*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381362_spa/PDF/381362spa.pdf.multi

Viehmann, C., Fernández Cárdenas, J. M. y Reynaga Peña, C. G. (2024). The Use of Socioscientific Issues in Science Lessons: A Scoping Review. *Sustainability*, *16*(14), 5827. https://doi.org/10.3390/su16145827

Ciencia y sostenibilidad en la formación inicial de maestras y maestros: un estudio descriptivo de creencias y actitudes

Nuria Castiñeira-Rodríguez[1], Cristina Cambeses-Franco[1], Candela Rodríguez-Conde[1], Uxío Pérez-Rodríguez[1]

[1]Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidade de Vigo, España

* Correspondencia: nuria.castineira@uvigo.gal

RESUMEN: La actual situación de emergencia socioambiental evidencia la necesidad de fortalecer la educación científica para la sostenibilidad en la formación inicial del profesorado. Este estudio pretende analizar las creencias y actitudes hacia la educación científica y la sostenibilidad en estudiantes de los grados de Educación Infantil y Educación Primaria, así como explorar diferencias en función de variables personales. A tal fin, se realizó un estudio cuantitativo (N=927) utilizando un cuestionario de 10 ítems organizados en cuatro dimensiones, con escala tipo Likert. Se llevó a cabo un análisis descriptivo y se aplicaron pruebas no paramétricas (Mann-Whitney) para analizar diferencias entre grupos. Los resultados muestran una alta conciencia sobre los problemas ambientales, pero una menor disposición a la acción individual. Asimismo, se identifican diferencias significativas según variables personales. Se concluye la necesidad de reforzar la integración de la educación científica y la sostenibilidad en la formación docente, promoviendo actitudes críticas y comprometidas ante los desafíos socioambientales actuales.

PALABRAS CLAVE: educación científica; educación para la sostenibilidad; formación inicial del profesorado; actitudes; cuestionario

ABSTRACT: The current socio-environmental crisis highlights the need to strengthen science education for sustainability in initial teacher education. This study aims to analyze beliefs and attitudes towards science education and sustainability among students in Early Childhood and Primary Education degrees, as well as to explore differences based on personal variables. To this end, a quantitative study (N=927) was conducted using a 10-item questionnaire organized into four dimensions with a Likert scale. A descriptive analysis was carried out, and non-parametric tests (Mann-Whitney) were applied to examine differences between groups. The results show a high level of awareness of environmental problems, but a lower willingness to take individual action. Significant differences were also identified according to personal variables. It is concluded that there is a need to strengthen the integration of science education and sustainability in teacher education, promoting critical and committed attitudes towards current socio-environmental challenges.

KEYWORDS: science education; education for sustainability; initial teacher education; attitudes; questionnaire

INTRODUCCIÓN

La actual situación de emergencia planetaria exige una respuesta desde la ciencia para afrontar los desafíos socioambientales (OECD, 2023). En este contexto, la educación científica (EC) se configura como un elemento clave para comprender el entorno y formar una ciudadanía crítica y comprometida (Karelovic y Kong, 2022). Desde un enfoque sociocientífico, resulta necesario promover una alfabetización científica ambiental que permita tomar decisiones fundamentadas, en conexión con la educación para la sostenibilidad (EpS) (Feldman y Nation, 2015).

Educación científica para la sostenibilidad en la formación inicial de maestras y maestros

La formación inicial de maestras y maestros debe hacer frente a los desafíos socioambientales actuales integrando la educación científica para la sostenibilidad (ECpS), en coherencia con los currículos

actuales. Sin embargo, la literatura evidencia una preparación insuficiente del profesorado en formación (PF) en torno a la EpS (Alcántara-Manzanares et al., 2025). En este sentido, diversos estudios subrayan la necesidad de incorporar competencias para la sostenibilidad en la educación superior, así como de integrar contenidos ambientales en la formación docente para promover un profesorado responsable y comprometido (Guerrero et al., 2022; Vilches y Gil, 2013). Asimismo, su inclusión en los planes de estudio favorece actitudes y comportamientos más positivos hacia la sostenibilidad (Alcántara-Manzanares et al., 2025).

En esta línea, la mejora de la práctica educativa requiere identificar las necesidades formativas del profesorado y garantizar una preparación sólida que permita desarrollar prácticas educativas que contribuyan a la formación de una ciudadanía capaz de comprender y afrontar problemas complejos como los actuales (Lorenzo et al., 2022).

Actitudes de las maestras y maestros hacia la ECpS

El Marco de Evaluación de Ciencia PISA 2025 destaca la influencia de la identidad científica en el desarrollo de competencias científicas y ambientales (OECD, 2023). En este contexto, las actitudes hacia la ciencia permiten comprender su impacto social, al influir en el comportamiento y permitir predecir conductas (Rodríguez et al., 2011). Asimismo, las experiencias científicas previas condicionan estas actitudes (Cohen et al., 2021), evidenciando la necesidad de que la EC integre el componente emocional para fomentar disposiciones positivas y conductas responsables (Gavidia, 2008).

En relación con la sostenibilidad, las actitudes actúan como antecedente del comportamiento, siendo clave para promover prácticas proambientales, al estar vinculadas con las creencias y la conciencia ambiental (Zeng et al., 2023). En el caso de PF, resultan especialmente relevantes, ya que influyen en su futura práctica docente y en la formación del alumnado (Brem y Díaz, 2020).

En este marco, el objetivo de este estudio es realizar un análisis descriptivo de las creencias y actitudes hacia la educación científica y la educación para la sostenibilidad en profesorado en formación inicial de los grados de Educación Infantil y Educación Primaria, así como explorar posibles diferencias en función de variables personales.

METODOLOGÍA

El estudio se sitúa en un enfoque cuantitativo y se fundamenta en el paradigma pospositivista, que reconoce la influencia de factores como los valores, la cultura y las experiencias en la interpretación de la realidad (Phillips y Burbules, 2000). Este paradigma resulta adecuado para el análisis de contextos educativos, ya que, aunque busca la objetividad, asume el carácter provisional y revisable del conocimiento científico (González y Mercado, 2023).

Participantes

La muestra estuvo compuesta por 927 estudiantes de los grados de Educación Infantil y Educación Primaria (744 mujeres y 183 hombres) de tres universidades gallegas (UVIGO, UDC, USC), seleccionada mediante muestreo no probabilístico por conveniencia.

Instrumento

El cuestionario fue elaborado a partir de una revisión de la literatura sobre EC y EpS, así como mediante reuniones con personas expertas en el ámbito, con el objetivo de diseñar y seleccionar los ítems más relevantes para el estudio. El instrumento final estuvo compuesto por 10 ítems organizados en cuatro dimensiones (Tabla 1), que se respondían mediante una escala tipo Likert de cinco niveles de respuesta, en función del grado de acuerdo o desacuerdo con cada afirmación.

Asimismo, el cuestionario recogió una serie de características y circunstancias personales (edad, sexo, titulación, curso, bachillerato, titularidad y religiosidad del centro, localidad, estudios de la madre y del padre) de las personas participantes (variables independientes) con el fin de posteriormente realizar un análisis descriptivo y comparativo en función de estas.

Tabla 1: Ítems del cuestionario organizados por dimensiones

DIMENSIÓN	ÍTEMS	MEDIA	DESV. TÍP.
Importancia de la Educación Científica (IEC)	i1. La educación científica es fundamental para comprender los cambios que se dan en el medio.	4.59	.641
	i2. El desarrollo de una cultura científica es indispensable para que la ciudadanía pueda ser partícipe en los debates públicos.	4.09	.858
	i3. Llevar la ciencia a las aulas será de poca ayuda para enseñar a tomar decisiones. (*)	4.46	.696
Conciencia socioambiental (CS)	i4. Soy consciente de que se han sobrepasado los límites del planeta y está en peligro su habitabilidad.	4.48	.781
	i5. Creo que producir alimentos sostenibles es crucial para mejorar la salud del medio.	4.41	.700
	i6. Se exageran las consecuencias de los problemas ambientales. (*)	4.46	.696
Agencia personal (AP)	i7. Me preocupa que mis acciones tengan repercusiones sobre el medio.	3.23	.999
	i8. Considero que mis hábitos alimenticios tienen poca influencia en la sostenibilidad ambiental. (*)	3.59	1.107
Importancia de la Educación para la Sostenibilidad (IEpS)	i9. La educación para la sostenibilidad empodera al alumnado para la toma de decisiones.	4.12	.922
	i10. El profesorado debe favorecer que el alumnado participe en iniciativas sostenibles.	4.62	.603

Los ítems señalados con asterisco han sido recodificados mediante inversión de escala, de modo que una puntuación alta pasa a corresponder a una baja (por ejemplo, de 5 a 1).

Con el fin de analizar la consistencia interna del instrumento, se calcul**ó el** alfa de Cronbach, obteniendo α=0.733, valor considerado aceptable para estudios de carácter exploratorio (Taber, 2018).

Procedimiento de administración

El instrumento fue creado con el Software de reconocimiento óptico de marcas SDAPS versión 1.9.11 para Linux, utilizado posteriormente para el reconocimiento de las respuestas. El cuestionario se administró en papel, y este fue respondido de forma anónima, tras la firma del consentimiento informado y la protección de datos personales. Para ello se contó con la aprobación de la Comisión de Ética de la Investigación de la Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte de Pontevedra (UVIGO) (Código: 01-181223).

Análisis estadísticos

Con el objetivo de analizar la posible influencia de las variables personales en las actitudes hacia la EC y la EpS, se realizó en primer lugar un análisis descriptivo de las dimensiones del cuestionario mediante el cálculo de medias. Posteriormente, se aplicaron técnicas de estadística inferencial, concretamente pruebas de comparación de medias para muestras independientes, con el fin de analizar posibles diferencias en las puntuaciones en función de las variables personales. Todo el tratamiento y análisis de los datos se llevó a cabo con el software SPSS, versión 20 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Atendiendo a las dimensiones analizadas, el PF inicial de EI y EP presenta puntuaciones más altas en los ítems relacionados con la conciencia sobre la gravedad de los problemas ambientales (CS), mientras que las más bajas se asocian a la agencia personal (AP), es decir, a la disposición para actuar a través de decisiones y comportamientos individuales orientados a la sostenibilidad. Estos resultados pueden interpretarse a partir de la denominada "brecha entre el decir y el hacer", que pone de manifiesto cómo la preocupación por los problemas ambientales no siempre se traduce en una implicación personal

efectiva (Pérez-Mesa et al., 2025; Varela-Losada et al., 2021). En el caso del PF, esta cuestión resulta especialmente relevante debido a su futuro papel en la promoción de prácticas sostenibles.

Asimismo, se analizó la existencia de diferencias significativas en las puntuaciones medias de cada dimensión en función de las variables independientes. Tras comprobar que no se cumplían en todos los casos los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (prueba de Levene), se optó por aplicar el test no paramétrico de Mann-Whitney para muestras independientes, al tratarse de una prueba más robusta.

La Tabla 2 recoge las puntuaciones medias por dimensiones según las variables dicotómicas independientes, señalando las diferencias significativas mediante un asterisco (*) para $p < 0.05$ y dos (**) para $p < 0.01$. Los resultados evidencian que variables como el sexo, la titulación, el centro de procedencia o el nivel educativo familiar influyen en las creencias y actitudes del PF hacia la ciencia y la sostenibilidad.

Tabla 2: Puntuaciones medias por dimensión para cada valor de las variables independientes

		IEC	CS	AP	IEpS
Edad	22 años o menos	4.38	4.46	3.94	4.37
	Más de 22 años	4.40	4.41	4.00	4.36
Sexo	Hombre	4.26	4.28	3.66	4.18
	Mujer	**4.41****	**4.49****	**4.03****	**4.41****
Titulación	Educación Primaria	**4.42****	**4.47***	3.96	4.37
	Educación Infantil	4.29	4.38	3.95	4.35
Curso	1ª mitad de la titulación	4.34	4.43	3.93	4.33
	2ª mitad de la titulación	**4.45****	4.48	4.00	**4.42***
Bachillerato	Científico	4.43	4.46	3.96	4.34
	No científico	4.36	4.44	3.95	4.37
Titularidad centro	Público	**4.41****	**4.46***	**3.99****	**4.39****
	Privado	4.22	4.36	3.79	4.21
Religiosidad centro	Laico	**4.41****	4.46	**3.97****	**4.38****
	Religioso	4.20	4.37	3.81	4.21
Localidad	Rural	4.39	4.43	4.00	4.37
	Urbana	4.37	4.46	3.93	4.36
Estudios de la madre	Sin estudios/básicos	4.35	4.42	3.92	4.34
	Secundarios/superiores	4.39	4.45	3.97	4.37
Estudios del padre	Sin estudios/básicos	4.37	4.40	3.92	4.30
	Secundarios/superiores	4.39	**4.47***	3.98	**4.41****

En relación con la variable sexo, se observan diferencias significativas en todas las dimensiones, siendo las mujeres quienes muestran actitudes más favorables hacia la EC y la EpS, así como una mayor conciencia ambiental. Estos resultados coinciden con estudios que evidencian una mayor predisposición proambiental en mujeres, asociada a procesos de socialización de género (Echavarren, 2023; Osorio et al., 2024).

En cuanto a la titulación, el PF del Grado en EP presenta puntuaciones significativamente más altas en aspectos relacionados con el papel de la EC en la comprensión del mundo y el reconocimiento de los problemas ambientales de origen antropogénico. Esto podría explicarse por una mayor presencia de contenidos científicos en su formación (Aragón et al., 2017).

Respecto al curso académico, las personas que se encuentran en la segunda mitad de la titulación obtienen puntuaciones significativamente más altas en relación con la contribución de la EC al desarrollo del pensamiento crítico y la toma de decisiones, así como en el importante papel de la EpS.

Estos resultados podrían vincularse con el incremento de la formación didáctico-científica a medida que avanzan los estudios (Sunassee et al., 2021).

En relación con el centro de procedencia, las puntuaciones más elevadas corresponden a quienes han cursado sus estudios en centros públicos y laicos, en línea con investigaciones que evidencian variaciones en las actitudes hacia la ciencia y la sostenibilidad según el contexto educativo de origen (Fulmer et al., 2019; Iwuanyanwu, 2022).

Finalmente, en cuanto a la formación familiar, se observan diferencias significativas en la percepción de la influencia individual sobre los problemas ambientales y en la valoración del papel de la EpS en la toma de decisiones. Estos resultados coinciden con estudios que vinculan contextos socioeconómicos más favorecidos con actitudes más positivas hacia la ciencia y la sostenibilidad (Pérez-Franco et al., 2018; Sunassee et al., 2021).

CONCLUSIÓN

Los resultados del análisis descriptivo han permitido identificar diversas creencias y actitudes del PF de Educación Infantil y Primaria hacia la ciencia y la sostenibilidad. Esto aporta evidencias relevantes para el diseño de propuestas formativas en educación superior.

En este sentido, se pone de manifiesto la necesidad de reforzar la integración de la EC y la EpS en la formación inicial del profesorado. De esta forma se promueven procesos que favorezcan la revisión de creencias, la superación de estereotipos y el desarrollo de actitudes positivas hacia la ECpS. Asimismo, resulta clave diseñar propuestas educativas que fomenten el pensamiento crítico y la participación activa desde las primeras etapas educativas. Estos resultados evidencian que las actitudes hacia la ECpS no pueden darse por supuestas, sino que requieren una intervención intencionada. Así, la sostenibilidad se sitúa como eje central de la EC y promoviendo una conciencia crítica acorde con los desafíos socioambientales actuales.

Por último, cabe señalar que el tamaño muestral y el carácter descriptivo del estudio limitan la generalización de los resultados y la posibilidad de establecer relaciones causales. En este sentido, se recomienda el desarrollo de estudios longitudinales que permitan analizar la evolución de estas actitudes a lo largo del tiempo y su relación con la formación del profesorado.

En conclusión, en un contexto de emergencia socioambiental, la formación del profesorado en ECpS se configura como un elemento clave para la transformación educativa y social.

AGRADECIMIENTOS

Ayuda PID2023-147800OB-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara-Manzanares, J., Torres-Porras, J., Medina-Quintana, S., López-Fernández, J. A. y Cuadrado, E. (2025). Evolución de la conciencia en sostenibilidad en grados de Educación Infantil y Primaria. *Enseñanza de las Ciencias, 43*(2), 5–22. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6211

Aragón, L., Jiménez, N., Vicente, J. J., Eugenio, M. y Oliva, J. M. (2017). ¿Qué imagen de la ciencia manejan los futuros maestros de Infantil y Primaria? *Indagatio Didactica, 9*(2), 49–62. http://hdl.handle.net/10498/20065

Brem, A. y Díaz, R. P. (2020). Are you acting sustainably in your daily practice? Introduction of the Four-S model of sustainability. *Journal of Cleaner Production, 267*, 122074. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122074

Cohen, S. M., Hazari, Z., Mahadeo, J., Sonnert, G. y Sadler, P. M. (2021). Examining the effect of early STEM experiences as a form of STEM capital and identity capital on STEM identity: A gender study. *Science Education, 105*(6), 1126–1150. https://doi.org/10.1002/sce.21670

Echavarren, J. M. (2023). The gender gap in environmental concern: Support for an ecofeminist perspective and the role of gender egalitarian attitudes. *Sex Roles, 89*, 610–623. https://doi.org/10.1007/s11199-023-01397-3

Feldman, A. y Nation, M. (2015). Theorizing sustainability: An introduction to science teacher education for sustainability. En S. K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman y M. Bloom (Eds.), *Educating science teachers for sustainability*. https://digitalcommons.usf.edu/tal_facpub/396

Fulmer, G. W., Ma, H. y Liang, L. L. (2019). Middle school student attitudes toward science and their relationships with instructional practices. *Asia-Pacific Science Education, 5*(9), 1–21. https://doi.org/10.1186/s41029-019-0037-8

Gavidia, V. (2008). Las actitudes en la educación científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 22*, 53–66. https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2420

González, E. A. y Mercado, J. A. (2023). El paradigma postpositivista como reflejo objetivo de la realidad educativa. *Investigación Educativa Duranguense, 14*(22), 63–68.

Guerrero, A., Rodríguez, F., Solís, E. y Rivero, A. (2022). Alfabetización ambiental del profesorado de Educación Infantil y Primaria en formación inicial. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 97*(36.1). https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92434

Iwuanyanwu, P. N. (2022). Is science really for me? Gender differences in student attitudes toward science. *School Science and Mathematics, 122*(5), 259–270. https://doi.org/10.1111/ssm.12541

Karelovic, F. y Kong, F. (2022). Articulación entre educación ambiental y educación científica. *Pensamiento Educativo, 59*(1), 1–18. https://doi.org/10.7764/pel.59.1.2022.8

Lorenzo, M. A., Castiñeira, N., Varela, M. y Pérez, U. (2022). Qué piensa el profesorado en formación sobre qué ciencia enseñar. En A. Benarroch (Ed.), *Actas 30 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 1447–1453).

OECD (2023). *PISA 2025 science framework (draft)*. OECD.

Osorio, P., Tobarra, M. Á. y Tomás, M. (2024). Are there gender differences in household carbon footprints? *Ecological Economics, 219*, 108130. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108130

Pérez-Franco, A., Pro-Bueno, A. J. y Pérez-Manzano, D. (2018). Actitudes ambientales al final de la ESO. *Revista Eureka, 15*(3), 3501. https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i3.3501

Pérez-Mesa, M. R., Porras-Contreras, Y. A. y Tuay-Sigua, R. N. (2025). Climate change and health. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 22*(1), 7. https://doi.org/10.3390/ijerph22010007

Phillips, D. C. y Burbules, N. C. (2000). *Post positivism and educational research*. Rowman & Littlefield.

Rodríguez, W., Hernández, R., Muñoz, L., Lizarazo-Camacho, A. M. y Salamanca, A. J. (2011). Actitudes hacia la ciencia. *Actualidades Pedagógicas, 57*, 121–139. https://doi.org/10.19052/AP.542

Sunassee, A., Bokhoree, C. y Patrizio, A. (2021). Students' empathy for the environment. *Ecologies, 2*(2), 214–247. https://doi.org/10.3390/ecologies2020013

Taber, K.S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education, 48*, 1273–1296. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2

Varela-Losada, M., Vega-Marcote, P., Lorenzo-Rial, M. y Pérez-Rodríguez, U. (2021). The challenge of global environmental change. *Sustainability, 13*(2), 493. https://doi.org/10.3390/su13020493

Vilches, A. y Gil, D. (2013). La ciencia de la sostenibilidad en la formación del profesorado. *Revista Eureka, 10*, 749–762.

Zeng, Z., Zhong, W. y Naz, S. (2023). Environmental knowledge and behavior. *Sustainability, 15*(6), 4791. https://doi.org/10.3390/su15064791

Aproximación al Conocimiento del Enfoque One Health en Futuros Docentes de Educación Infantil: Implicaciones para la Didáctica de las Ciencias

*Laura Salahange González[1], Alejandro De la Hoz Serrano[1], Lina Viviana Melo Niño[1], Miguel Ángel Gonzámez Maestre[1], Susana Sánchez Herrera[2], María Luísa Navarro Pérez[1], Javier Cubero Juánez[1]**

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España.

[2] Departamento de Psicología y Antropología, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: jcubero@unex.es

RESUMEN: El enfoque One Health (Una Sola Salud) reconoce la interdependencia entre salud humana, animal y ambiental, constituyendo un marco estratégico para la educación científica contemporánea. Este estudio analiza el nivel de alfabetización en One Health en estudiantes del grado de Educación Infantil (n = 22). Se empleó un diseño transversal descriptivo mediante cuestionario estandarizado. Este estudio demuestra una ausencia completa de conocimiento previo del concepto One Health, acompañada de una incapacidad total para definir correctamente el término. Sin embargo, se observó una elevada predisposición (72.8%) a reconocer su carácter interdisciplinario. Los hallazgos indican una brecha formativa estructural que compromete la integración de sostenibilidad, salud y justicia social en la educación científica temprana.

PALABRAS CLAVE: One Health; Educación Infantil; Enseñanza Científica; Formación Docente

ABSTRACT: The One Health approach recognizes the interdependence between human, animal, and environmental health, constituting a strategic framework for contemporary science education. This study analyzes the level of One Health literacy among students enrolled in the Early Childhood Education degree program (n = 22). A descriptive cross-sectional design was employed using a standardized questionnaire. The study reveals a complete absence of prior knowledge of the One Health concept, accompanied by a total inability to correctly define the term. However, a high predisposition (72.8%) to recognize its interdisciplinary nature was observed. These findings indicate a structural educational gap that may hinder the integration of sustainability, health, and social justice within early science education.

KEYWORDS: One Health; Early Childhood Education; Sciences Teaching; Teacher Education

INTRODUCCIÓN

La educación científica actual debe responder a los desafíos derivados del cambio global, cambio climática y las desigualdades socioambientales. Desde los inicios del transformador y transdisciplinar enfoque en salud pública de Una Sola Salud (One Health) con sus orígenes en 2004 a partir de los 12 Principios de Manhattan sobre la salud integral, y transcurridos hace 20 años ya, en 2006 con la creación del Grupo de Trabajo One Health en la Asociación Médica Veterinaria Estadounidense (AVMA) y la Asociación de Médicos Estadounidense, recomendando el enfoque One Health. Sobre esta base, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Oficina Internacional de Epizootias (OIE), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) acuñaron finalmente la definición de «Una sola salud» como: "*un enfoque unificador integrado que procura equilibrar y optimizar de manera sostenible la salud de las personas, los animales y los ecosistemas*", formulada por el Cuadro de Expertos de Alto Nivel para el Enfoque de «Una sola salud» (OHHLEP): (https://www.who.int/groups/one-health-high-level-expert-panel); (WHO 2021). En base a todo lo descrito, y desde sus orígenes en 2006 hasta hoy en día y siempre apoyado por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2021) One

Health es un innovador enfoque de la salud pública con un marco integrador: profesional, académico e investigador que conecta salud humana, animal y ambiental. Así desde una realidad más cercana más cercana como es europea, esta estrategia ya transdisciplinar está ya consolidada a través de la Unión Europea donde entre otros países como Alemania a través de *The Berlin principles on One Health* (Gruetzmacher et al., 2021) han blindado los ámbitos profesionales sanitarios, científicos y académicos para One Health, como respuesta al escenario actual de cambio ambiental, caracterizado por el cambio climático y pérdida de biodiversidad, y su efecto sobre la salud y el bienestar de la población mundial (Müller et al., 2025). Ante esta complejidad, ha surgido la necesidad de adoptar enfoques integrales y no ya solo interdisciplinares si no transdisciplinares, que superen las visiones fragmentadas de la salud pública tradicional para su gobernanza y su ética (Zhou et al., 2024).

Y desde el ámbito educativo ya existen sobradas evidencias que lo constituye un eje estratégico para incorporarlo, principalmente a nivel universitario (McMullen et al., 2025), a través de sus competencias de aprendizaje (Laing 2023) con un pensamiento sistémico y transdisciplinar. Así ya en particular, desde el área de Didáctica de las Ciencias, se abre una oportunidad inigualable de desarrollo académico e investigador para la formación docente, para la cual ya existen destacadas iniciativas investigadoras, que ha dado valiosas evidencias sobre la Enseñanza Científica en OH, tanto a nivel internacional como pueden destacar el acertado cluster: *Taching Clinic University of Munich* (Hobusch et al.,, 2024) o centradas en OH y la Resistencia Antimicrobiana (RAM) (Nadar et al., 2025). Y ya en el ámbito de nuestro país se pueden destacar también sobre la Resistencia Antimicrobiana (Costa y Puig, 2025), el reconocidos Proyecto MicroMundo; (Gil-Serna et als,, 2025), las vacunas (Martínez-Pena et als., 2024) o más centrado sobre salud medioambiental (Pérez-Martín y Esquivel-Martín, 2024, Gonzales-Ortiz et als., 2025). Pero a pesar de todas iniciativas es necesario un mayor impulso, científico, académico e investigador y de transferencia, dado que la integración curricular de este enfoque en One Health a nivel universitario (Neboğlu et al., 2026) y más aún en sus competencias de aprendizaje, es aún incipiente (Laing, 2023), pero en particular en la formación inicial del profesorado, el cual continúa siendo muy limitado (Cai et al., 2024; Husband et al., 2025).

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio observacional descriptivo de corte transversal. La muestra estuvo compuesta por 22 estudiantes universitarios (n = 22) pertenecientes al ámbito de Educación Infantil. Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de tipo incidental, basado en la disponibilidad y accesibilidad de los estudiantes en el momento de la recogida de datos.

Para la recogida de información, se utilizó un cuestionario estandarizado que evaluó conocimiento previo, definición conceptual e identificación interdisciplinar (Ercan Şahin y Öner, 2024). Este cuestionario fue completado de forma síncrona y presencial en el aula de la asignatura X del Grado de Educación Infantil en el primer semestre en el curso 2024-25 de la Universidad de Extremadura.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva, calculando frecuencias absolutas (F) y porcentajes (%) para las variables categóricas incluidas en el cuestionario. Se aplicaron análisis descriptivos (frecuencias y porcentajes) mediante el software Microsoft Office Excel.

RESULTADOS

En relación con el nivel de conocimiento del concepto One Health entre los participantes del estudio (n = 22), los resultados muestran una ausencia total de familiaridad previa con el término. Tal como se observa en la Tabla 1, ninguno de los encuestados indicó conocer previamente el concepto, mientras que el 100% de los participantes (n = 22) manifestó no haber oído hablar de él con anterioridad.

Tabla 1. Nivel de conocimiento en One Health (Educación Infantil, n = 22).

Variable	Categoría	F	%
Conocimiento del término	Sí	0	0%
	No	22	100%
Definición correcta del término	Sí	0	0%
	No	22	100%

De manera consistente con este resultado, tampoco se registró ningún caso en el que los participantes fueran capaces de proporcionar una definición correcta del término One Health. En concreto, el 100% de los encuestados (n = 22) presentó una definición incorrecta o manifestó desconocer su significado. Estos resultados evidencian un nivel nulo de conocimiento conceptual sobre el enfoque One Health dentro de la muestra analizada correspondiente al ámbito de la Educación Infantil.

En relación con la identificación de las disciplinas implicadas en el enfoque One Health, los resultados obtenidos muestran una distribución heterogénea entre los participantes (n = 22). Tal como se observa en la Tabla 2, el 27,3% de los encuestados (n = 6) no respondió a la pregunta relativa a las disciplinas involucradas en este enfoque.

Tabla 2. Disciplinas de Educación en One Health (Educación Infantil, n = 22).

Variable	Categoría	F	%
Disciplinas involucradas	No responde	6	27.3%
	Más de una disciplina	8	36.4%
	Todas las Disciplinas	8	36.4%

Por otro lado, el 36,4% de los participantes (n = 8) indicó que One Health implica más de una disciplina, seleccionando varias de las opciones propuestas en el cuestionario. De forma similar, otro 36,4% de los encuestados (n = 8) señaló que el enfoque debería integrar todas las disciplinas planteadas, incluyendo áreas como medicina, veterinaria, biología, enfermería, farmacia, ingeniería agrícola y políticas públicas.

En conjunto, estos resultados indican que el 72,8% de los participantes que respondieron a la pregunta reconoce el carácter multidisciplinar o interdisciplinar del enfoque One Health, al considerar que involucra múltiples áreas del conocimiento.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian una ausencia total de conocimiento previo del concepto One Health entre los participantes del estudio, ya que ninguno de ellos manifestó conocer el término ni fue capaz de proporcionar una definición correcta. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que señalan una escasa integración de enfoques sistémicos en la formación docente (Abia et al., 2025; Pérez-Martín & Esquivel-Martín, 2024). Este hallazgo sugiere que el enfoque One Health todavía no está suficientemente integrado en los procesos formativos iniciales ni en los contenidos educativos relacionados con la formación en el ámbito de la educación infantil.

La ausencia de alfabetización en One Health limita la capacidad del profesorado para abordar sostenibilidad, salud y justicia social desde edades tempranas (Laing et al., 2023; Rocheleau et al., 2022). Asimismo, estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de promover estrategias educativas que favorezcan la inclusión progresiva del enfoque One Health en distintos niveles del sistema educativo. Integrar este enfoque en la formación inicial contribuiría a una educación científica más coherente con los retos globales contemporáneos.

Los resultados obtenidos en relación con las disciplinas asociadas al enfoque One Health muestran que una proporción considerable de los participantes identifica el carácter interdisciplinario de este concepto. Aunque una parte de los encuestados no respondió a la pregunta, más de dos tercios de la muestra señalaron que el enfoque implica la participación de varias disciplinas o incluso de todas las áreas propuestas en el cuestionario.

Este hallazgo resulta particularmente interesante si se considera que, tal como muestran los resultados de la Tabla 1, ninguno de los participantes conocía previamente el término One Health ni fue capaz de definirlo correctamente. A pesar de esta falta de conocimiento conceptual, una parte significativa de los estudiantes fue capaz de reconocer intuitivamente la necesidad de integrar diferentes disciplinas para abordar los problemas relacionados con la salud humana, animal y ambiental.

CONCLUSIONES

En este sentido, la incorporación explícita del concepto One Health en la formación universitaria, especialmente en titulaciones relacionadas en el Grado de Educación, asociadas a su formación a la Didáctica de las Ciencias Experimentales y a través de la enseñanza científica para la Promoción de la Salud Pública en el ámbito escolar; para favorecer una comprensión más estructurada de las interacciones entre salud humana, animal y ambiental, así como promover enfoques educativos orientados a la sostenibilidad y a la salud global.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado al 85% por la Unión Europea, el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y la Junta de Extremadura, la Autoridad de Gestión y el Ministerio de Hacienda, a través del proyecto GR24052.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cai, C., Jung, Y. S., Pereira, R. V. V., Brouwer, M. S. M., Song, J., Osburn, B. I., McKenzie, J., van der Poel, W. H. M., & Qian, Y. (2024). Advancing One Health education: integrative pedagogical approaches and their impacts on interdisciplinary learning. *Science in One Health*, *3*, 100079. https://doi.org/10.1016/j.soh.2024.100079

Costa, I. G., & Puig, B. (2025). La enseñanza de la resistencia a antibióticos desde un enfoque One Health. Ápice. Revista de Educación Científica, 9(1). https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11401

De la Hoz, A., Cubero, J., Melo, L., Durán-Vinagre, M. A., & Sánchez, S. (2021). Analysis of digital literacy in health through active university teaching. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(12), 6674

De la Hoz Serrano, A., Niño, L. V. M., Dorotea, N. M. T. C., & Juánez, J. C. (2026). Educación y alfabetización científica del agua mediante robótica educativa a través de un análisis mixto. *Campus Virtuales, 15*(1), 91-108. https://doi.org/10.54988/cv.2026.1.1665

Ercan Şahin, N., & Öner, M. (2024). Nurse educators' knowledge and opinions about the "One Health" approach. *International nursing review, 71*(4), 1113–1120. https://doi.org/10.1111/inr.12983

Gil-Serna, J., Antunes, P., Campoy, S., Cid, Á., Cobo-Molinos, A., Durão, P., ... & all members of MicroMundo Teams in Spain and Portugal. (2025). Citizen science to raise antimicrobial resistance awareness in the community: the MicroMundo Project in Spain and Portugal. *Microbial biotechnology, 18*(3), e70123.

Gonzales-Ortiz, C. F., Rodríguez-Gonzales, A., Radon, K., & Solís-Soto, M. T. (2025). Development of a Project to Strengthen Environmental Education in Educational Institutions in Bolivia: "Environmental Care with a One Health Approach". *Sustainability, 17*(8), 3464. https://doi.org/10.3390/su17083464

Gruetzmacher, K., Karesh, W. B., Amuasi, J. H., Arshad, A., Farlow, A., Gabrysch, S., Jetzkowitz, J., Lieberman, S., Palmer, C., Winkler, A. S., & Walzer, C. (2021). The Berlin principles on one health - Bridging global health and conservation. *The Science of the total environment, 764*, 142919. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142919

Hobusch, U., Scheuch, M., Heuckmann, B., Hodžić, A., Hobusch, G. M., Rammel, C., Pfeffer, A., Lengauer, V., & Froehlich, D. E. (2024). One Health Education Nexus: enhancing synergy among science-, school-, and teacher education beyond academic silos. *Frontiers in public health, 11,* 1337748. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1337748

Husband, B. C., Pollock, H., Clow, K., Finnis, E., Goodridge, L., Newman, A., ... & Steffens, T. S. (2025). Building capacity in One Health: a case study in developing and sustaining interdisciplinary programs in higher education. *BioScience*, biaf160. https://doi.org/10.1093/biosci/biaf160

Laing, G., Duffy, E., Anderson, N., Antoine-Moussiaux, N., Aragrande, M., Luiz Beber, C., ... & Häsler, B. (2023). Advancing one health: updated core competencies. CABI One Health,, ohcs20230002.

Martínez-Pena I, Puig B & Uskola A (2024) One Health education for criticality on vaccination in teacher training. *Frontier in Public Health 12*, 1408965. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1408965

McMullen, C. K., Clow, K. M., Aenishaenslin, C., Lackeyram, D., & Parmley, E. J. (2025). Barriers to implementing One Health training programs: Experiences of university faculty and staff. *CABI One Health, 4*(1), 0022.

Müller, V., Sonntag, C. J., Seidler, A., & Freiberg, A. (2025). Health concepts in the context of anthropogenic environmental change: a scoping review on One Health, Planetary Health, EcoHealth, Public Health, Urban Health, and Global Health. *Journal of Public Health*, 1-22

Nadar, S., Brown, J. C., Coe, L. S., Koukoulidis, N. M., Czyż, E. M., & Czyż, D. M. (2025). Antimicrobial resistance and One Health in the high school biology curriculum. *Journal of Microbiology and Biology Education*, e00145-25

Neboğlu, E. K., & Kiraz, E. D. E. (2026). Creating An Exemplary Curriculum on the Development and Standardization of The One Health Notion in Undergraduate, Graduate Education: A Delphi Study. https://doi.org/10.1079/cabionehealth.2025.0022

Pérez-Martín, J. M., & Esquivel-Martín, T. (2024). New Insights for Teaching the One Health Approach: Transformative Environmental Education for Sustainability. *Sustainability, 16*(18), 7967. https://doi.org/10.3390/su16187967

World Health Organization. WHO. (2021). *One Health joint plan of action (2022–2026*).

World Health Organization WHO. (2021). https://www.who.int/groups/one-health-high-level-expert-panel

Zhou, Y., Frutos, R., Bennis, I., & Wakimoto, M. D. (2024). One Health governance: theory, practice and ethics. *Science in One Health, 3,* 100089. https://doi.org/10.1016/j.soh.2024.100089

De la comprensión a la aplicación: sostenibilidad, ODS y transición ecosocial en el Trabajo de Fin de Grado en la formación inicial docente

Mireia Esparza[1], Genina Calafell Subirà[1], Ferran Crespo i Torres[1], Salvador Viciana[1], Encarnación Carrasco[1], Enric Font[2], Amor Montané[1], Berta Palou[3], Francina Torras[1], Annie E. Wilson[2]*

[1] Departamento de Educación Lingüística, Científica i Matemática, Universitat de Barcelona, España

[2] Departamento de Didácticas Aplicadas, Universitat de Barcelona, Espanya

[3] Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación, Universitat de Barcelona, Espanya

*Correspondencia: mesparza@ub.edu

RESUMEN: Este estudio tiene como objetivo analizar cómo el alumnado de los grados de Maestro de Educación Infantil y Primaria comprende e integra los enfoques de desarrollo sostenible, sostenibilidad y transición ecosocial en sus Trabajos de Fin de Grado (TFG), y evaluar el impacto de una intervención formativa acerca de la sostenibilización curricular.

La investigación se desarrolla desde un paradigma interpretativo mediante un diseño de estudio de caso múltiple con una muestra de 75 estudiantes. Se emplearon cuestionarios iniciales y finales, entrevistas y análisis documental de las memorias de TFG. La intervención consistió en una actividad basada en metodologías activas (juego de rol) orientada a promover la reflexión sobre distintas perspectivas de la sostenibilidad.

Los resultados evidencian una mejora significativa en la comprensión conceptual del alumnado, especialmente en la integración de las dimensiones del desarrollo sostenible y en la incorporación de elementos propios de la transición ecosocial. Sin embargo, esta evolución no se traduce de forma equivalente en los TFG, donde predominan enfoques superficiales y una integración periférica de los ODS.

Se concluye que, aunque las intervenciones formativas favorecen el desarrollo conceptual, persiste una brecha entre el conocimiento y su aplicación. Ello pone de manifiesto la necesidad de reforzar el acompañamiento docente y avanzar hacia una sostenibilización curricular más profunda y coherente en la formación inicial del profesorado.

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad, formación inicial docente, TFG, transición ecosocial, ODS

ABSTRACT: This study aims to analyse how pre-service teachers in Early Childhood and Primary Education degrees understand and integrate the approaches of sustainable development, sustainability, and ecosocial transition into their final degree projects (TFG), as well as to assess the impact of a training intervention based on curricular sustainability.

The research follows an interpretive paradigm using a multiple case study design with a sample of 75 students. Data were collected through pre- and post-questionnaires, interviews, and document analysis of TFG reports. The intervention consisted of an active learning activity (role-playing) designed to foster reflection on different sustainability perspectives.

The results show a significant improvement in students' conceptual understanding, particularly in integrating the dimensions of sustainable development and incorporating elements of ecosocial transition. However, this progress is not equally reflected in the TFGs, where superficial approaches and peripheral integration of the SDGs prevail.

The study concludes that, although training interventions enhance conceptual development, a gap remains between knowledge and practice. This highlights the need for stronger pedagogical support and a deeper, more coherent integration of sustainability in initial teacher education.

KEYWORDS: sustainability, initial teacher education, FDP; ecosocial transition; SDG

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

En la actualidad, la sociedad se encuentra inmersa en una crisis ecosocial compleja y multidimensional, resultado de la interacción entre fenómenos como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el incremento de las desigualdades y las limitaciones del modelo económico dominante. En este contexto, la educación adquiere un papel estratégico para abordar los retos socioambientales y contribuir a la construcción de sociedades más sostenibles e igualitarias. Este papel, apuntado en la Conferencia de la ONU de Estocolmo de 1972, ha sido reiterado en marcos internacionales posteriores (Meadows, 2004; United Nations, 2015), y cobra una relevancia renovada en la actualidad debido a la creciente urgencia de los desafíos globales (IPCC, 2023; Sterling, 2024). Es por ello que, en las últimas décadas, la incorporación de la sostenibilidad en todos los niveles educativos se ha ido consolidando progresivamente, como muestran las indicaciones de la Comisión Europea (2022) acerca del papel fundamental de los sistemas educativos en el camino hacia un futuro más sostenible y socialmente justo.

En la formación inicial docente, la LOMLOE incorpora la sostenibilidad como eje relevante, lo que exige integrar competencias ecosociales en los grados de maestro (BOE, 30/12/2020). En consecuencia, los planes de estudio de los grados de maestro han de integrar los grandes problemas socioambientales, promover currículos coherentes con los principios de sostenibilidad y favorecer el desarrollo de competencias reflexivas y críticas. No obstante, diversos estudios señalan que el tratamiento de la sostenibilidad se limita a menudo a aproximaciones teóricas, puntuales y desvinculadas de la práctica docente, dificultando la construcción de aprendizajes profundos y transferibles (Gutiérrez Bastida, 2018; Kioupi y Voulvoulis, 2019: Kopnina, 2020).

Ante esta situación, se hace necesario revisar los programas formativos, las estrategias metodológicas y los recursos didácticos para avanzar hacia una integración más coherente, contextualizada y sistémica de la sostenibilidad (Sauvé y Asselin, 2017; Watanabe et al., 2022). Deben incorporarse metodologías activas que articulen conocimientos, valores y acción, y que contribuyan al desarrollo de competencias para la sostenibilidad (Bianchi et al., 2022).

Este proceso requiere, además, una clarificación del marco conceptual de referencia, dado que el término sostenibilidad engloba perspectivas diversas con implicaciones epistemológicas y pedagógicas diferenciadas. Entre el enfoque generalizado de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como marco global de referencia y la noción de transición ecosocial y su revisión profunda de las relaciones entre sociedad, economía y naturaleza, hay toda una gradación de maneras de abordar los problemas socioambientales con implicaciones educativas derivadas de cada enfoque (Pham Xuan & Håkansson Lindqvist, 2025; Sterling, 2024). Hacer explícitas estas diferencias en la formación inicial del profesorado resulta clave para evitar visiones reduccionistas, fomentar el pensamiento crítico y capacitar al alumnado para promover procesos educativos significativos, transformadores y alineados con la realidad.

A partir de esta necesidad, en este estudio se adoptan 3 enfoques complementarios que permiten analizar las distintas formas en que la sostenibilidad es conceptualizada en el ámbito educativo.

Por un lado, el desarrollo sostenible, articulado a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), proporciona un marco global ampliamente institucionalizado que facilita la incorporación de la sostenibilidad en las políticas educativas y en los currículos (United Nations, 2015). No obstante, su adopción acrítica puede derivar en aproximaciones centradas en el cumplimiento de metas e indicadores, con un alcance limitado en la problematización de las causas estructurales de la crisis ecosocial.

En cuanto a la sostenibilidad se plantea como una perspectiva más amplia y sistémica, que integra las dimensiones ambiental, social y económica desde la consideración de los límites ecológicos y la justicia social. Este enfoque enfatiza el desarrollo de competencias críticas y el uso de metodologías activas, pero puede diluirse en discursos poco operativos si no se concreta en acciones educativas concretas (Pegalajar Palomino et al., 2021; Tafese & Kopp, 2025).

Finalmente, la transición ecosocial introduce un enfoque de carácter más transformador, al cuestionar

las bases del modelo socioeconómico vigente y proponer una revisión profunda de las relaciones entre sociedad, economía y naturaleza. Desde esta perspectiva, la educación se orienta hacia el análisis crítico de las causas estructurales de la crisis y la promoción de la acción colectiva, lo que implica importantes desafíos pedagógicos en la formación inicial docente (Raworth, 2017; Kopnina, 2020; Sterling, 2024).

La consideración conjunta de estos tres enfoques permite no solo ampliar la comprensión de la sostenibilidad, sino también analizar las tensiones y posibilidades que emergen en su incorporación en la formación inicial del profesorado.

Este estudio se enmarca en la hoja de ruta de la Universitat de Barcelona para implementar los ODS en la docencia, específicamente en los Trabajos de Fin de Grado (TFG) y los Trabajos de Fin de Máster (TFM). En el ámbito de la formación inicial del profesorado, el Trabajo de Fin de Grado (TFG) constituye un espacio privilegiado para integrar conocimientos, competencias y posicionamientos profesionales. Al ser una asignatura transversal donde el alumnado debe movilizar y aplicar las competencias adquiridas durante su formación, el TFG se muestra como una oportunidad clave para analizar cómo los futuros docentes comprenden e incorporan la sostenibilidad en su práctica educativa.

OBJETIVOS

Mediante el proyecto "Análisis de la sostenibilidad y los Objectivos de Desarrollo Sostenbile (ODS) en los Trabajos de Fin de Grado de los futuros maestros" (REDICE24-3481), el objetivo de este estudio es analizar cómo el alumnado de los grados de Maestro de Educación Infantil y Primaria comprende e integra la sostenibilidad, así como evaluar el impacto de una intervención formativa sobre este tema.

De manera específica, se pretende examinar la evolución de las concepciones del alumnado antes y después de la intervención, identificar y categorizar sus formas de explicar las distintas perspectivas desde las que se puede abordar la sostenibilidad, y analizar el grado de integración de las mismas en las memorias de TFG. Asimismo, se busca explorar la relación entre el conocimiento conceptual adquirido y su traducción en propuestas didácticas, con el fin de detectar posibles tensiones entre el saber y el hacer, así como valorar el potencial de metodologías activas para favorecer una incorporación crítica y transformadora de la sostenibilidad en la formación inicial docente.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolla bajo un paradigma interpretativo mediante un estudio de caso múltiple. La muestra por conveniencia incluyó a 75 estudiantes, 26 pertenecientes a 2 grupos de TFG del Grado de Maestro en Educación Infantil (GMEI) y 49 de 4 grupos de TFG del Grado de Maestro en Educación Primaria (GMEP) de la Universitat de Barcelona. El estudio siguió los protocolos éticos y de protección de datos marcados por la Comisión de Bioética de la UB.

Instrumentos y procedimiento

Se utilizaron cuestionarios (inicial y final) para categorizar las explicaciones del alumnado sobre 3 perspectivas de enfoque de la sostenibilidad: Desarrollo Sostenible (ODS), Sostenibilidad y Transición Ecosocial. Los cuestionarios incluían preguntas de respuesta abierta y de respuesta múltiple. Además, se realizó una revisión documental de las memorias finales de los TFG, en las que el alumnado debía relacionar su trabajo con la sostenibilidad bajo uno de los enfoques propuestos y reflexionar sobre esta relación. De este modo se pudo analizar la comprensión y la integración real de estos enfoques.

Entre ambos cuestionarios, se implementó una actividad didáctica sobre sostenibilidad que consistía en un juego de rol. La intervención consistió en un juego de rol sobre la transformación de un patio escolar desde las tres perspectivas analizadas. Previamente, el alumnado visualizaba tres vídeos cortos explicativos de cada una de las perspectivas.

Los datos cuantitativos se analizaron mediante técnicas de estadística descriptiva con el software Jamovi 2.6.26 y las respuestas cualitativas, presentadas en esta comunicación, se analizaron mediante la creación de categorías emergentes inductivas, contrastadas y refinadas por el propio equipo investigador.

RESULTADOS

Evolución del conocimiento conceptual

El análisis de los cuestionarios iniciales y finales muestra una mejora significativa en el conocimiento de las 3 perspectivas abordadas, si bien esta evolución no se produce de manera homogénea. En el caso del desarrollo sostenible y los ODS, se observa que las concepciones iniciales del alumnado se caracterizan por una visión reduccionista, a menudo basada solo en el medio ambiente, con cierta confusión terminológica y centrada en prácticas como el reciclaje. Tras la intervención, estas concepciones evolucionan hacia una comprensión más estructurada que integra las dimensiones ambiental, social y económica. No obstante, esta mejora no siempre se acompaña de una problematización profunda del modelo de desarrollo subyacente.

Respecto a la sostenibilidad, el alumnado parte de un conocimiento más asentado, aunque inicialmente vinculado a actitudes o prácticas aisladas y muy relacionado con el uso de los recursos. Después de la intervención, se aprecia una ampliación hacia una visión más sistémica, incorporando elementos como la equidad intergeneracional o los límites ecológicos, si bien continúa predominando la dimensión ambiental frente a las sociales y económicas.

La transición ecosocial constituye el ámbito donde se produce el cambio más notable. Inicialmente, aparece como una perspectiva desconocida o interpretada de forma superficial. Tras la intervención, emerge una comprensión más compleja, en la que se incorporan ideas relacionadas con el cambio estructural, la justicia ecosocial y la acción colectiva, evidenciando un desplazamiento desde enfoques individuales hacia planteamientos más sociales.

Integración de los enfoques en las memorias del TFG

A pesar del avance conceptual expuesto anteriormente, el análisis de las memorias de TFG muestra que la incorporación de estos enfoques es desigual y, en muchos casos, limitada.

Por una parte, destaca el predominio de los ODS como enfoque elegido por el alumnado: el 89,7% de los trabajos integran los ODS en su texto reflexivo, siendo el ODS 4 (Educación de Calidad) el más recurrente (91,4%), seguido de otros como el ODS 3 (Salud y Bienestar) y el ODS 10 (Reducción de las Desigualdades). La preferencia de los ODS se puede atribuir al mayor conocimiento mediático del alumnado sobre estos y a su facilidad de uso. En cuanto a los niveles de profundidad, predominan las reflexiones superficiales, con justificaciones generales y poco desarrolladas, con un menor número de casos en los que se establecen conexiones más elaboradas con los contenidos o propuestas didácticas.

En cuanto a la sostenibilidad y la transición ecosocial, su presencia en los TFG es más limitada y menos sistemática, apareciendo en muchos casos de forma implícita o poco desarrollada, especialmente en lo relativo a la traducción en propuestas educativas concretas.

En general, las reflexiones sobre sostenibilidad, sea cual sea el enfoque elegido, se incorporan en la introducción o las conclusiones de la memoria, con una escasa presencia en el desarrollo central de la propuesta didáctica de sus TFG y mayoritariamente se trata de justificaciones sin una argumentación sólida ni una profundización crítica.

Brecha entre conocimiento y aplicación

Uno de los resultados más relevantes es la existencia de una disonancia entre el conocimiento conceptual adquirido por el alumnado y su aplicación en los TFG. Mientras que los cuestionarios evidencian una mejora significativa en la comprensión de las 3 perspectivas, esta no se traduce de manera equivalente en las memorias. Se observan dificultades para reflejar los enfoques en el diseño de propuestas didácticas, especialmente con la transición ecosocial.

Este desfase pone de manifiesto que la adquisición de un discurso sobre sostenibilidad no garantiza su integración en la práctica, evidenciando la necesidad de estrategias formativas que acompañen el paso del conocimiento a la acción.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten profundizar en algunos de los problemas ya señalados en la literatura sobre educación para la sostenibilidad en la formación docente.

En primer lugar, la mejora en las concepciones del alumnado tras la intervención confirma el potencial de las propuestas formativas basadas en metodologías activas para favorecer una comprensión más compleja de la sostenibilidad, en línea con la idea de profundizar en la adquisición de las competencias para la sostenibilidad (García-González et al., 2020; Watanabe et al., 2022). Sin embargo, el hecho de que esta mejora no se traduzca en una integración significativa en los TFG, especialmente en el caso de las propuestas didácticas, refuerza la idea de que la incorporación de la sostenibilidad en la educación superior sigue siendo, en muchos casos, más discursiva que práctica (Gutiérrez Bastida, 2018; Kioupi y Voulvoulis, 2019).

En segundo lugar, el predominio de los ODS como marco de referencia confirma su capacidad de legitimación institucional y su facilidad de integración en el discurso académico. No obstante, su carácter frecuentemente superficial y periférico en los TFG coincide con las críticas que señalan el riesgo de una adopción acrítica centrada en indicadores más que en la comprensión de las causas estructurales de la crisis ecosocial (Kopnina, 2020; Pham Xuan & Håkansson Lindqvist, 2025).

Por otro lado, la evolución observada en relación con la transición ecosocial resulta especialmente relevante. Aunque parte de un desconocimiento inicial, su incorporación progresiva indica que el alumnado es capaz de aproximarse a enfoques más críticos y transformadores cuando se le ofrecen oportunidades formativas adecuadas. Sin embargo, las dificultades para trasladar esta perspectiva a propuestas didácticas concretas evidencian la falta de referentes prácticos y de modelos pedagógicos que faciliten su implementación (Mulà y Tilbury, 2023). Se muestra la necesidad de una formación continuada a lo largo del grado que permita incorporar contenidos y competencias en sostenibilidad, pero también crear espacios en los que reflexionar, madurar y adquirir la capacidad de actuar en su futura práctica docente.

En este sentido, la brecha identificada entre el saber y el hacer pone de manifiesto la necesidad de avanzar hacia una sostenibilización curricular más profunda, que no se limite a la incorporación de contenidos, sino que transforme las metodologías, los sistemas de evaluación y el acompañamiento docente (Barron et al, 2010). El papel del profesorado tutor emerge aquí como un elemento clave para guiar este proceso y favorecer una integración más coherente de la sostenibilidad en los TFG.

Finalmente, estos resultados refuerzan la idea de que el TFG constituye un espacio estratégico para la formación inicial docente, pero que su potencial transformador depende en gran medida del grado de intencionalidad pedagógica y del acompañamiento institucional que lo sostenga.

Se concluye que no es suficiente con introducir contenidos teóricos. Solo mediante estrategias continuadas y pedagogías críticas se podrá capacitar a los futuros docentes para promover procesos educativos comprometidos con la realidad ecosocial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barron, A., Navarrete, A. y Ferrer-Balas, D. (2010). Sostenibilización curricular en las universidades españolas. ¿ha llegado la hora de actuar? Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 7, 388-399

Bianchi, G., Pisiotis, U. y Cabrera Giraldez, M. (2022). GreenComp, El marco europeo de competencias sobre sostenibilidad. Punie, Y. y Bacigalupo, M. eds. Publications Office of the EU.

Comisión Europea. (2022). Recomendación del Consejo de 16 de junio de 2022 relativa al aprendizaje para la transición verde y el desarrollo sostenible (2022/C 243/01). Diario Oficial de la UE.

García-González, E., Jiménez-Fontana, R., Azcárate, P. (2020). Education for sustainability and the sustainable development goals: Pre-service teachers' perceptions and knowledge. Sustainability, 12(18).

Gutiérrez Bastida, J.M. (2018). Educatio ambientalis: invitación a la educación ecosocial en el Antropoceno. Bubok Publishing.

IPCC. (2023) Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115.

Kioupi, V. y Voulvoulis, N. (2019). Education for Sustainable Development: A Systemic Framework for Connecting the SDGs to Educational Outcomes. Sustainability, 11(21), 6104

Kopnina, H. (2020). Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals. The Journal of Environmental Education, 51(4), 280–291.

Meadows, D., J. Randers y D. Meadows. 2004. A Synopsis: Limits to Growth: The 30-Year Update. Chelsea Green Publishing Company.

Mulà , I., y Tilbury, D. (2023). Formación docente para la sostenibilidad: práctica actual y desafíos pendientes. Avances De Investigación En Educación Matemática, (23), 5–18.

Pegalajar-Palomino, M.C., Burgos-García, A. y Martínez-Valdivia, E. (2022). Educación para el Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social: Claves en la formación inicial del docente desde una revisión sistemática. Revista de Investigación Educativa, 40 (2), pp.421-437.

Pham Xuan, R., y Håkansson Lindqvist, M. (2025). Exploring Sustainable Development Goals and Curriculum Adoption: A Scoping Review from 2020–2025. Societies, 15(8), 212.

Raworth, K. (2017). A Doughnut for the Anthropocene: humanity's compass in the 21st century. The Lancet Planetary Health, 1(2): e48 - e49

Sauvé, L. i Asselin, H. (2017). Educar para la ecociudadanía: contra la instrumentalización de la escuela como antesala del «mercado del trabajo». Teoría de la Educación,29(1), 217-244.

Sterling, S. (2024). Learning and Sustainability in a Dangerous World. Newcastle: Agenda Publishing.

Tafese, M. B. y Kopp, E. (2025). Embedding Social Sustainability in Education: A Thematic Review of Practices and Trends Across Educational Pathways from a Global Perspective. Sustainability, 17(10), 4342. https://doi.org/10.3390/su17104342

United Nations. (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E

Watanabe, G.; Calafell,G. y Rodríguez, F. (2022). ¿Cómo incorporamos la complejidad en actividades de educación científica y ambiental?. Enseñanza de las Ciencias (2) pp.1-16. 10.5565/rev/ensciencias.3504.

Comprender el contagio: efectos de una intervención educativa sobre conocimiento, comportamiento preventivo y culpabilidad anticipada

Marta González Pulido[1], Jesús Gómez Ochoa de Alda[1], María Rocío Esteban Gallego[2] y José María Marcos Merino[1]

[1] Departamento de didáctica de las ciencias experimentales y las matemáticas, Universidad de Extremadura. España
[2] Departamento de didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales, Universidad de Salamanca. España

* Correspondencia: jmmarcos@unex.es

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de una intervención educativa sobre la comprensión de la transmisión de la COVID-19 y su relación con variables conductuales y emocionales en alumnado de educación primaria y secundaria. Participaron 316 estudiantes de 5º y 6º de Educación Primaria y de 1º a 4º de Educación Secundaria Obligatoria, distribuidos en grupo control (n = 113) y grupo experimental (n = 203). El conocimiento sobre la transmisión del virus se evaluó mediante un cuestionario aplicado antes y después de la intervención. Asimismo, se midieron el comportamiento proactivo relacionado con la prevención del contagio, el malestar emocional asociado a la pandemia y la culpabilidad anticipada por contagio. Los resultados mostraron que la intervención produjo mejoras significativas en el conocimiento sobre la transmisión del virus en comparación con el grupo control. Sin embargo, no se observaron cambios significativos en el comportamiento proactivo ni en las dimensiones generales de malestar emocional. En cambio, la intervención se asoció con una reducción de la culpabilidad anticipada por contagio, incluso tras controlar las diferencias iniciales entre estudiantes. En conjunto, los resultados sugieren que las intervenciones educativas sobre enfermedades infecciosas pueden mejorar la comprensión científica del alumnado y modular algunas interpretaciones emocionales del riesgo sanitario, aunque estos cambios no se traducen necesariamente en modificaciones inmediatas del comportamiento preventivo.

PALABRAS CLAVE: educación científica; COVID-19; transmisión de enfermedades infecciosas; comportamiento preventivo; culpabilidad anticipada

ABSTRACT: The aim of this study was to examine the effects of an educational intervention on students' understanding of COVID-19 transmission and its relationship with behavioral and emotional variables in primary and secondary education. The sample included 316 students from 5th and 6th grade of primary education and from 1st to 4th grade of secondary education, distributed into a control group (n = 113) and an experimental group (n = 203). Knowledge about virus transmission was assessed using a questionnaire administered before and after the intervention. Proactive behavior related to infection prevention, emotional distress associated with the pandemic, and anticipated guilt related to contagion were also measured. Results showed that the intervention produced significant improvements in knowledge about virus transmission compared with the control group. However, no significant changes were observed in proactive behavior or in the general dimensions of emotional distress. In contrast, the intervention was associated with a reduction in anticipated guilt related to contagion, even after controlling for initial differences between students. Overall, the findings suggest that educational interventions on infectious diseases can improve students' scientific understanding and influence some emotional interpretations of health risks, although these changes do not necessarily translate into immediate modifications of preventive behavior.

KEYWORDS: science education; COVID-19; infectious disease transmission; preventive behavior; anticipated guilt

INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 puso de manifiesto la importancia de que la población comprenda los mecanismos de transmisión de las enfermedades infecciosas para adoptar medidas preventivas eficaces. En este contexto, la educación científica desempeña un papel clave al proporcionar marcos conceptuales que permiten interpretar la información sobre riesgos sanitarios y fundamentar las decisiones individuales y colectivas relacionadas con la salud. Sin embargo, diversos estudios han mostrado que el aumento del conocimiento sobre riesgos sanitarios no siempre se traduce en cambios inmediatos en el comportamiento preventivo. La adopción de estas conductas depende también de factores psicológicos y sociales, como la percepción del riesgo, las normas sociales o determinadas respuestas emocionales asociadas a la enfermedad (Brewer et al., 2007; Slovic, 1987). En particular, la investigación sobre percepción del riesgo ha señalado que las respuestas ante amenazas sanitarias no se basan únicamente en evaluaciones racionales del peligro, sino también en dimensiones afectivas y sociales que influyen en la toma de decisiones (Slovic, 1987). En este sentido, las emociones morales, como la culpa anticipada ante la posibilidad de contagiar a otras personas, pueden desempeñar un papel relevante en la regulación del comportamiento prosocial (Baumeister et al., 1994; Tangney et al., 2007). Asimismo, investigaciones previas han mostrado que los propios instrumentos de evaluación pueden influir en el aprendizaje y en las conductas de los participantes, por lo que en los diseños pretest–postest resulta especialmente importante incluir grupos de control que permitan distinguir los efectos de la intervención de los posibles efectos derivados del proceso de evaluación (Karpicke & Roediger, 2008; Wood et al., 2016). En este contexto, el presente estudio analiza los efectos de una intervención educativa orientada a mejorar la comprensión de la transmisión del SARS-CoV-2 en alumnado de educación primaria y secundaria. Además de evaluar su impacto en el conocimiento conceptual, se exploran sus posibles efectos sobre el comportamiento proactivo relacionado con la prevención del contagio y sobre distintas respuestas emocionales asociadas a la pandemia.

METODOLOGÍA

Participantes, diseño y procedimiento

Participaron 316 estudiantes de 5º y 6º de Educación Primaria y de 1º a 4º de Educación Secundaria Obligatoria, distribuidos en grupo control y grupo experimental (Tabla 1). La participación fue voluntaria y se contó con la autorización de los tutores legales y de la dirección del centro. El estudio se realizó en marzo de 2021 de acuerdo con los principios éticos de la Declaración de Helsinki. Se utilizó un diseño cuasiexperimental con grupo control y medidas pretest–postest separadas por un intervalo aproximado de dos semanas. El conocimiento sobre la transmisión del SARS-CoV-2 se evaluó mediante un cuestionario administrado antes y después de la intervención educativa. El grupo experimental recibió una intervención orientada a explicar los mecanismos de transmisión del virus y sus implicaciones para la prevención del contagio, junto con una actividad práctica sobre la ubicuidad de los microorganismos (Autores, 2019 y 2026). El grupo control no recibió la intervención durante el periodo de estudio y la realizó posteriormente tras la administración del postest.

Tabla 1. Distribución de participantes por curso en los grupos control y experimental

	5º PRIMARIA	6º PRIMARIA	1º ESO	2º ESO	3º ESO	4º ESO	TOTAL
Control	17	16	15	23	19	23	113
Experimental	33	35	38	35	29	33	203

Además del conocimiento sobre la transmisión del virus, se evaluaron tres dimensiones psicológicas mediante escalas Likert de 1 a 10:

- Comportamiento proactivo (PROACT). Se evaluó mediante tres ítems que medían la frecuencia con la

que los estudiantes recordaban a otras personas seguir las normas frente a la COVID-19 o explicaban cómo protegerse del contagio.

- Malestar emocional. Los seis ítems emocionales se agruparon en dos subescalas: malestar por pérdida de la normalidad (MEPN), asociado a la preocupación o tristeza por los cambios en la vida cotidiana, y malestar vinculado al contagio y al entorno familiar (MECF), relacionado con el miedo a contagiar a familiares y la preocupación por la enfermedad.

- Culpabilidad anticipada por contagio (CAC). Se evaluó mediante tres ítems que medían el grado en que los participantes anticipaban sentirse culpables si su comportamiento pudiera provocar el contagio de otras personas.

En todos los casos se calculó un índice para cada variable promediando los ítems correspondientes.

Análisis estadístico

Dado que los datos no cumplían el supuesto de normalidad, las comparaciones entre el grupo control y el experimental se realizaron mediante el Mann–Whitney *U* test, estimándose el tamaño del efecto mediante la correlación *rank-biserial* (r_{rb}). Para evaluar si el aprendizaje difería de cero dentro de cada grupo se utilizó el Wilcoxon *signed-rank* test, reportándose igualmente el tamaño del efecto mediante (r_{rb}). Las asociaciones entre variables se analizaron mediante correlaciones de Spearman (ρ) y su tamaño del efecto mediante la transformación *z* de Fisher. Para analizar qué variables explicaban la variabilidad en la culpabilidad anticipada por contagio en el postest, se realizó una regresión lineal múltiple jerárquica (método enter). En el primer modelo se introdujeron el nivel educativo y el grupo experimental. En el segundo modelo se añadieron las variables medidas en el pretest (CAC, MEPN, MECF y PROACT). Se examinaron los coeficientes de regresión no estandarizados (*B*), los coeficientes estandarizados (β) y el cambio en el coeficiente de determinación (ΔR^2). Todos los análisis se realizaron con JASP.

RESULTADOS

Eficacia de la intervención

No se observaron diferencias significativas entre el grupo control y el experimental en la puntuación del pretest, ni en el análisis global (U = 10333, p = .96) ni por niveles educativos, lo que indica equivalencia inicial entre los grupos. La eficacia de la intervención se evaluó mediante la diferencia entre las puntuaciones postest y pretest (aprendizaje). Se observaron diferencias significativas en el aprendizaje entre el grupo control y el experimental tanto en el análisis global (U = 5040, p < .001, r_{rb} = .561) como en la mayoría de los niveles educativos (Figura 1), excepto en 1º de ESO (p = .073). Los tamaños del efecto fueron especialmente elevados en 5º de Educación Primaria (r_{rb} = .850) y 2º de ESO (r_{rb} = .706), lo que indica una mejora sustancial del conocimiento en el grupo experimental.

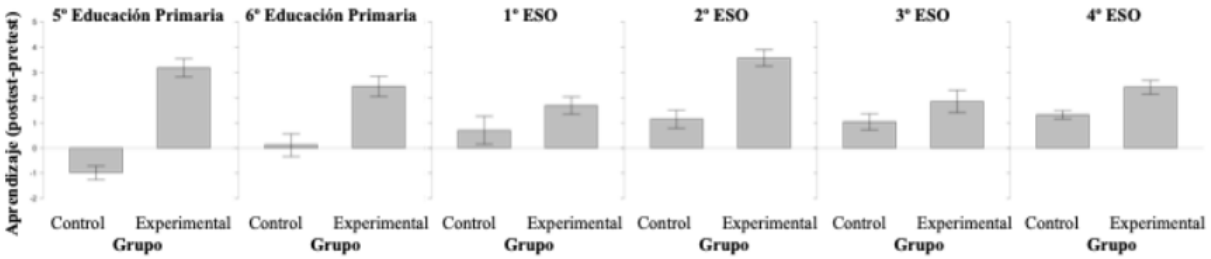


Figura 1. Aprendizaje en los grupos control y experimental por nivel educativo (media ± EE).

Análisis adicionales mediante regresión lineal mostraron un patrón consistente con estos resultados, indicando que la puntuación postest estuvo determinada principalmente por el conocimiento previo, la pertenencia al grupo experimental y el nivel educativo, mientras que las variables emocionales medidas en el pretest no mostraron efectos independientes.

Efecto del pretest

En el grupo control, el aprendizaje difirió significativamente de cero (Wilcoxon *signed-rank* test, $V = 3578$, $p < .001$, $r_{rb} = .417$), lo que sugiere un posible efecto formativo del pretest. Este efecto tendió a incrementarse con el nivel educativo (Figura 1). No obstante, no puede descartarse que parte del aprendizaje observado se deba a procesos de aprendizaje social entre el alumnado durante el intervalo entre el pretest y el postest.

Comportamiento proactivo (PROACT)

Los tres ítems mostraron consistencia interna adecuada ($\alpha = .72$ en el pretest; $\alpha = .81$ en el postest) y una estructura unidimensional. No se observaron diferencias significativas entre el grupo control y el experimental ni en el pretest ni en el postest, ni en el cambio entre ambas medidas (ΔPROACT), tanto en el análisis global como por nivel educativo.

Aunque en algunos cursos se observaron correlaciones entre el aprendizaje y el cambio en el comportamiento proactivo, estas asociaciones no mostraron un patrón consistente entre grupos y niveles educativos, por lo que deben interpretarse con cautela.

Malestar emocional

Malestar por pérdida de la normalidad (MEPN)

La escala mostró consistencia interna adecuada ($\alpha = .72$ en el pretest; $\alpha = .85$ en el postest). No se observaron diferencias significativas entre el grupo control y el experimental en el pretest ($U = 10315$, $p = .98$) ni en el cambio entre postest y pretest (ΔMEPN) en el análisis global ($U = 11566$, $p = .052$). El análisis por niveles educativos mostró un patrón diferencial en 1º de ESO, donde el malestar aumentó en el grupo control y disminuyó en el grupo experimental. En este nivel educativo se observaron diferencias significativas tanto en el postest ($U = 367$, $p = .007$ $r_{rb} = -.498$) como en el cambio en el malestar ΔMEPN ($U = 358$, $p = .012$, $r_{rb} = -.463$).

Malestar vinculado al contagio y al entorno familiar (MECF)

La escala mostró consistencia interna moderada ($\alpha = .54$ en el pretest; $\alpha = .64$ en el postest). No se observaron diferencias significativas entre grupos ni en el pretest ni en el cambio entre postest y pretest (ΔMECF) en el análisis global. El análisis por niveles educativos mostró diferencias en 1º de ESO, donde el malestar aumentó en el grupo control y disminuyó en el grupo experimental ($U = 345$, $p = .026$, $r_{rb} = -.410$). En 2º de ESO se observaron diferencias marginales ($U = 244$, $p = .050$, $r_{rb} = .317$), aunque el patrón fue inverso.

Culpabilidad anticipada por contagio (CAC)

Los tres ítems mostraron consistencia interna moderada ($\alpha = .68$ en el pretest; $\alpha = .70$ en el postest). No se observaron diferencias significativas entre los grupos control y experimental en el pretest ($U = 10723$, $p = .553$). Sin embargo, el cambio entre postest y pretest (ΔCAC) mostró diferencias significativas entre el grupo control y el experimental en el análisis global ($U = 10798$, $p = .012$, $r_{rb} = -.180$), indicando una reducción de la culpabilidad anticipada en el grupo experimental.

Para analizar qué variables explicaban la CAC postest se realizó una regresión lineal múltiple jerárquica. El modelo inicial, que incluía nivel educativo y grupo, no fue significativo. La incorporación de las variables psicológicas pretest produjo una mejora significativa del modelo ($\Delta R^2 = .452$, $p < .001$). El modelo final fue significativo ($R^2 = .480$, R^2 ajustado = .461, $F(10,272) = 25.09$, $p < .001$). En este modelo, la CAC pretest, el comportamiento proactivo pretest y la pertenencia al grupo experimental predijeron significativamente la CAC postest.

En conjunto, estos resultados indican que, aunque la culpabilidad anticipada presenta una fuerte estabilidad individual asociada a su nivel inicial, la intervención educativa se asoció con una reducción significativa de esta dimensión emocional.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la intervención educativa mejoró significativamente la comprensión del alumnado sobre la transmisión del SARS-CoV-2, pero no produjo cambios en el comportamiento proactivo relacionado con la prevención del contagio. Este patrón sugiere que el aumento del conocimiento científico no se traduce necesariamente en cambios conductuales inmediatos. La literatura sobre comportamiento en salud ha señalado que la adopción de conductas preventivas suele depender de múltiples factores adicionales, como la percepción del riesgo, las normas sociales o la autoeficacia (Brewer et al., 2007).

El aprendizaje observado en el grupo control puede interpretarse a la luz de los efectos asociados al propio proceso de evaluación. Diversos estudios han mostrado que la realización de pruebas no solo mide el aprendizaje, sino que también puede promoverlo al activar conocimientos previos y favorecer procesos de recuperación de la información, un fenómeno conocido como *testing effect* (Karpicke & Roediger, 2008). Además, responder preguntas relacionadas con determinadas conductas puede aumentar la probabilidad de prestar atención a la información relevante o de reflexionar sobre dichas conductas posteriormente, un fenómeno descrito como *question–behavior effect* (Albarracín et al., 2001; Wood et al., 2016). Desde esta perspectiva, la exposición inicial al pretest podría haber orientado la atención del alumnado hacia los contenidos evaluados y hacia las conductas asociadas a la prevención del contagio, facilitando una mejora posterior incluso en ausencia de la intervención educativa. Los resultados del presente estudio sugieren que este tipo de efecto puede manifestarse de manera consistente en el contexto de la educación, ya que la mejora del grupo control se observó en todos los cursos analizados.

En relación con las variables emocionales, la intervención no produjo cambios globales robustos en el malestar asociado a la pandemia. No obstante, en 1º de ESO se observó un patrón diferencial: mientras que en el grupo control el aumento del conocimiento se asoció con un incremento del malestar, en el grupo experimental este patrón no se observó. Este resultado sugiere que la exposición a información sobre riesgos sanitarios fuera de un marco educativo estructurado podría incrementar la incertidumbre del alumnado, mientras que una intervención que explique los mecanismos de transmisión del virus puede proporcionar un marco interpretativo que contribuya a modular la percepción del riesgo (Slovic, 1987; van der Linden, 2015).

El efecto más consistente de la intervención se observó en la dimensión de culpabilidad anticipada por contagio. Aunque esta variable mostró una fuerte estabilidad asociada a su nivel inicial, la pertenencia al grupo experimental predijo una reducción significativa de la culpabilidad anticipada incluso tras controlar las variables emocionales y conductuales pretest. Este resultado sugiere que una comprensión más precisa de los mecanismos de transmisión puede contribuir a ajustar la percepción de responsabilidad personal en la propagación de enfermedades infecciosas. Además, el comportamiento proactivo inicial se asoció positivamente con la culpabilidad anticipada postest, lo que es coherente con la literatura sobre emociones morales, que destaca el papel de la culpa anticipada como regulador del comportamiento prosocial (Baumeister et al., 1994; Tangney et al., 2007).

Finalmente, estos resultados deben interpretarse con cautela debido al número de comparaciones realizadas y a la consistencia interna moderada de algunas escalas emocionales. No obstante, en conjunto sugieren que las intervenciones educativas sobre enfermedades infecciosas pueden influir no solo en el conocimiento del alumnado, sino también en la forma en que interpretan su responsabilidad en situaciones de riesgo sanitario. Futuras investigaciones deberían explorar con mayor detalle los mecanismos psicológicos que median entre conocimiento científico, percepción del riesgo y comportamientos preventivos.

CONCLUSIONES

La intervención educativa analizada mejoró significativamente la comprensión del alumnado sobre los mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2. Sin embargo, este aumento del conocimiento no

se tradujo en cambios inmediatos en el comportamiento proactivo relacionado con la prevención del contagio, lo que sugiere que la adopción de conductas preventivas depende de múltiples factores psicológicos y sociales.

El efecto más consistente de la intervención se observó en la dimensión de culpabilidad anticipada por contagio, que se redujo significativamente en el grupo experimental incluso tras controlar las diferencias iniciales entre estudiantes. Este resultado sugiere que una comprensión más precisa de los mecanismos de transmisión puede contribuir a ajustar la percepción de responsabilidad personal en situaciones de riesgo sanitario.

En conjunto, los resultados indican que las intervenciones educativas sobre enfermedades infecciosas pueden mejorar la comprensión científica del alumnado y modular algunas interpretaciones emocionales del riesgo, aunque estos cambios no se traducen necesariamente en modificaciones inmediatas del comportamiento preventivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto GR21047.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albarracín, D., Johnson, B. T., Fishbein, M., & Muellerleile, P. A. (2001). Theories of reasoned action and planned behavior as models of condom use: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 127(1), 142–161. https://doi.org/10.1037/0033-2909.127.1.142

Baumeister, R. F., Stillwell, A. M., & Heatherton, T. F. (1994). Guilt: An interpersonal approach. *Psychological Bulletin*, 115(2), 243–267. https://doi.org/10.1037/0033-2909.115.2.243

Brewer, N. T., Chapman, G. B., Gibbons, F. X., Gerrard, M., McCaul, K. D., & Weinstein, N. D. (2007). Meta-analysis of the relationship between risk perception and health behavior: The example of vaccination. *Health Psychology*, 26(2), 136–145. https://doi.org/10.1037/0278-6133.26.2.136

Karpicke, J. D., & Roediger, H. L., III. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 319(5865), 966–968. https://doi.org/10.1126/science.1152408

Slovic, P. (1987). Perception of risk. *Science*, 236(4799), 280–285. https://doi.org/10.1126/science.3563507

Slovic, P., Peters, E., Finucane, M. L., & MacGregor, D. G. (2005). Affect, risk, and decision making. *Health Psychology*, 24(4, Suppl.), S35–S40. https://doi.org/10.1037/0278-6133.24.4.S35

Tangney, J. P., Stuewig, J., & Mashek, D. J. (2007). Moral emotions and moral behavior. *Annual Review of Psychology*, 58, 345–372. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070145

van der Linden, S. (2015). The social-psychological determinants of climate change risk perceptions: Towards a comprehensive model. *Journal of Environmental Psychology*, 41, 112–124. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.11.012

Wood, C., Conner, M., Miles, E., Sandberg, T., Taylor, N., Godin, G., & Sheeran, P. (2016). The Impact of Asking Intention or Self-Prediction Questions on Subsequent Behavior: A Meta-Analysis: A Meta-Analysis. *Personality and Social Psychology Review*, 20(3), 245-268. https://doi.org/10.1177/1088868315592334

¿Desde qué áreas enseñar sostenibilidad? Percepciones del profesorado de educación primaria sobre su integración curricular

Marta Gual Oliva [1], Paula López-Serentill [1], Leslie Mahe Collazo [1]

[1] Departamento de Didácticas Específicas, Universitat de Girona, España

*Correspondencia: marta.gual@udg.edu

RESUMEN:

La integración de la sostenibilidad en la educación primaria constituye un reto relevante para el profesorado, especialmente en relación con su articulación con las distintas áreas del currículo. En este estudio se analizan las percepciones de docentes de educación primaria sobre la enseñanza de la sostenibilidad y su relación con diferentes áreas curriculares, con especial atención al papel de las ciencias. El estudio se sitúa en el marco del proyecto GREENAMTH y se basa en el análisis de cuestionarios iniciales realizados a 11 docentes participantes. Los resultados muestran que el profesorado tiende a vincular la sostenibilidad con problemáticas ambientales y metodologías asociadas a la enseñanza de las ciencias, como la indagación o la experimentación. Asimismo, las ciencias aparecen como el área curricular percibida como más adecuada para abordar la sostenibilidad, mientras que otras áreas se perciben como más complejas para su integración. Estos resultados sugieren que la enseñanza de las ciencias puede desempeñar un papel articulador en la integración curricular de la sostenibilidad en otras áreas, aunque este potencial requiere enfoques interdisciplinarios y procesos de formación docente específicos.

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad; educación primaria; enseñanza de las ciencias, integración curricular; formación docente

ABSTRACT:

Embedding sustainability into primary education represents a significant challenge for teachers, particularly regarding its articulation across different areas of the curriculum. This study analyses primary school teachers' perceptions of sustainability education and its relationship with various curricular areas, with particular attention to the role of science. The study is situated within the framework of the GREENMATH project and is based on the analysis of initial questionnaires completed by 11 participating teachers. The results show that teachers tend to associate sustainability with environmental issues and with methodologies linked to science teaching, such as inquiry and experimentation. Furthermore, science emerges as the curricular area perceived as most suitable for addressing sustainability, while other areas are seen as more complex for its integration. These findings suggest that science education can play an articulating role in the curricular integration of sustainability across other subject areas; however, this potential requires interdisciplinary approaches and specific teacher training processes.

KEY WORDS: sustainability; primary education; science education; curriculum integration; teacher education

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la sostenibilidad se ha consolidado como un marco de referencia central para la educación, impulsado por iniciativas internacionales como la Agenda 2030 y por el creciente reconocimiento de la necesidad de formar a las nuevas generaciones para afrontar retos socioambientales complejos. En este contexto, la educación para la sostenibilidad ha adquirido una presencia creciente en los currículos escolares (López-Serentill, Alsina, Gual, y Pincheira, 2024), promoviendo enfoques

educativos orientados al desarrollo de competencias que permitan comprender, analizar y actuar ante problemáticas ambientales, sociales y económicas interrelacionadas (European Commission: European Education and Culture Executive Agency, 2024).

Tradicionalmente, muchas de las cuestiones asociadas a la sostenibilidad han sido abordadas en la escuela desde el ámbito de las ciencias, especialmente aquellas vinculadas a fenómenos ambientales, al uso de recursos naturales o al impacto de las actividades humanas sobre el entorno (Sauvé, 2010; Wals et al., 2014). Desde esta perspectiva, la enseñanza de las ciencias aparece como un espacio curricular particularmente relevante para trabajar problemáticas de sostenibilidad, tanto por los contenidos que aborda como por las metodologías que caracterizan la actividad científica escolar. Sin embargo, la complejidad de los retos socioambientales contemporáneos requiere también enfoques educativos de carácter interdisciplinar que integren dimensiones sociales, culturales o éticas.

En este escenario, las percepciones del profesorado desempeñan un papel clave en la forma en que la sostenibilidad se incorpora a la práctica educativa. Analizar cómo el profesorado conceptualiza la enseñanza de la sostenibilidad y cómo la relaciona con las diferentes áreas curriculares resulta, por tanto, una cuestión relevante para comprender las oportunidades y limitaciones de su integración en la escuela.

En este contexto, el objetivo de este estudio es analizar cómo el profesorado de educación primaria percibe la integración de la sostenibilidad en el currículo escolar en las distintas áreas, las temáticas que prioriza y las metodologías que asocian a su enseñanza.

MARCO TEÓRICO

Educación para la sostenibilidad y enseñanza de las ciencias

La educación ambiental y para la sostenibilidad se concibe como un enfoque educativo orientado a capacitar al alumnado para comprender la complejidad de los retos socioambientales contemporáneos y participar activamente en la construcción de sociedades más sostenibles. Este enfoque requiere que la implementación de la educación para la sostenibilidad en la escuela se aborda desde perspectivas integrales que trasciendan intervenciones puntuales o aisladas. En este sentido, el denominado *whole school approach* plantea que la sostenibilidad debe incorporarse de manera transversal en la organización escolar, combinando la gestión ambiental del centro, la colaboración con el entorno social y la integración de la sostenibilidad en el currículo (Gericke, 2022). Desde esta perspectiva, la escuela se concibe como un espacio de aprendizaje auténtico en el que el alumnado puede interactuar con problemáticas reales y complejas relacionadas con la sostenibilidad. Para dar respuesta operativa a este planteamiento, el actual marco europeo de competencias en sostenibilidad Greencomp (European Commission: Joint Research Centre, 2022) define doce competencias agrupadas en cuatro ámbitos que contemplan la dimensión de conocimiento, de los valores, de la acción y del pensamiento de futuro, dando respuesta a esta aproximación transversal y que interpela a toda la escuela.

Algunas investigaciones han destacado que, aunque la sostenibilidad suele percibirse como un ámbito cercano a las ciencias naturales, su carácter transversal abre posibilidades para incorporar otras perspectivas educativas. Por ejemplo, Niederhauser et al. (2024) señalan que enfoques pedagógicos que integran dimensiones estéticas o creativas pueden contribuir a cuestionar normas sociales establecidas y favorecer procesos educativos con potencial transformador. Esta perspectiva encaja con el uso generalizado de las denominadas metodologías activas para abordar los retos de la educación para la sostenibilidad, como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo cooperativo o la investigación de problemas socioambientales, orientadas a promover un aprendizaje participativo y crítico (Vare, 2018). No obstante, en la práctica escolar estas metodologías suelen implementarse de manera desigual y frecuentemente se vinculan a actividades consideradas accesibles o cercanas a la experiencia cotidiana del alumnado (Parry y Metzger, 2023). En muchos casos, el profesorado tiende a recurrir a estrategias pedagógicas alineadas con las tradiciones de su área disciplinar, lo que puede influir en la forma en que se conceptualiza y se aborda la sostenibilidad en el aula (Borg et al., 2012)there were 669 science teachers, 373 social science teachers, 483 language teachers, 713 vocational and esthetical?practical teachers,

and 739 teachers from other disciplines who participated in the survey.\n\nDesign and methods\n: The questionnaire consisted of questions requiring Likert-scale responses and multiple-choice questions. The data from the questionnaire were analyzed using Pearson?s Chi-square test and one-way ANOVA. The significance level accepted was $p < 0.05$.\n\nResults\n: Teachers were influenced by their own subject traditions. Science teachers in our study were grounded in the fact-based tradition and lectures were the most common teaching method used. The teaching tradition of the social science teachers seemed to be most in line to an ESD approach. Many language teachers (41%.

Prácticas docentes en enseñanza de las ciencias y sostenibilidad

La literatura ha puesto de relieve que las creencias y experiencias del profesorado influyen de manera significativa en la forma en que estos enfoques se trasladan a la práctica educativa (Fernández et al., 2005). En el ámbito de la sostenibilidad, aunque el profesorado reconoce la importancia de trabajar la sostenibilidad en la escuela, su implementación tiende a concentrarse en determinados temas y enfoques pedagógicos (Parry y Metzger, 2023), como por ejemplo la gestión de residuos, el ahorro de recursos o el uso de huertos escolares, así como experiencias educativas vinculadas al entorno natural, orientadas hacia la sensibilización o al cambio de hábitos.

De manera similar, Borg et al. (2012) muestran que la forma en que la sostenibilidad se integra en el aula depende en gran medida de la tradición disciplinar del profesorado. En muchos casos, los docentes tienden a abordar la sostenibilidad desde las perspectivas propias de su área de especialización, lo que puede limitar la incorporación de enfoques más amplios o interdisciplinares. Además, Parry y Metzger (2023) identifican obstáculos frecuentes para la implementación de la educación para la sostenibilidad, entre ellos la falta de formación específica, la escasez de recursos didácticos o las limitaciones derivadas de currículos sobrecargados.

En este contexto, analizar cómo el profesorado conceptualiza la sostenibilidad y cómo la relaciona con las diferentes áreas curriculares permite comprender mejor las condiciones que facilitan o dificultan su integración en la práctica educativa.

A partir de esta perspectiva, nos planteamos responder las siguientes preguntas:

P1. ¿Qué áreas del currículo percibe el profesorado como más adecuadas para abordar la sostenibilidad en educación primaria?

P2. ¿Qué temáticas de sostenibilidad prioriza el profesorado cuando las aborda en el aula?

P3. ¿Qué metodologías docentes prioriza el profesorado cuando aborda la sostenibilidad en el aula?

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en el proyecto GREENMATH: *Competencias de sostenibilidad desde la educación matemática: desarrollo profesional docente a través del co-diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje,* cuyo objetivo es analizar la integración de la sostenibilidad en el ámbito de la educación matemática a través de procesos de diseño colaborativo y reflexión sobre la práctica docente mediante la metodología Lesson Study. En la investigación participaron 11 docentes de educación primaria (10-12 años) de cinco centros educativos (cuatro en Cataluña y uno en el País Vasco). En cada centro se organizaron equipos de trabajo integrados por profesorado del propio centro y acompañados por especialistas en didáctica de las matemáticas y educación para la sostenibilidad. El proceso incluyó dos sesiones formativas iniciales sobre Lesson Study y educación para la sostenibilidad, seguidas de ciclos de trabajo que contemplaban el diseño conjunto de propuestas, su implementación en el aula y la reflexión colectiva sobre las experiencias desarrolladas.

En este estudio presentamos los resultados referidos a una parte del cuestionario inicial dirigido al profesorado participante donde exploramos a) las percepciones de los docentes acerca de cómo integrar la sostenibilidad en el diseño de situaciones de aprendizaje para el ciclo superior de educación primaria y b) qué relación se manifiesta con la enseñanza de las ciencias para aportar orientaciones de mejora para la formación continua e inicial docente. Se analizan para este estudio únicamente las respuestas

del cuestionario relacionadas con áreas curriculares, temáticas y metodologías asociadas a la enseñanza de la sostenibilidad. Las respuestas se analizaron mediante análisis de contenido temático (Cohen et al., 2017).

RESULTADOS

El análisis de la información permitió identificar el grado de dificultad por parte de los docentes a la hora de trabajar la sostenibilidad con las distintas materias del currículo e identificar las temáticas y metodologías más frecuentes usadas en el dicho contexto.

En la Tabla 1 se muestran los resultados en relación con la complejidad que los docentes perciben a la hora de abordar la sostenibilidad en el aula a partir de las distintas materias del currículo:

Tabla 1. ¿Qué tan complejo es trabajar la sostenibilidad con otras áreas curriculares en educación primaria? (Frecuencia relativa de docentes)

	MUY DIFÍCIL			MUY FÁCIL
Conocimiento del Medio	9 %	9 %	**36 %**	**45 %**
Lengua castellana y literatura	18 %	9 %	**27 %**	**45 %**
Lengua catalana y literatura	18 %	9 %	**27 %**	**45 %**
Matemáticas	18 %	45 %	18 %	18 %
Educación Artística	9 %	27 %	36 %	27 %
Educación Física	**55 %**	**36 %**	9 %	0 %
Lengua extranjera	**36 %**	**27 %**	18 %	18 %

El área de conocimiento del medio natural, social y cultural (así como las lenguas castellana y catalana) se muestran como las materias del currículo con las que la mayoría de docentes consideran que les sería más fácil integrar la sostenibilidad, en base a sus conocimientos. En el otro extremo encontramos la educación física o la lengua extranjera como las materias del currículo con las que más docentes consideran que tendrían mayor dificultad para trabajar contenidos vinculados a la sostenibilidad. En un punto intermedio, encontramos la educación artística y las matemáticas como materias con las que consideran que les resultaría medianamente complejo integrar contenidos de sostenibilidad.

Estos resultados reflejan distintos niveles de oportunidad de las materias del currículo a la hora de abordar la educación para la sostenibilidad en el aula, considerando una preferencia clara para las áreas de ciencias y lengua. Esta diversidad de oportunidades también se aprecia cuando preguntamos a los docentes por las temáticas en las que suelen abordar la sostenibilidad en el aula (ver Tabla 2).

Tabla 2. ¿Qué temáticas eligen los y las docentes para abordar la sostenibilidad en el aula de educación primaria? (Frecuencia relativa de respuestas)

TEMA	FRECUENCIA DE RESPUESTAS	EJEMPLOS MENCIONADOS
Gestión de residuos	26%	Reciclaje, reutilización, reducción de residuos, compostaje
Problemas ambientales y cambio climático	21%	Contaminación, capa de ozono, cambio climático, emergencia climática
Energía y recursos naturales	16%	Eficiencia energética, consumo de energía sostenible, recursos hídricos
Conciencia ecológica, valores y pensamiento crítico	16%	Conciencia ecológica, espíritu crítico, bienestar emocional
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	11%	ODS, Agenda 2030
Consumo y estilos de vida	5%	Alimentación, consumo, materiales
Enfoque curricular interdisciplinar	5%	Trabajo desde diferentes áreas (lenguas, matemáticas, medio, valores, artística)

Los temas claramente predominantes son la gestión de residuos (reciclaje, reducción, reutilización); los problemas ambientales y el cambio climático; y finalmente, la energía y el uso de recursos, mientras que otros aspectos como el consumo responsable aparece con menor frecuencia.

Si bien las respuestas reflejan cierta diversidad de temáticas, existe un predominio que corresponden a ámbitos de gestión de infraestructuras y/o recursos, lo cual deja espacio para abordar otros ámbitos como el de la participación, la comunicación o la relación con la comunidad.

Finalmente, en cuanto a las metodologías docentes más comúnmente utilizadas para trabajar la sostenibilidad los docentes mencionan el aprendizaje basado en proyectos o situaciones de aprendizaje (22%); el aprendizaje cooperativo o trabajo en grupo (22%); y metodologías experimentales y de investigación como el trabajo de campo o método científico (17%). Con menor frecuencia identificamos estrategias vinculadas al aprendizaje contextualizado en el entorno (9%), el trabajo en red y colaboración institucional (9%) o aprendizaje basado en problemas (9%). Finalmente, los docentes también mencionan el uso de TIC (4%), el uso de los ODS como guía (4%) o la percepción de falta de herramientas metodológicas (4%).

En conjunto, los resultados evidencian una tendencia a asociar la enseñanza de la sostenibilidad con áreas, contenidos y metodologías que presentan una clara proximidad con enfoques tradicionalmente vinculados a las ciencias.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permiten comprender cómo el profesorado de educación primaria conceptualiza la enseñanza de la sostenibilidad y cómo la vincula con las distintas áreas curriculares, identificando tanto oportunidades como limitaciones para su integración en la escuela.

En cuanto a las oportunidades, el profesorado sitúa el área de conocimiento del medio natural, social y cultural como el espacio más adecuado para abordar la sostenibilidad, lo que posiciona a las ciencias como una disciplina de referencia para el tratamiento de problemáticas socioambientales. Esta centralidad se ve reforzada por la asociación de la sostenibilidad con metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, la experimentación o el análisis de fenómenos del entorno, enfoques característicos de la enseñanza de las ciencias. Asimismo, el hecho de que estas metodologías permiten trabajar de forma interdisciplinar de forma natural abre la posibilidad de utilizarlas como espacios de convergencia para promover enfoques interdisciplinares. En este sentido, la enseñanza de las ciencias puede actuar como punto de partida para articular la integración curricular de la sostenibilidad en otras áreas.

No obstante, los resultados también evidencian diversas limitaciones. En primer lugar, la sostenibilidad se conceptualiza mayoritariamente desde una perspectiva ambiental, centrada en problemáticas como la gestión de residuos, el cambio climático o el uso de recursos naturales, en línea con investigaciones previas (Parry y Metzger, 2023; Borg et al., 2012). Esta visión puede restringir la comprensión de la sostenibilidad como fenómeno complejo y multidimensional. En segundo lugar, la fuerte asociación entre sostenibilidad y ciencias puede contribuir a una cierta delegación disciplinar, dificultando su integración desde otras áreas curriculares, que son percibidas como más complejas para su desarrollo. Esta percepción refleja una visión compartimentada del currículo y pone de manifiesto la necesidad de avanzar hacia enfoques más interdisciplinares. Finalmente, estos resultados subrayan la importancia de fortalecer la formación inicial y continua del profesorado en educación para la sostenibilidad, con el fin de ampliar las formas de conceptualizarla y de facilitar su integración desde diferentes áreas del currículo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto *Competencias de sostenibilidad desde la educación matemática: desarrollo profesional docente a través del co-diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje* (GREEN-MATH), financiado por la Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Ciencia, Investigación y Universidades del Gobierno de España, referencia del proyecto PID2023-

150962OB-I00, y se ha realizado dentro del grupo de investigación GRECA (Grup de Recerca en Educació Científica y Ambiental - 2021 SGR 00767) de la Universitat de Girona.

REFERENCIAS

Borg, C., Gericke, N., Höglund, H.-O., y Bergman, E. (2012). The barriers encountered by teachers implementing education for sustainable development: Discipline bound differences and teaching traditions. *Research in Science y Technological Education*, *30*(2), 185-207. https://doi.org/10.1080/02635143.2012.699891

Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2017). Research Methods in Education. En 8th (Ed.), *Education* (Número 4). Routledge. https://doi.org/10.1111/j.1467-8527.2007.00388_4.x

European Commission: European Education and Culture Executive Agency. (2024). *Learning for sustainability in Europe – Building competences and supporting teachers and schools – Eurydice report*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2797/81397

European Commission: Joint Research Centre. (2022). *GreenComp, El marco europeo de competencias sobre sostenibilidad*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/094757

Fernández, I., Pérez, D., Valdés, P., y Vilches, A. (2005). *¿Qué visiones de la ciencia y de la actividad científica tenemos y transmitimos?* (pp. 29-62). En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años.* Santiago: OREALC/ UNESCO.

Gericke, N. (2022). Implementation of Education for Sustainable Development Through a Whole School Approach. En G. Karaarslan-Semiz (Ed.), *Education for Sustainable Development in Primary and Secondary Schools: Pedagogical and Practical Approaches for Teachers* (pp. 153-166). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09112-4_11

López-Serentill, P., Alsina, A., Gual, M., & Pincheira, N. (2024). Integrating Sustainabili-ty in Mathematics Education: An Approach to the Spanish Primary Curriculum. *Journal of Sustainability Research*, 6, e240058. https://doi.org/10.20900/jsr20240058

Niederhauser, J., Vez, C., Jörg, A., Bertschy, F., Künzli David, C., y Pfründer, G. (2024). The power of artistic practices in ESD. *Environmental Education Research*, *30*(4), 580-590. https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2227362

Parry, S., y Metzger, E. (2023). Barriers to learning for sustainability: A teacher perspective. *Sustainable Earth Reviews*, *6*(1), 2. https://doi.org/10.1186/s42055-022-00050-3

Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: Un cruce fecundo. *Enseñanza de las ciencias*, *28*(1), 5-18.

Vare, P. (2018). A Rounder Sense of Purpose: Developing and assessing competences for educators of sustainable development. *Form@re - Open Journal per la formazione in rete*, *18*(2), 164-173. https://doi.org/10.13128/formare-23712

Wals, A. E. J., Brody, M., Dillon, J., y Stevenson, R. B. (2014). Convergence Between Science and Environmental Education. *Science*, *344*(6184), 583-584. https://doi.org/10.1126/science.1250515

Educación para el cambio climático en secundaria: análisis cualitativo de prácticas docentes y prioridades didácticas

Guimerà-Ballesta, Gerard[1]*; Calafell-Subirà*[1]*, Genina; Jiménez-Valverde, Gregorio*[1]

[1]Universitat de Barcelona; gerard.guimera@ub.edu

RESUMEN: Este estudio analiza cómo el profesorado de educación secundaria diseña e implementa propuestas de educación para el cambio climático (ECC), con el objetivo de comprender cómo se traduce este enfoque en la práctica docente. Se adopta un enfoque cualitativo de orientación interpretativa y socio-crítica, basado en el análisis de un seminario con cuatro docentes. El dispositivo de recogida de datos combinó la presentación de prácticas significativas y un ejercicio de priorización de dimensiones didácticas. El análisis se realizó mediante codificación inductiva y comparación constante, complementado con una lectura visual-discursiva de la matriz de priorización. Los resultados muestran que la ECC se articula a través de problemas concretos y situados, más que como un bloque aislado de contenidos. A pesar de la diversidad de propuestas, emerge un núcleo didáctico compartido basado en la contextualización, la visibilización de impactos, la indagación y la orientación hacia la acción. Asimismo, se identifican diferencias relevantes en la forma de abordar dimensiones como la ciudadanía o la evaluación, así como distintos perfiles docentes que reflejan aproximaciones complementarias a la ECC. Se concluye que la ECC implica una transformación de las prácticas de enseñanza, y que el análisis de las decisiones didácticas del profesorado resulta clave para comprender sus potencialidades y tensiones en el aula.

PALABRAS CLAVE: educación para el cambio climático; educación secundaria; prácticas docentes; ciudadanía climática.

ABSTRACT: This study examines how secondary school teachers design and implement climate change education (CCE), aiming to understand how this approach is translated into classroom practice. A qualitative, interpretative, and socio-critical approach was adopted, based on the analysis of a seminar involving four teachers. The data collection design combined the presentation of teaching practices and a prioritization exercise of key didactic dimensions. Data were analysed through inductive coding and constant comparison, complemented by a visual-discursive analysis of the prioritization matrix. The results show that CCE is not approached as an isolated content block, but rather through concrete and situated problems. Despite the diversity of practices, a shared didactic core emerges, based on contextualization, making impacts visible, inquiry processes, and orientation towards action. Differences are also identified in how dimensions such as citizenship and assessment are addressed, as well as distinct teaching profiles that reflect complementary approaches to CCE. The study concludes that climate change education entails a transformation of teaching practices, and that analysing teachers' didactic decisions is key to understanding both its potential and its tensions in classroom contexts.

KEYWORDS: climate change education; secondary education; teaching practices; climate citizenship

INTRODUCCIÓN

La educación para el cambio climático (ECC) en la etapa secundaria se enfrenta al desafío de trascender la mera alfabetización científica y la transmisión pasiva de contenidos disciplinares. Existe un creciente reconocimiento de que la enseñanza de esta temática exige ir más allá de la comprensión de causas y consecuencias físicas, requiriendo el fomento de competencias socioemocionales y conductuales orientadas a la agencia y la acción (Reimers, 2021). En este escenario, la práctica docente navega con frecuencia una tensión fundamental: el equilibrio entre impartir conocimientos científicos objetivos y la necesidad pedagógica de promover posicionamientos éticos, valores y cambios estructurales o de

estilo de vida en el alumnado. Esta complejidad demanda estrategias didácticas que logren vincular el rigor académico con el desarrollo de una ciudadanía activa y consciente.

Para reducir la distancia psicológica que a menudo genera la crisis climática en los adolescentes, resulta crucial utilizar lo cotidiano y lo local como puertas de entrada al aprendizaje (Bolstad, 2020). El diseño de propuestas didácticas efectivas tiende a anclarse en problemas concretos y cercanos al entorno del alumnado, contextualizando los fenómenos globales para visibilizar sus impactos reales a escala comunitaria (Abdullahi et al., 2025). A este reto se suma la dificultad añadida de que los currículos tradicionales suelen fragmentar el estudio del cambio climático repartiéndolo en distintas asignaturas, una aproximación que a menudo resulta ineficaz y dificulta su enseñanza como un cuerpo de conocimiento coherente e integrado si no existe una estrecha colaboración interdisciplinar por parte del profesorado (Eilam et al., 2020; Guimerà et al., 2025).

Abordar la ECC a través de la indagación sobre el propio contexto permite a los estudiantes comprender la interconexión de los sistemas y reconocer que los escenarios climáticos futuros no son del todo inevitables, sino dimensiones sobre las cuales pueden ejercer influencia directa (Kundariati et al., 2025). En esta misma línea, la verdadera alfabetización climática requiere poner el foco pedagógico en la indagación y el trabajo riguroso con evidencias empíricas (Brumann y Schulz, 2022). El fomento del pensamiento crítico y la alfabetización mediática resultan indispensables en las aulas de secundaria, donde los docentes deben equipar a los estudiantes con herramientas para evaluar fuentes, cuestionar narrativas mediáticas y, en muchos casos, hacer frente a la desinformación o el escepticismo imperante. De esta manera, el abordaje didáctico no solo esclarece las bases del fenómeno, sino que dota al alumnado de la capacidad de discernir y de tomar decisiones fundamentadas (Rhodes, 2021).

El diseño de estas propuestas didácticas refleja diferentes formas de entender e implementar la ECC por parte del profesorado. Mientras algunos enfoques se centran primordialmente en acciones de mitigación a nivel individual o de consumo, la integración explícita de la dimensión de ciudadanía invita a explorar respuestas de carácter colectivo y sistémico (Bolstad, 2020). Una fuerte orientación a la acción transforma a los estudiantes de receptores pasivos a agentes de cambio, vinculando el currículo escolar con la participación democrática (Levrini et al., 2021; Rhodes, 2021). Sin embargo, la manera en que el profesorado articula estos elementos varía significativamente en la práctica, dependiendo de sus propios marcos epistemológicos, la cultura del centro educativo y los recursos a su disposición (Reimers, 2021).

Por todo ello, resulta fundamental analizar las prácticas docentes y las decisiones didácticas que el profesorado toma en su día a día para entender cómo se concreta realmente la ECC en el aula. Explorar cómo los educadores interpretan el currículo, qué metodologías priorizan y cómo resuelven las tensiones inherentes al tema, nos permite arrojar luz sobre la verdadera traducción de la teoría a la práctica. Solo al poner el foco en esta labor de mediación pedagógica y diseño didáctico es posible identificar las barreras, las innovaciones y las formas divergentes en que la escuela secundaria está preparando a las nuevas generaciones para comprender y dar respuesta a la crisis climática (Reimers, 2021).

METODOLOGÍA

El presente estudio se inscribe en un enfoque cualitativo de orientación interpretativa y socio-crítica, con el objetivo de analizar cómo el profesorado de educación secundaria conceptualiza y diseña propuestas de ECC. El diseño se basa en el análisis de un seminario con docentes, concebido no solo como espacio de discusión, sino como dispositivo de producción de datos que permite acceder tanto a las prácticas como a los criterios que las sustentan.

PARTICIPANTES Y CONTEXTO

El estudio se desarrolló en el marco de un seminario realizado el 20 de febrero de 2026, con una duración de 67 minutos. Participaron cuatro docentes de educación secundaria (P1–P4), cuyas intervenciones constituyen el núcleo del análisis. Dos investigadores/as (I1–I2) actuaron como facilitadores del dispositivo, guiando la consigna y estructurando las fases de trabajo.

DISPOSITIVO DE PRODUCCIÓN DE DATOS

El seminario se estructuró en dos momentos complementarios. En una primera parte, cada docente presentó una práctica que consideraba significativa para trabajar el cambio climático en el aula, apoyándose en una imagen y cinco palabras clave. Este primer momento permitió acceder a las estrategias didácticas, los temas de entrada, los recursos utilizados y las finalidades educativas de cada propuesta.

En una segunda parte, se planteó un ejercicio de priorización forzada, en el que cada participante distribuyó 20 puntos entre seis ámbitos didácticos: contextualización, contenidos, enfoque didáctico/pedagógico, gestión y organización del aula, evaluación y contribución a la ciudadanía democrática y global. Este segundo momento permitió hacer explícitos criterios de diseño que habitualmente permanecen implícitos en la práctica docente. La recogida de datos incluyó tanto la distribución numérica de los puntos como las justificaciones orales asociadas.

El corpus analizado está formado por la transcripción íntegra del seminario, las justificaciones verbales de los participantes y una imagen final de la matriz de priorización.

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

El análisis se desarrolló mediante una estrategia cualitativa híbrida, combinando codificación inductiva y lectura interpretativa. En una primera fase, la transcripción fue segmentada en unidades de sentido organizadas por participante y por momento del seminario. En una segunda fase, se realizó una codificación abierta de las intervenciones de la primera parte, identificando elementos como temas de contextualización, estrategias didácticas, uso de evidencias, productos de aprendizaje y referencias a acción, ciudadanía o evaluación.

Posteriormente, estos códigos iniciales se agruparon en categorías emergentes mediante un proceso de comparación constante entre casos. Paralelamente, la segunda parte del seminario fue analizada como una matriz visual-discursiva, reconstruyendo la distribución de puntos por participante e interpretándola a la luz de las justificaciones verbales.

Finalmente, se realizó una lectura transversal orientada a identificar consonancias, divergencias y posibles perfiles docentes, así como a construir un sistema provisional de categorías analíticas.

Alcance y criterios de interpretación

El análisis no persigue representatividad estadística ni saturación teórica, sino la elaboración de una matriz interpretativa densa y útil para la investigación educativa. En este sentido, las categorías y perfiles propuestos se entienden como construcciones analíticas provisionales, situadas en el contexto del seminario y abiertas a validación en futuras fases del proyecto.

RESULTADOS

El análisis del seminario permite identificar tanto un núcleo compartido de decisiones didácticas como formas diferenciadas de abordar la ECC en secundaria.

En relación con las estrategias propuestas, las cuatro prácticas analizadas muestran que el cambio climático no se trabaja como un bloque aislado de contenidos, sino a través de problemas concretos y situados que actúan como mediaciones didácticas. Estas mediaciones adoptan formas diversas: el consumo textil y el residuo (P1), los sistemas alimentarios y sus huellas ecológicas (P2), la procedencia de materiales en el entorno construido (P3) o la desinformación climática (P4). A pesar de esta diversidad, las propuestas comparten una lógica común basada en situar un problema cercano, hacerlo legible en términos climáticos, promover algún tipo de indagación y abrir una salida hacia la acción o la toma de posición.

Este núcleo común se concreta en varias consonancias entre docentes. En primer lugar, todas las propuestas parten de situaciones reconocibles para el alumnado y buscan visibilizar impactos climáticos

que suelen permanecer ocultos (huellas, trayectorias de materiales, falsedad de ciertos discursos). En segundo lugar, en distinto grado, incorporan procesos de búsqueda, contraste o uso de evidencias, alejándose de un enfoque exclusivamente transmisivo. En tercer lugar, tienden a proyectar el aprendizaje más allá del aula, mediante productos, campañas o interacciones con otros agentes. Finalmente, todas orientan, con distinta intensidad, hacia criterios de acción o revisión de hábitos.

Junto a este núcleo compartido, emergen diferencias relevantes. Estas se manifiestan, por un lado, en el tipo de mediación utilizada (consumo, territorio, evidencia, justicia) y, por otro, en el grado de explicitación de dimensiones como la ciudadanía o la evaluación. Mientras algunas propuestas integran de forma explícita la ciudadanía y la justicia climática, otras las consideran implícitas en la propia actividad. Asimismo, el peso otorgado a la evaluación varía entre entenderla como acompañamiento del proceso o situarla en un plano más secundario.

La segunda parte del seminario, centrada en la priorización de ámbitos didácticos, refuerza y matiza estos resultados. A nivel agregado, los contenidos aparecen como la dimensión más valorada, seguidos de la contextualización y la ciudadanía, aunque esta última muestra una fuerte polarización entre participantes. El enfoque didáctico y la evaluación ocupan posiciones intermedias, mientras que la gestión y organización del aula se sitúa en un plano más instrumental.

El análisis conjunto de ambas partes permite identificar perfiles docentes tentativos, no como categorías cerradas sino como posicionamientos didácticos dominantes: un enfoque eco-social aplicado y comunitario, uno curricular-comunicativo orientado al consumo, uno territorial-material centrado en el entorno y uno crítico-epistémico orientado a la justicia y la argumentación basada en evidencias. Estos perfiles no son excluyentes, sino que configuran un mapa de aproximaciones posibles a la ECC.

En síntesis, los resultados muestran que la ECC, tal como la plantean los docentes analizados, se articula en torno a una problematización situada, pero se diversifica en función de las prioridades didácticas, especialmente en relación con la ciudadanía, la evaluación y el tipo de mediación utilizada.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio permiten profundizar en cómo se concreta la ECC en la práctica docente, aportando evidencias empíricas que dialogan directamente con la bibliografía. En primer lugar, se confirma la relevancia de utilizar lo cotidiano y lo local como punto de partida (Kundariati et al., 2025), pero con un matiz significativo: más que una estrategia didáctica entre otras, la contextualización aparece como una condición de posibilidad para la enseñanza del cambio climático en secundaria. Las prácticas analizadas muestran que este fenómeno rara vez se aborda como un contenido aislado, sino que se vuelve enseñable cuando se encarna en mediaciones concretas —como el consumo, la alimentación, el territorio o los discursos sociales— que permiten al alumnado reconocer su relevancia.

En este sentido, más allá de la diversidad de propuestas, emerge un núcleo didáctico compartido que articula las prácticas docentes: situar un problema cercano, hacer visible su impacto climático, promover procesos de indagación y orientar el aprendizaje hacia la acción o la toma de posición (Levrini et al., 2021). Este hallazgo refuerza la idea de que la ECC no se define tanto por metodologías específicas como por una lógica de problematización situada, en la que el conocimiento, la investigación y la acción se encuentran estrechamente vinculados.

Sin embargo, los resultados también evidencian que esta articulación no está exenta de tensiones. La práctica docente se sitúa en un equilibrio complejo entre la transmisión de conocimientos y la promoción de cambios en el alumnado (Reimers, 2021). Lejos de resolverse, esta tensión se reconfigura en las distintas propuestas analizadas. Aunque los contenidos continúan ocupando un lugar central en la priorización docente, emergen con fuerza dimensiones como la acción, la evaluación formativa o la ciudadanía, lo que sugiere que el conocimiento, por sí solo, no se percibe como suficiente para abordar la ECC.

En particular, la dimensión de la ciudadanía climática se revela como uno de los elementos más discutidos. Más que una ausencia, lo que muestran los resultados es una diversidad de interpretaciones

sobre su papel en la práctica educativa. Mientras algunos docentes la sitúan en el centro de la propuesta, vinculándola a la justicia climática y a la acción colectiva, otros la consideran implícita en cualquier proceso educativo o subordinada a otras dimensiones como los contenidos o la contextualización. Esta falta de consenso pone de manifiesto la necesidad de seguir profundizando en la conceptualización didáctica de la ciudadanía en el marco de la ECC (Bolstad, 2020).

Asimismo, aunque se subraya la importancia de la indagación y el trabajo con evidencias, los resultados muestran que su implementación es desigual. Si bien todas las propuestas incorporan en algún grado el uso de datos, la comparación de información o la argumentación, solo en algunos casos estas prácticas adquieren un papel central vinculado a la alfabetización crítica y a la confrontación de la desinformación. Esto sugiere que el desarrollo del pensamiento crítico, especialmente en relación con los discursos climáticos, constituye todavía un ámbito en construcción dentro de la práctica docente (Brumann et al., 2022).

Finalmente, la identificación de perfiles docentes tentativos permite visibilizar que la ECC no responde a un único modelo didáctico, sino que se organiza a partir de diferentes núcleos de sentido —consumo, territorio, evidencia, justicia— que orientan el diseño de las propuestas. Lejos de entenderse como enfoques excluyentes, estos perfiles configuran un mapa de aproximaciones complementarias, cuyo potencial reside precisamente en su articulación.

CONCLUSIONES

Este estudio muestra que la ECC en secundaria, tal como la concibe el profesorado participante, no se articula como una mera transmisión de contenidos, sino como una práctica de problematización situada que conecta fenómenos globales con realidades próximas y significativas para el alumnado. A pesar de la diversidad de enfoques, emerge un núcleo didáctico compartido basado en contextualizar, hacer visibles los impactos, promover la indagación y orientar hacia la acción, lo que evidencia un desplazamiento hacia formas de enseñanza más activas y conectadas con la vida cotidiana. Sin embargo, persisten tensiones relevantes, especialmente en la articulación entre conocimiento y transformación, así como en la conceptualización y el papel de la ciudadanía climática, que aparece como una dimensión clave pero no consensuada. En conjunto, los resultados subrayan la necesidad de avanzar en marcos didácticos que integren de manera coherente contenidos, acción y justicia, y confirman el valor de analizar la práctica docente para comprender cómo se concreta realmente la ECC en el aula.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdullahi, N. J. K., Okafor, I. P., & Bello, M. B. (2025). Educational management strategies to mitigate climate change issues. *Malaysian Online Journal of Educational Technology, 13*(4), 88–103. https://doi.org/10.52380/mojet.2025.13.4.583

Bolstad, R. (2020). Climate change and sustainability in secondary schools: Findings from a 2020 survey of English-medium secondary and composite schools. *New Zealand Council for Educational Research*. https://doi.org/10.18296/rep.0010

Brumann, S., Ohl, U., & Schulz, J. (2022). Inquiry-based learning on climate change in upper secondary education: A design-based approach. *Sustainability, 14*(6), 3544. https://doi.org/10.3390/su14063544

Eilam, E., Prasad, V., & Widdop Quinton, H. (2020). Climate change education: Mapping the nature of climate change, the content knowledge and examination of enactment in upper secondary Victorian curriculum. *Sustainability, 12*(2), 591. https://doi.org/10.3390/su12020591

Guimerà-Ballesta, G., Calafell-Subirà, G., Jiménez-Valverde, G., & Esparza-Pagès, M. (2025). Climate change education in secondary schools: Gaps, challenges and transformative pathways. *Encyclopedia, 6*, 00008 https://doi.org/10.3390/encyclopedia6010008

Kundariati, M., Ibrohim, I., Rohman, F., & Nida, S. (2025). Navigating climate change education: A problem-oriented project-based learning in secondary schools. *Science Activities, 62*(2), 156–170. https://doi.org/10.1080/00368121.2025.2463653

Levrini, O., Tasquier, G., Barelli, E., Laherto, A., Palmgren, E., Branchetti, L., & Wilson, C. (2021). Recognition

and operationalization of Future-Scaffolding Skills: Results from an empirical study of a teaching-learning module on climate change and futures thinking. *Science Education, 105*, 281–308. https://doi.org/10.1002/sce.21612 .

Reimers, F. M. (2021). The role of universities building an ecosystem of climate change education. En F. M. Reimers (Ed.), *Education and climate change: International explorations in outdoor and environmental education* (pp. 1–44). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57927-2_1

Rhodes, D., & Wang, M. (2021). Learn to lead: Developing curricula that foster climate change leaders. En F. M. Reimers (Ed.), *Education and climate change: International explorations in outdoor and environmental education* (pp. 45–83). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57927-2_2

Una propuesta de progresión sobre la noción de circularidad para abordar la alimentación sostenible

Lidia López Lozano[1], Fátima Rodríguez-Marín[2], Marta Dormido Delgado[3], María Puig Rodríguez[4], J. Eduardo García Díaz[5]

[1, 2, 3, 4, 5] Departamento de Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España
* Correspondencia: lidialopez@us.es

RESUMEN: Una de las dimensiones que conforma la alfabetización ambiental es la de conocimientos y habilidades. Centrándonos en los conocimientos, hemos seleccionado como concepto clave la circularidad para trabajar el tópico de la alimentación sostenible (ecológica y justa) en niveles educativos preuniversitarios desde una perspectiva decrecentista y resiliente. Presentamos la conceptualización del término desde dichas perspectivas y una propuesta de progresión en cuatro niveles de formulación como herramienta didáctica e investigativa que nos guíe tanto en el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje como en el análisis del proceso formativo en el aula.

PALABRAS CLAVE: alfabetización ambiental; alimentación sostenible; circularidad; progresiones de aprendizaje; enseñanza preuniversitaria.

ABSTRACT: One of the dimensions that constitutes environmental literacy is knowledge and skills. Focusing on knowledge, we have selected circularity as a key concept to address the topic of sustainable food (ecological and equitable) at pre-university educational levels from a degrowth and resilience perspective. We present a conceptualization of the term from these perspectives, as well as a proposed progression across four levels of formulation as a didactic and research tool to guide both the design of teaching–learning sequences and the analysis of the educational process.

KEYWORDS: Environmental Literacy; Sustainable food; circularity; learning progressions; preuniversity education

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación (ALFAM IPS) en el que abordamos la Alfabetización Ambiental (ALFAM) a partir del análisis de una problemática socioambiental concreta: cómo garantizar una alimentación ecológica y justa desde una perspectiva decrecentista y resiliente. Como punto de partida, nos proponemos la elaboración de una progresión de aprendizaje de las tres dimensiones de ALFAM sobre el tópico de la alimentación que nos ayude a diseñar secuencias de enseñanza y aprendizaje en las etapas educativas preuniversitarias (desde Infantil a Secundaria), así como analizar las progresiones del aprendizaje del alumnado. En este trabajo nos centramos en la dimensión de Conocimientos y Habilidades ya que constituye una base fundamental para comprender la problemática que abordamos y para articularla, posteriormente, con el resto. Como concepto central seleccionamos la circularidad ya que permite interpretar dicha problemática desde una perspectiva sistémica, superando visiones lineales de la producción, el consumo y la gestión de residuos y, vinculando procesos ecológicos y sociales. Además, fruto del proyecto anterior (Rivero et al., 2024), que orientan el actual, advertimos que se pueden adquirir conocimientos clave vinculados a la circularidad (como huella de carbono, metabolismo circular o soberanía alimentaria). Para este concepto proponemos una hipótesis de transición (Rodríguez-Marín et al., 2014) como una herramienta que guía tanto el proceso didáctico como el investigativo. Asumiendo también los principios teóricos de las progresiones de aprendizaje (Jin et al., 2024). Para la descripción de los niveles de formulación se ha tenido en cuenta tanto la literatura académica como nuestros propios resultados empíricos.

EL CONCEPTO DE CIRCULARIDAD VINCULADO A LA ALIMENTACIÓN

El término circularidad está de moda. Se propone una economía "circular" (Pearce y Turner, 1990) o se plantea volver a una agricultura tradicional "circular" (Nuñez y Almazán, 2025), en contraposición con el metabolismo "industrial" lineal. En nuestro caso, caracterizaremos la noción de circularidad aplicada a los socio-eco-sistemas desde las aportaciones de la ecología de sistemas, sobre todo desde la obra de Odum (1977), Margalef (1974) y la del decrecimiento (García-Díaz, 2021).

Si queremos un sistema alimentario ajustado al funcionamiento de la naturaleza debemos entender bien cómo es este funcionamiento, sobre todo en lo que se refiere al movimiento de materiales en nuestro planeta. En un principio, podríamos pensar que en la naturaleza el recorrido de los materiales es circular, pues hablamos de ciclos biogeoquímicos o de ciclos de nutrientes. E intentamos, en la actuación humana, el máximo reciclaje posible de los materiales, para así poder aproximarnos a ese "funcionamiento natural" circular. El problema reside en que la circularidad remite a la idea de un cambio repetitivo, que algo ocurra o se repita en un intervalo de tiempo regular. Desde un punto de vista didáctico, esta concepción repetitiva del cambio es muy asequible para el alumnado (García-Díaz et al., 2019). Sin embargo, desde la ciencia ecológica, se cuestiona esta idea de que los ecosistemas no se "auto-organizan" (al estilo de los organismos vivos concretos), sino que en la evolución biológica se "reorganizan" en un proceso no cíclico de carácter irreversible. Es decir, se sustituye el modelo de cambio cíclico por un modelo de cambio helicoidal, modelo ya postulado por Margalef (1974) en los años setenta. La razón de ser helicoidal se debe a que la biosfera no tiene un estado óptimo preestablecido (caso del metabolismo de un organismo), sino que está en continua e irreversible reorganización "empujada" por un flujo de energía solar (Morin, 1986 y 1987). Desde esta perspectiva, no tiene sentido hablar de ciclos. Se trata, en definitiva, de admitir una modelización más compleja del cambio en la biosfera (Armenteras et al., 2016; Fernández, 2017).

No está claro si la crisis sistémica actual supone o no un cambio civilizatorio en un contexto caracterizado por un mundo de baja energía, con menos recursos de todo tipo, transformado por el cambio climático y liderado por el capitalismo. Lo que sí nos muestran los datos científicos es que la alimentación no queda al margen de la situación de decrecimiento que describimos, dado que los alimentos y el agua son recursos limitados de la actual crisis y la alimentación es una de las actividades humanas con mayor impacto socioambiental (García y Guerrero, 2024). Asimismo, se propone un metabolismo social circular que sustituya al metabolismo lineal propio de este sistema socioeconómico.

Además, se realizó una primera revisión de la literatura sobre cómo se aborda la circularidad vinculada a la alimentación en las etapas escolares a las que se dirige nuestra propuesta formativa. Resumidamente, en Infantil, el enfoque se centra en los sentidos, la biología y la alfabetización alimentaria, es decir, tratan el origen de los alimentos, el desperdicio en el plato y el ciclo de nutrientes mediante prácticas como el compostaje escolar (Fancello et al., 2025). En Primaria, se orienta hacia la medición –cuantificación de datos- y la responsabilidad ciudadana, con conceptos como auditoría de residuos, consumo responsable, monitoreo participativo y cadena de suministro, y el comedor como laboratorio (Green y Somerville, 2015; Principato et al., 2019). En Secundaria y Bachillerato, aparece una visión más técnica, sistémica y ética, basada en ideas como pensamiento sistémico, bioeconomía, valorización de residuos, análisis de ciclo de vida, biomímesis y justicia ambiental (Bux et al., 2022)

UNA PROPUESTA DE PROGRESIÓN DE APRENDIZAJE PARA ABORDAR LA CIRCULARIDAD

Bajo las premisas anteriores, proponemos una formulación progresiva del concepto utilizando dos criterios para caracterizar dicha progresión: el grado de complejidad (Morin, 1994) y el grado de resiliencia (Assadourian, 2017), respectivamente.

Los niveles de formulación iniciales N1: periodicidades sencillas y ciclo vital.

En este nivel de partida distinguimos dos situaciones debido, principalmente, a una diferencia en el grado de complejidad con que se comprende el cambio en la planta:

Subnivel 1.1. Cadena causal sencilla: se entiende el cambio como una transformación lineal con una concatenación de eventos que constituye una secuencia única, pero sin que aparezca aún la noción de repetición, de periodicidad en ese cambio. En esa transformación puede haber cambios cualitativos o de desarrollo (cambio de la "naturaleza" del objeto como puede ser el paso de la flor al fruto) y cuantitativos o de crecimiento (aumento del número de hojas). Evidentemente en esta fase nos movemos en el plano del mesocosmos (lo perceptible, evidente, familiar, próximo …). No hay un reconocimiento del papel de la energía en el cambio (por ejemplo, en el crecimiento y desarrollo de nuestras plantas apreciamos solo los cambios materiales, pero no el flujo de energía).

Subnivel 1.2. El ciclo vital de la planta: se diferencia del anterior en que aquí sí se reconoce que, en el caso de las plantas, hay un ciclo (periodicidad) desde el momento en que se asocia el fruto con la semilla y ésta con una nueva planta (germinación). Pero aún no se considera la relación de los residuos orgánicos generados en ese ciclo vital con el suelo y con la vida de la planta, es decir, no aparece la noción de que la planta genera nutrientes para la propia planta.

Se trata de un conocimiento poco resiliente en la medida que solo sirve para predecir qué puede ocurrir en partes del ciclo vital de la planta.

El Nivel 2: perspectiva meso y conocimiento experiencial en los ciclos de la naturaleza.

Se reconoce la relación tierra-planta-restos orgánicos-tierra, pero aún con la perspectiva del mesocosmos. Se trata de un conocimiento experiencial que, aún, no incorpora el conocimiento científico. Es debatible si en este nivel se reconoce "intuitivamente" que hay "algo" que permanece en el cambio, pues sucede que se composte sin necesidad de tener una explicación más "profunda" sobre lo que está ocurriendo. En todo caso, si se reconociera que lo constante son unos nutrientes que circulan, habría que distinguir entre un subnivel 2.1 –sin el concepto de nutriente– y un 2.2. –con el concepto de nutriente–.

Es un modelo resiliente, pues puede sostener una práctica de alta eficiencia y autosuficiencia, aunque no se conozca aún la naturaleza química de los procesos y materiales que intervienen. Justo este desconocimiento científico representa una limitación y lo hace compatible con explicaciones místicas, lo que puede potenciar prácticas más dogmáticas y estáticas (con poca capacidad crítica y de adaptación a la incertidumbre) que suponen un esfuerzo adicional (dedicar tiempo a cosas poco "útiles" para la supervivencia). El caso más frecuente en agroecología es el de la agricultura biodinámica, que añade a una experiencia empírica valiosa una concepción esotérica del mundo (la teosofía) que a veces "contradice" dicha práctica y la hace menos adaptativa.

En el paso a este nivel la clave es poner el foco en el elemento suelo. Niños y niñas conocen desde edades muy tempranas que las plantas necesitan para vivir agua, luz y tierra (desconocen el papel del aire). El agua y el suelo como requerimientos (y por tanto como factores limitantes) son muy fáciles de trabajar, incluso en Infantil, pues además de su experiencia previa al respecto se pueden montar experimentos muy sencillos en los que se vaya viendo la necesaria disponibilidad de esos dos recursos para la supervivencia de las plantas cultivadas. Una vez mostrada la necesidad de contar con el suelo para que nuestras semillas se conviertan en plantas, el paso siguiente es investigar si podemos "fabricar" ese suelo a partir de los restos de comida y de plantas cultivadas. Un buen recurso es trabajar con el mantillo que usamos en nuestras macetas, planteando la investigación sobre de dónde viene ese mantillo y cómo podemos elaborarlo (compostaje).

Este nivel permite conectar ya con aspectos sociopolíticos pues se puede pasar de la escala "huerto" a una escala "social" más global completando el itinerario de los alimentos con el paso de residuos orgánicos a compost y construyendo la noción de metabolismo social circular. En el recorrido de los alimentos en la alimentación humana la clave es comenzar por lo más evidente e inmediato (¿qué como yo?) para luego ir reconstruyendo de donde viene esa comida (desde la tienda o las grandes superficies hacia los lugares de producción/transformación de

alimentos). Una vez conseguido esto, se podrá seguir trabajando con el recorrido de los residuos producidos (proceso menos evidente que el anterior), en una gradación que va desde lo más a lo menos evidente y asequible. También posibilita asociar la justicia (distribución igualitaria de los recursos) con la resiliencia (hay recursos suficientes a distribuir).

El Nivel 3: integración perspectivas meso, micro y macro en los ciclos de la naturaleza.

La diferencia fundamental con el anterior es que ya se reconoce la naturaleza química de lo que permanece en el cambio (elementos químicos como el C, N, P, K, etc.). En un subnivel 3.1 se comprende que los átomos circulan, pero sin comprender aún como van pasando de unas formas moleculares a otras, es decir, sin entender los procesos subyacentes (reacciones de oxidación-reducción, respiración, fotosíntesis, descomposición aerobia y anaerobia …), cosa que sí ocurriría en el subnivel 3.2. En el subnivel 3.1 se puede comprender que lo que ocurre a escala local (nuestro huerto) se puede reproducir a escala global (ciclos de esos elementos químicos). Pero se requiere comprender bien los procesos implicados (subnivel 3.2) para entender el ciclo trófico a escala de biosfera (redes tróficas) y para comprender los ciclos biogeoquímicos. Esta comprensión de lo "macro" supone:

a) Comprender cada paso en el recorrido de la alimentación humana considerando tanto variables "sociales" como "naturales".

b) Comprender la alimentación humana a partir del concepto de una red trófica que se reorganiza continuamente.

c) Comprender la simultaneidad de lo meso, micro y macro, planos todos ellos presentes en cualquier paso del proceso: meso (como patatas fritas), micro (descompongo el almidón de la patata en glucosas que luego las "quemo" en mis células), macro (los átomos de C presentes en la patata forman parte del ciclo del carbono).

d) Trabajar, más concretamente, tres ciclos biogeoquímicos: el del C, el del N y el del P, esenciales en el ciclo de nutrientes y en relación con los tres respectivos metabolismos.

Este nivel garantiza una alta resiliencia pues permite incorporar el método y los saberes de la ciencia y tecnología a nuestra práctica. También facilita la evitación de prácticas convencionales como el arar la tierra, el quemar los residuos o el usar abonado líquido. Más concretamente, permite reconocer el grave problema de la acumulación del N y el P en los acuíferos.

En el subnivel 3.2 es posible conectar el ciclo de la materia con el flujo de la energía en la biosfera, pues al comprender los procesos básicos (fotosíntesis, respiración, combustión) ya se puede trabajar la idea de "degradación" progresiva de la energía.

Este nivel permite complejizar la noción de metabolismo social circular al referir los recursos a los componentes de los ciclos biogeoquímicos y al conectar el tema de la energía con el ajuste de la actividad humana al flujo de energía en la biosfera.

Nivel 4: circularidad imperfecta: reducción.

En este nivel se incorpora la idea de irreversibilidad asociada al concepto de entropía. Se considera que no hay "ciclos perfectos", sino más bien helicoides. La dificultad de que consigamos en la acción humana un reciclaje del 100% se debe a la 2ª Ley de la termodinámica: lo que explica que el reciclado perfecto sea imposible: solo se recupera una parte de los materiales utilizando para ello una energía y recursos que también son limitados (de ahí en la importancia de poner el foco no solo en el reciclaje, sino también en la disminución de la extracción de recursos). Un ejemplo ilustrativo, cuando compostamos, los descomponedores siempre usan una pequeña parte de los elementos químicos presentes en el material a compostar (N, P, K y muchísimos oligoelementos) y también respiran (oxidando la materia orgánica que contiene mucha energía en los enlaces químicos) generando calor, calor que ya no puede usarse para organizar la vida (siempre se degrada la energía al pasar de un nivel trófico a otro). En una escala más local puede haber ciclos casi "perfectos".

La caracterización del cambio "helicoidal" requiere una construcción de una trama conceptual muy compleja. Sí podría usarse como nivel de formulación en una transición trabajada en el ámbito universitario o del bachillerato, planteando la idea de que cualquier hipótesis siempre es provisional y puede ser cuestionada si aparecen datos que la contradigan.

Finalmente, consideramos importante resaltar que el metabolismo social circular no es la panacea. Para ello, se debe poner el foco en reducir más que en reciclar y en buscar estrategias (en el caso de la alimentación) que complementen el compostaje (uso de leguminosas para fijar N atmosférico, uso de plantas leñosas para poder tener un reservorio de C, uso local de placas solares por si necesitamos aportes puntuales de energía externa …). La noción de reciclaje está estereotipada: (1) Reducir la idea de reciclaje a una parte concreta del metabolismo social; (2) Confundir reciclaje con reutilización; y, (3) Hablar de ciclo en casos en los que el cambio es difícilmente reversible.

CONCLUSION Y LÍNEAS FUTURAS

Esta progresión de aprendizaje teórica sobre la circularidad esperamos que contribuya a una comprensión más compleja y resiliente del tópico de la alimentación sostenible. Que actúe como guía en el diseño de secuencias de aprendizaje relativas a la temática y como herramienta de análisis acerca de su aprendizaje. Para su completa definición sería necesario enriquecerla con estrategias formativas y definir obstáculos e ideas potenciadoras de cambio. Al respecto, apuntamos que esto es "una parte de un todo", en el sentido de que, es necesario integrar las tres dimensiones que conforman la ALFAM dando lugar a una progresión de aprendizaje global para el tópico estudiado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto de I+D+i "Alfabetización ambiental en educación infantil, primaria y secundaria: Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje y Practicas Clave para promover Progresiones de Aprendizaje" (PID2024-158589NB-I00) financiado por el Ministerio de Ciencias, Innovación y Universidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armenteras, D., González, T.M., Vergara, L.K., Luque, F.J., Rodríguez, N., y Bonilla, M.A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como "unidad de la naturaleza" 80 años después de su formulación. *Ecosistemas 25*(1), 83-89. https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-1.12.

Assadourian, E. (2017). *Educación ecosocial: cómo educar frente a la crisis ecológica*. En Educación ecosocial. Icaria.

Bux, C., Amicarelli, V., y Lagioia, G. (2022). Food waste management in schools: A circular bioeconomy perspective. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 29*(4), 810-82.

Fancello, F., Gancitano, V., y Fois, A. (2025). Plate Food Waste in Early Childhood Education: Contextual and Nutritional Drivers with Implications for Sustainable Food Systems. *Foods, 14*(1), 78.

Fernández Ales, R. (2017). *Repensar la evolución. Ecología evolutiva.* https://blogaeet.org/2017/06/07/repensar-la-evolucion/

García-Díaz, J.E. (2021). *Educación para el decrecimiento.* https://nueva.redires.net/sites/default/files/2021-05/Educadecrecimiento%20IRES.pdf

García-Díaz, J.E., Rodríguez-Marín, F. y Cano-Martínez, M.I. (2019). *Investigando los ecosistemas*. Díada Editora.

García-Díaz, J.E. y Guerrero-Fernández, A. (2024). Alfabetización científica y ambiental. En F. Rodríguez-Marín, E., E. Rodríguez, y A. Rivero (coords.) *Alimentación ecológica y justa ante el decrecimiento. Una propuesta para la formación de docentes* (23-32). Octaedro.

Green, M. y Somerville, M. (2015). Sustainability education: research practice in Primary schools. *Environmental Education Research, 21*(6), 832-845.

Jin, H., Yan, D., y Krajcik (Eds.) (2024). *Handbook of Research on Science Learning Progressions*. Routledges. Taylor & Francis Group. https://doi.org/10.4324/9781003170785

Margalef, R. (1974*). Ecología. Barcelona*. Omega

Morin, E. (1986). *El Método I: La Naturaleza de la Naturaleza*. Cátedra.

Morin, E. (1987). *El Método II: La Vida De la Vida*. Cátedra.

Morin, E. (1994). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Gedisa

Núñez, M.E. y Almazán, A. (2025). Gaia y Pachamama en la jurisprudencia "ecocéntrica" ¿más allá del antropocentrismo? *Isegoría: Revista de filosofía moral y política,72*, 1130-2097. https://doi.org/10.3989/isegoria.2025.72.1651

Odum, E.P. (1977). The emergence of ecology as a new integrative discipline. *Science, 195,* 1289-1293.

Pearce, D.W y Turner, R.K. (1990). Economics of natural resources and the environment. *Wiley American Journal of Agricultural Economics, 73*(1). https://doi.org/10.2307/1242904

Principato, L., Secondi, L., y Pratesi, C. A. (2019). Consumer behavior and food waste: The case of primary school students. *British Food Journal, 121*(6), 1360-1373.

Rivero, A., Solís, E., Jiménez, R. y Rodríguez, L. (2024). La alfabetización ambiental del futuro profesorado de Infantil y Primaria en Andalucía. *Enseñanza de las Ciencias, 42*(3), 159-184 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6130

Rodríguez-Marín, F., Fernández-Arroyo, J. y García-Díaz, J.E. (2014). Las hipótesis de transición como herramienta para la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias, 32*(3), 303-318. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1137

Alfabetización Ambiental Crítica: Una propuesta de Hipótesis de Transición de la Argumentación Científica Escolar (HTACE)

Joyce Maturana [1-2], Esther García [1] y Beatriz Gallego[1]

[1] Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz, España
[2] Instituto de Biología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

* Correspondencia: joyce.maturana@pucv.cl

RESUMEN: La argumentación científica escolar (ACE) constituye una habilidad cognitivo-lingüística central en la educación científica contemporánea, especialmente en contextos de alfabetización ambiental (ALFAM). Sin embargo, su enseñanza sistemática sigue siendo difícil de implementar, en parte porque los docentes carecen de instrumentos teóricos que describan con precisión los distintos estados de sofisticación argumentativa que los estudiantes pueden alcanzar. Este trabajo propone y fundamenta una Hipótesis de Transición de la Argumentación Científica Escolar (HTACE) orientada a la ALFAM, estructurada como un itinerario didáctico de cuatro niveles de complejidad creciente: Descriptivo-Egocéntrico, Causal-Lineal, Integrador-Relativista y Sistémico-Complejo. Cada nivel se caracteriza según su carga cognitiva, el tipo de argumentación predominante y la visión del mundo desde la que el estudiante construye sus argumentos. La HTACE se operacionaliza mediante siete ejes de progresión con indicadores observables por nivel: complejidad argumentativa, uso y calidad de la evidencia, perspectiva micro-macro, interacciones dialógicas, autonomía argumentativa, perspectiva ética y resiliencia argumentativa. La metodología empleada es de carácter teórico-conceptual, basada en una revisión articulada de la literatura en didáctica de las ciencias, filosofía de la argumentación y educación ambiental. Los resultados permiten disponer de una matriz analítica coherente que conecta investigación didáctica y práctica docente. Se concluye que la argumentación deliberativa, caracterizada por la co-construcción colaborativa de comprensiones, no solo produce argumentos de mayor calidad, sino también las mayores ganancias en aprendizaje científico y ALFAM.

PALABRAS CLAVE: argumentación científica escolar; hipótesis de transición; ejes de progresión; alfabetización ambiental; argumentación deliberativa

ABSTRACT: School scientific argumentation (ACE) constitutes a central cognitive-linguistic skill in contemporary science education, particularly in environmental literacy (ALFAM) contexts. However, its systematic instruction remains difficult to implement, in part because teachers lack theoretical instruments that precisely describe the different states of argumentative sophistication that students can attain. This work proposes and substantiates a School Scientific Argumentation Transition Hypothesis (HTACE) oriented toward ALFAM, structured as a didactic itinerary comprising four levels of increasing complexity: Descriptive-Egocentric, Causal-Linear, Integrative-Relativist, and Systemic-Complex. Each level is characterized according to its cognitive load, the predominant type of argumentation, and the worldview from which the student constructs their arguments. The HTACE is operationalized through seven progression axes with observable indicators per level: argumentative complexity, use and quality of evidence, micro-macro perspective, dialogic interactions, argumentative autonomy, ethical perspective, and argumentative resilience. The methodology is theoretical-conceptual in nature, grounded in an articulated review of the literature in science didactics, philosophy of argumentation, and environmental education. The results provide a coherent analytical matrix that connects didactic research and teaching practice. It is concluded that deliberative argumentation, characterized by the collaborative co-construction of understandings, not only produces higher-quality arguments but also yields the greatest gains in scientific learning and ALFAM.

KEYWORDS: school scientific argumentation; transition hypothesis; progression axes; environmental literacy; deliberative argumentation

INTRODUCCIÓN

Los enfoques críticos en educación científica resultan fundamentales para promover una alfabetización científica crítica de carácter colectivo (Guerrero-Fernández, 2024). Sin embargo, frente a la problemática climática actual, no basta con solo estar alfabetizado científicamente, sino que deberíamos aspirar a una alfabetización ambiental, que según Roth (1992), se logra cuando un ciudadano reconoce los problemas ambientales que surgen. Esto implica adquirir una comprensión básica de las interrelaciones fundamentales entre las personas y los entornos biogeoquímicos (Roth, 1992, p. 18), así como también la habilidad y capacidad de un individuo para entender las interrelaciones y redes existentes entre los sistemas naturales y la sociedad, para reflexionar acerca del impacto de estos últimos y para emprender medidas individuales y colectivas, encaminadas a la mejora, mantenimiento y ajuste de los recursos a los límites biofísicos del planeta (Tuncer et al., 2009; Stables y Bishop, 2001).

Guerrero et al. (2022) establecieron tres dimensiones para la ALFAM: a) conocimientos y habilidades; b) actitudes y emociones; y c) comportamientos, consideradas cruciales para fomentar una ciudadanía responsable y activa. En ese contexto hemos decidido profundizar en una habilidad específica, como lo es la argumentación, ya que la ALFAM requiere, en su fin último, que las personas logren evaluar problemas sobre la base de evidencias sólidas, construir juicios sobre las consecuencias de las acciones y ser capaces de actuar (Roth, 1992). Para lograr esa meta se debe propiciar que los estudiantes desarrollen la capacidad de razonar públicamente sobre evidencias, de coordinar datos con marcos teóricos, y de sostener o revisar sus posiciones frente a perspectivas distintas.

La argumentación ha sido reconocida como un modo dialógico específico de conversación en el aula de ciencias (Driver et al., 2000), en donde dicha habilidad implica usar el lenguaje estratégicamente para formular argumentos y contra-argumentos, con el propósito de abordar temas complejos y eventualmente lograr que los interlocutores reconsideren sus posturas o para lograr acuerdos (Larrain, 2019). De esta manera, las prácticas dialógicas implican un tipo de conversación en el aula en el que los estudiantes participan activamente, expresando y discutiendo sus propias ideas en interacciones auténticas y reflexivas, en las que se enfrentan a diferentes perspectivas (Larrain, 2017). A pesar de su relevancia, la enseñanza sistemática de la argumentación en el aula sigue siendo extremadamente difícil de instaurar, pues requiere condiciones contextuales específicas que raramente se dan sin un diseño instruccional explícito.

Ante esta realidad, las hipótesis de transición constituyen una herramienta didáctica orientada a dar sentido al proceso de construcción de conocimiento en la intervención educativa, incorporando una perspectiva más abierta y flexible del proceso de aprendizaje que reconoce no solo los avances hacia el conocimiento deseable, sino también los retrocesos y los cambios no previstos inicialmente (Rodríguez, 2014). El presente trabajo propone y fundamenta una Hipótesis de Transición de la Argumentación Científica Escolar (HTACE), estructurada en cuatro niveles con siete ejes de análisis y sus respectivos indicadores observables orientada a la ALFAM.

MARCO CONCEPTUAL DE LA ARGUMENTACIÓN CIENTÍFICA ESCOLAR

La argumentación científica escolar puede entenderse como una actividad social, intelectual y verbal de naturaleza dialógica mediante la cual los estudiantes justifican, refutan o evalúan afirmaciones sobre fenómenos naturales, articulando evidencias empíricas con marcos teóricos, con el propósito de construir comprensiones más profundas y significativas de los conceptos científicos (Sanmartí, 2003 citados en Revel Chion et al., 2005).

La estructura interna de un argumento científico escolar puede analizarse a partir del modelo de Toulmin (Toulmin, 2003; Pinochet, 2015), que identifica los siguientes componentes: las pruebas (P) son las observaciones, hechos, experimentos, señales, muestras o razones con las que se pretende mostrar que un enunciado es cierto o falso. Los respaldos (R), también denominados conocimientos básicos, son los que sustentan la garantía (G), denominadas también justificaciones, que constituyen el nexo de unión entre las pruebas y la conclusión (C). Las conclusiones son los enunciados sometidos a comprobación y que pueden ser probados o refutados. Finalmente, los casos excepcionales (E) hacen referencia a las

circunstancias en las cuales las conclusiones no serían válidas.

Complementariamente, Revel Chion et al. (2005) identifica cuatro componentes estructurales: teórica, en donde toda argumentación científica debe estar anclada en un modelo teórico; lógica, que alude a la estructura sintáctica del texto argumentativo; retórica, que señala la voluntad de persuadir al interlocutor; y pragmática, que indica que la argumentación se produce en un contexto específico al cual se adecua y del cual obtiene su sentido completo.

Según Asterhan y Schwarz (2016), la argumentación puede ser empleada para construir y defender un punto de vista (argumentación consensual); para disputar y hacer prevalecer una idea mediante movimientos críticos como desafíos y refutaciones (argumentación disputativa); o bien para evaluar colaborativamente y de manera crítica diferentes ideas (argumentación deliberativa). La evidencia empírica disponible indica que los objetivos deliberativos no solo promueven una argumentación de mayor calidad, sino que también generan mayores ganancias en el aprendizaje de contenidos científicos (Asterhan y Hever, 2015; Asterhan y Babichenko, 2015).

Respecto de sus modalidades, la argumentación oral se desarrolla en tiempo real y favorece la negociación inmediata de significados, mientras que la argumentación escrita exige un nivel adicional de abstracción y sistematicidad. Ambas modalidades son complementarias y deben ser consideradas de manera articulada en el diseño instruccional (Larraín, 2017).

HIPÓTESIS DE TRANSICIÓN: NIVELES Y CARACTERÍSTICAS

Construir una hipótesis de transición supone diseñar un itinerario didáctico flexible que parte del conocimiento inicial del estudiante, identifica los obstáculos que dificultan su avance, y propone niveles de formulación intermedios que faciliten una transición gradual hacia formas más complejas de comprender la realidad (Rodríguez-Marín et al., 2014).

La HTACE propone cuatro niveles de sofisticación argumentativa creciente, diferenciados por la carga cognitiva implicada, el tipo de argumentación predominante y la visión del mundo desde la que el estudiante construye sus argumentos. La Tabla 1 sintetiza las características de cada nivel.

Tabla 1. Síntesis de los niveles de progresión de la HTACE.

NIVEL	CARGA COGNITIVA	TIPO DE ARGUMENTACIÓN	VISIÓN DEL MUNDO	ORIENTACIÓN PRINCIPAL
1 (Inicial) Descriptivo-Egocéntrico	Baja	Perceptiva, cerrada	Egocéntrica	Identificación aislada de elementos
2 (Intermedio 1) Causal-Lineal	Media	Causal simple, unicausal	Antropocéntrica funcional	Coordinación de dos elementos del argumento
3 (Intermedio 2) Integrador-Relativista	Alta	Multiperspectiva, deliberativa incipiente	Antropocéntrica reflexiva	Comparación, crítica y multiperspectiva
4 (Deseable) Sistémico-Complejo	Muy alta	Deliberativa, sistémica, co-constructiva	Biocéntrica y sistémica	Integración compleja, negociación y metacognición

Nivel 1 (Inicial): Descriptivo-Egocéntrico

En este nivel, los estudiantes construyen argumentos basados fundamentalmente en la percepción inmediata y la experiencia personal, sin establecer distinción entre una opinión, un dato empírico y una justificación (Toulmin, 2003). La argumentación es cerrada y no contempla perspectivas alternativas ni evidencia contradictoria. La componente retórica está presente de manera rudimentaria, mientras que las componentes lógica y teórica son prácticamente inexistentes (Revel Chion et al., 2005).

Nivel 2 (Intermedio 1): Causal-Lineal

El estudiante comienza a establecer relaciones de causa y efecto simples, coordinando al menos dos

elementos del modelo de Toulmin (2003): conclusión y evidencia, aunque la garantía que las conecta tiende a ser implícita o rudimentaria. La componente lógica del argumento comienza a manifestarse, aunque circunscrita a razonamientos causales lineales que no contemplan variables intermedias ni multicausalidad (Revel Chion et al., 2005).

Nivel 3 (Intermedio 2): Integrador-Relativista

El estudiante integra diferentes tipos de conocimiento (natural, social, ético), reconoce la existencia de múltiples perspectivas y comienza a cuestionar la validez de los argumentos propios y ajenos, identificando debilidades en los diseños experimentales. Las cuatro componentes estructurales de Revel Chion et al. (2005) están presentes de manera articulada. El estudiante comienza a desplazarse hacia una argumentación deliberativa (Asterhan y Schwarz, 2016).

Nivel 4 (Deseable): Sistémico-Complejo

El estudiante construye argumentos basados en la interacción de sistemas, integrando evidencias científicas dentro de un marco de complejidad que incorpora valores sociales, consideraciones éticas y perspectivas biocéntricas. La argumentación opera sobre redes de relaciones en las que fenómenos locales se articulan con problemáticas de escala global. El estudiante es capaz de reflexionar metacognitivamente sobre la calidad de su propia argumentación y las cuatro componentes estructurales están plenamente integradas y movilizadas de manera autónoma (Revel Chion et al., 2005).

EJES E INDICADORES DE LA HTACE

La HTACE se operacionaliza mediante siete ejes de progresión, entendidos como dimensiones analíticas que permiten observar y caracterizar el avance del estudiante a través de los niveles. Siguiendo a Osborne et al. (2018), estos ejes no son independientes entre sí, sino que se articulan de manera sistémica. La Tabla 2 sintetiza cada eje y sus indicadores por nivel.

Tabla 2. Matriz de ejes e indicadores por nivel de la HTACE.

Eje	N1 Inicial	N2 Interm. 1	N3 Interm. 2	N4 Deseable
Complejidad argumentativa	Sin coordinación	Coordina conclusión y evidencia	Coordina 3+ elementos, identifica debilidades	Integra todos los componentes con respaldos teóricos
Uso y calidad de la evidencia	Evidencia anecdótica	Evidencia externa, sin evaluación crítica	Selecciona y evalúa evidencias	Integra evidencias interdisciplinarias, argumenta desde la incertidumbre
Perspectiva micro-macro	Solo contexto inmediato	Conexiones locales-globales lineales	Conecta escalas, perspectiva temporal ampliada	Articula escalas con retroalimentaciones
Interacciones dialógicas	Monológica, cerrada	Disputativa, defensiva	Deliberativa incipiente, co-constructiva	Plenamente deliberativa, orientada al consenso
Autonomía argumentativa	Dependencia total del andamiaje	Iniciativa parcial con apoyo	Autorregulación creciente	Iniciativa autónoma, transferencia y metacognición
Perspectiva ética	Egocéntrica/ antropocéntrica utilitaria	Antropocéntrica funcional	Reconoce interdependencia	Biocéntrica y sistémica, perspectiva intergeneracional
Resiliencia argumentativa	Capitulación o rigidez acrítica	Resistencia defensiva sin revisión	Revisión incipiente, tolerancia creciente	Firmeza epistémica, revisión fundamentada

El Eje 1 (Complejidad Argumentativa) refiere al grado de sofisticación estructural y conceptual del argumento, entendido como la capacidad de coordinar los componentes del modelo de Toulmin (2003). El Eje 2 (Uso y Calidad de la Evidencia) describe el desplazamiento desde el uso de evidencias anecdóticas hacia el uso de evidencias sistemáticas y epistemológicamente fundamentadas (Toulmin, 2003). El Eje 3 (Perspectiva Micro-Macro) refiere a la capacidad del estudiante de conectar fenómenos locales con

dinámicas de mayor escala, coherente con la propuesta de Osborne et al. (2018). El Eje 4 (Interacciones Dialógicas) describe la progresión desde interacciones monológicas hacia interacciones deliberativas y co-constructivas (Asterhan y Schwarz, 2016). El Eje 5 (Autonomía Argumentativa) refiere a la capacidad de construir y revisar argumentos de manera independiente, reflejando la internalización progresiva de las herramientas argumentativas en términos vygotskianos (Posada, 2015). El Eje 6 (Perspectiva Ética) describe la transformación desde una visión antropocéntrica hacia una visión biocéntrica y sistémica. Finalmente, el Eje 7 (Resiliencia Argumentativa) refiere a la capacidad de sostener, defender y, cuando es pertinente, revisar la propia posición ante presión social o refutaciones, constituyendo una condición necesaria para la argumentación deliberativa de calidad (Felton, 2004).

CONCLUSIONES

Los problemas socioambientales son problemas complejos y controversiales. No tienen soluciones evidentes, por lo que se requiere la capacidad de integrar evidencias interdisciplinarias, conectar escalas locales y globales, reconocer la multicausalidad y construir respuestas que incorporen consideraciones éticas junto con perspectivas biocéntricas y sistémicas. Dado que la ALFAM exige construir comprensiones complejas sobre fenómenos que involucran incertidumbre y múltiples perspectivas, la argumentación deliberativa se presenta como la opción más adecuada para promover su progresión.

La progresión a través de los niveles de la HTACE no ocurre de manera espontánea. Como señalan Rodríguez-Marín et al. (2014), se requiere un diseño instruccional meticuloso que contemple tanto las condiciones que impulsan el progreso como los obstáculos que lo frenan.

La HTACE propuesta en este trabajo ofrece un instrumento teórico y empírico para orientar el diseño, la implementación y la evaluación de propuestas didácticas orientadas al desarrollo de la argumentación científica escolar. La estructuración en cuatro niveles, operacionalizada mediante siete ejes de progresión con indicadores observables, permite conectar de manera coherente la investigación didáctica con la práctica docente. La evidencia disponible sugiere que la argumentación deliberativa, caracterizada por la co-construcción colaborativa de comprensiones más robustas, no solo produce argumentos de mayor calidad, sino que también genera las mayores ganancias en el aprendizaje de contenidos científicos (Asterhan y Hever, 2015; Asterhan y Babichenko, 2015). La validación empírica de la HTACE, mediante los instrumentos y técnicas de análisis descritos, constituye el siguiente paso necesario en esta línea de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asterhan, C. S. C., & Babichenko, M. (2015). The social dimension of learning through argumentation: Effects of human presence and discourse style. *Journal of Educational Psychology*, *107*(3), 740–755. https://doi.org/10.1037/edu0000014

Asterhan, C. S. C., & Hever, R. (2015). Learning from reading SNS group discussions: Rhetoric style matters (again). *Computers in Human Behavior*, *53*, 570–576. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.020

Asterhan, C. S. C., & Schwarz, B. B. (2016). Argumentation for learning: Well-trodden paths and unexplored territories. *Educational Psychologist*, *51*(2), 164–187. https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1155458

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287–312. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287:AID-SCE1>3.0.CO;2-A

Felton, M. K. (2004). The development of discourse strategies in adolescent argumentation. *Cognitive Development*, *19*(1), 35–52. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2003.09.001

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., Solís Ramírez, E., & Rivero García, A. (2022). Alfabetización ambiental del profesorado de Educación Infantil y Primaria en formación inicial. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *97*(36.1), 75–98. https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92434

Larrain, A., Howe, C., & Freire, P. (2017). 'More is not necessarily better': curriculum materials support the impact of classroom argumentative dialogue in science teaching on content knowledge. *Research in*

Science & Technological Education, *36*(2), 1–20. https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1408581

Larrain, A., & Singer, V. (2019). Habilidades de argumentación de estudiantes de educación básica subvencionada en Chile y su relación con variables socio-educativas. *Cogency, Journal of Reasoning and Argumentation*, *11*(1-2), 1–20. https://doi.org/10.32995/cogency.v11i1-2.322

Osborne, J., Rafanelli, S., & Kind, P. (2018). Toward a more coherent model for science education than the crosscutting concepts of the next generation science standards: The affordances of styles of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(7), 962–981. https://doi.org/10.1002/tea.21460

Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação (Bauru)*, *21*(2), 307–327. https://doi.org/10.1590/1516-731320150020004

Posada, J. L. (2015). La argumentación y su rol en el aprendizaje de la ciencia. *Tesis Psicológica*, *10*(1), 146–160.

Revel Chion, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, (Número Extra), 1–5.

Rodríguez-Marín, F., Fernández-Arroyo, J., & García Díaz, J. E. (2014). Las hipótesis de transición como herramienta didáctica para la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, *32*(3), 303–318. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1137

Roth, C. E. (1992). *Environmental literacy: Its roots, evolution, and direction in the 1990s*. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.

Stables, A., & Bishop, K. (2001). Weak and strong conceptions of environmental literacy: Implications for environmental education. *Environmental Education Research*, *7*(1), 89–97. https://doi.org/10.1080/13504620125643

Toulmin, S. E. (2003). *The Uses of Argument* (Updated ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511840005

Tuncer, G., Tekkaya, C., Sungur, S., Cakiroglu, J., Ertepinar, H., & Kaplowitz, M. (2009). Assessing pre-service teachers' environmental literacy in Turkey as a means to develop teacher education programs. *International Journal of Educational Development*, *29*(4), 426–436. https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2008.10.003

Implicación de la comunidad educativa frente al cambio climático en un centro educativo

Mar Montalvo-García[1], Vanessa Ortega-Quevedo[2], María Antonia López-Luengo[1] y Carmela García-Marigómez[1*]*

[1]Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valladolid, España.

[2]Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Complutense de Madrid, España.

*Correspondencia: mar.montalvo@uva.es

RESUMEN: La educación para el cambio climático en la Educación Primaria es un reto al que debe enfrentarse el profesorado de la etapa. Por ello, la presente investigación plantea conocer la visión del contexto educativo de un centro urbano de la comunidad de Castilla y León, respecto a la educación para el cambio climático. Para llevar a cabo este estudio se ha empleado un enfoque cualitativo mediante un diseño de estudio de caso. Los resultados muestran un interés y predisposición general del centro por actuar de manera conjunta en iniciativas educativas para el cambio climático desde la colaboración conjunta de la comunidad educativa. Sin embargo, se detecta una falta de formación en conocimientos y aplicación didáctica del cambio climático por parte de los maestros, que supone limitar las acciones a momentos puntuales. Por tanto, se concluye que el contexto aúna las características esenciales para una adecuada educación para el cambio climático, pero puede y debe mejorar la práctica educativa de los maestros en su aula.

PALABRAS CLAVE: Educación ambiental; educación científica; estudio de caso; investigación en el aula

ABSTRACT: Climate change education in Primary Education represents a significant and complex challenge that teachers at this stage are required to address in their professional practice. Therefore, this study aims to explore the perspective of the educational context of an urban school in the region of Castile and León regarding climate change education. To carry out this research, a qualitative approach was adopted using a case study design. The results show a general interest and willingness within the school to act collectively in educational initiatives on climate change through the collaboration of the educational community. However, a lack of teacher training in both knowledge and pedagogical application of climate change is identified, which limits actions to occasional initiatives. Therefore, it is concluded that the context brings together the essential characteristics for effective climate change education. However, while it shows potential, there remains a clear need to further develop and improve teachers' classroom practice.

KEYWORDS: Environmental education; science education; case study; classroom research

INTRODUCCIÓN

Actualmente la sociedad se encuentra inmersa en una crisis ambiental global sin precedentes. Entre los numerosos problemas ambientales, el cambio climático (CC) se ha consolidado como uno de los desafíos más complejos. Este fenómeno requiere de un conocimiento profundo por lo que exige a la ciudadanía comprender sus causas, consecuencias y posibles soluciones. La educación es el primer paso para generar un aprendizaje significativo (Negrín y Marrero, 2021). Por ello, este estudio aporta luz sobre lo que está sucediendo en los centros educativos y sobre las necesidades formativas del profesorado dada su gran relevancia como agente clave en la planificación de soluciones hacia el CC (Cordero et al., 2020). La educación para el cambio climático (ECC) tiene sus inicios en el año 2009 con el informe de la Alianza Internacional de Institutos Líderes en Educación que incorpora explícitamente la educación como respuesta a esta problemática medioambiental (Læssøe et al., 2009). Desde entonces, la ECC ha experimentado un notable crecimiento, impulsado por el interés de diversas organizaciones e instituciones internacionales en promover su integración en los sistemas educativos (da Rocha et al., 2019).

En el panorama internacional actual, la Agenda 2030 incluye los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El ODS 4 "Educación de calidad" está directamente orientado al ámbito educativo y es imprescindible, puesto que una educación de calidad es necesaria para garantizar el éxito en el logro del resto de los ODS (Negrín y Marrero, 2021). Asimismo, el ODS 13 "Acción por el clima" reconoce entre sus metas la educación como aspecto clave para avanzar en la mitigación y adaptación al CC.

En el contexto educativo, la ECC requiere abordar la complejidad de esta problemática, desde una reflexión crítica evitando simplificar esta educación en la transmisión de contenidos científicos (Stevenson et al., 2017). Por otro lado, el CC debe abordarse también desde una perspectiva emocional, dado que las emociones vinculadas a la preocupación o la ansiedad ante sus consecuencias son cada vez más frecuentes y requieren ser tratadas desde el ámbito educativo (Léger-Goodes et al., 2022). Además, la educación puede generar un aprendizaje intergeneracional desde los niños y las niñas a sus familias y facilitar la adquisición de responsabilidad en las acciones individuales y colectivas. Por tanto, resulta fundamental comprender la complejidad y la necesidad de impulsar una educación para el CC que resulte relevante y significativa a lo largo de todas las etapas educativas.

Sin embargo, para una adecuada ECC, tal y como señalan Laso et al. (2022) se requiere de una variedad de estrategias y herramientas por parte del profesorado, las cuales Moreno (2020) detecta que actualmente no son suficientes. Por tanto, se necesita de un mayor interés en la temática y predisposición hacia una mayor formación. El informe presentado por European Commission (2025) indica que, aunque el profesorado se siente preparado, admite que no ha recibido formación suficiente. Así se podrá generar una ECC basada en el compromiso social (González y Meira, 2020). Además, actualmente el impacto de la inmediatez de las redes sociales también afecta en la ECC (Rodrigo, et al., 2019), puesto que el aumento de informaciones falsas requiere desarrollar una competencia digital y una educación mediática eficaz (Pérez y Perales, 2018).

Esta falta de eficacia en la ECC conlleva una profunda reflexión sobre la formación docente. El estudio planteado por Furci et al. (2023) señala no solo la formación inicial, sino la importancia de la formación continua del profesorado en el abordaje del CC en Educación Primaria. De este modo determinan como elemento de gran valor en la formación continua, el intercambio de ideas entre personas de diversa índole como los propios maestros con experiencias en educación ambiental o especialistas en medio ambiente, entre otras. Todo ello amplía la visión docente ante las problemáticas ambientales. No obstante, la ECC no depende exclusivamente del profesorado, sino que requiere la implicación del conjunto de la comunidad educativa.

De este modo, además del profesorado, resulta clave conocer la percepción de los distintos agentes que integran la comunidad educativa para impulsar una adecuada ECC. En este sentido, las familias también desempeñan un papel relevante, puesto que el entorno familiar constituye un espacio fundamental para promover la enseñanza de valores y actitudes vinculadas con aspectos medioambientales (Sastre-Merino et al., 2025). Otro aspecto relevante es la necesidad de promover una acción conjunta de la comunidad educativa mediante proyectos de centro que no impliquen únicamente al profesorado (Canchig et al., 2025). Para ello, resulta necesaria una mayor formación y apoyo a los equipos directivos con el fin de facilitar la incorporación de programas educativos medioambientales (Sastre-Merino et al., 2025).

En este contexto, resulta necesario analizar cómo perciben y afrontan la ECC los distintos agentes que conforman la comunidad educativa dentro de un centro escolar. La aproximación al contexto educativo de un centro permite conocer de forma directa las acciones educativas, intereses y valores presentes en la comunidad educativa, así como identificar posibles fortalezas y necesidades para el desarrollo de iniciativas relacionadas con el CC. En este sentido, los planteamientos teóricos revisados permiten comprender la relevancia de la ECC y la necesidad de implicar a la comunidad educativa. Desde este marco, el objetivo de esta investigación es describir las acciones educativas, intereses y valores de los diferentes agentes de la comunidad educativa del centro en relación con el CC.

MÉTODO

Diseño del estudio

Esta investigación sigue un enfoque cualitativo mediante un diseño de estudio de caso para estudiar la complejidad de un contexto en particular con el fin de comprender su visión en torno a la ECC (Stake, 1995). El contexto educativo es un centro público y urbano de España de la Comunidad de Castilla y León seleccionado por su disposición voluntaria a participar y su implicación activa en iniciativas medioambientales. Las familias tienen un nivel sociocultural medio alto y conceden gran importancia a la educación de sus hijos e hijas. En este centro se ha implementado, como parte del estudio, una propuesta didáctica al alumnado participante para fomentar el desarrollo de su competencia climática. Los participantes son la secretaria y director del colegio, dos grupos de Educación Primaria (5º y 6º) conformados por el tutor de cada clase, el alumnado (22 alumnos de 5º y 21 alumnos de 6º) y dos madres en cada grupo que se ofrecieron voluntarias a participar. En la Tabla 1 se describen los datos sociodemográficos del alumnado participante.

Tabla 1. Datos sociodemográficos de los 43 alumnos participantes en la ejecución del cuestionario

CURSO		SEXO		EDAD			RESIDENCIA	
5º	6º	Niño	Niña	10	11	12	Ciudad	Pueblo
51,2%	48,8%	60,5%	39,5%	37,2%	46,5%	16,3%	74,5%	25,5%

Nota: Fuente elaboración propia

En cuanto a las técnicas e instrumentos de recogida de datos se ha empleado el análisis documental (documentos del centro y producciones infantiles), se han realizado entrevistas individuales a los tutores de ambos grupos y entrevistas grupales al equipo directivo y las madres voluntarias, todas ellas con una duración de una hora realizadas en el centro educativo. Respecto al análisis de datos se ha empleado la codificación de manera inductiva a partir de la revisión de la literatura y la información de los datos recogidos (Taylor y Bogdan, 2010) para extraer las categorías y subcategorías de este estudio (Ver Tabla 2) revisadas conjuntamente por las investigadoras, alcanzando consenso en la interpretación de los datos. Asimismo, se ha realizado una triangulación de los datos a partir de los diferentes instrumentos empleados. En cuanto a los principios éticos de la investigación, este estudio ha pasado de forma favorable el comité de ética de la Universidad de Valladolid (UVa).

Tabla 2. Categorías y subcategorías del estudio

SUB-CATEGORÍA		CONTENIDO
Acciones educativas en temas medioambientales	Visión del centro educativo	Implicación del centro con la ECC
	Visión de los grupos de 5º y 6º de Educación Primaria	Implicación de los grupos participantes con la ECC
Formación del profesorado en CC		Formación inicial y permanente de los maestros sobre el CC
Ámbito familiar y CC	Enseñanza-aprendizaje del CC en el ámbito familiar	La ECC que el alumnado recibe desde la educación no formal a través de sus familias
	Aprendizaje intergeneracional	El aprendizaje en CC que adquieren las familias gracias a sus hijos e hijas con aquello que aprenden en el colegio

RESULTADOS

Acciones educativas relacionadas con el cambio climático

Esta categoría engloba las acciones que se llevan a cabo en el centro para conocer el CC desde la perspectiva de los diferentes agentes de la comunidad educativa.

Visión del centro educativo

En cuanto a los proyectos del centro, en el Proyecto Educativo de Centro (PEC) se encuentra el desarrollo sostenible como un objetivo explícito centrado en "promover el cambio climático (sic.) y el desarrollo sostenible a partir de la formación en medio ambiente" (PEC). Además, toda la comunidad educativa da especial importancia al patio como recurso de aprendizaje esencial. El director (DIR) señala que hay varias iniciativas que provienen de las familias y agentes externos como la UVa o la Junta de Castilla y León. Destaca que hay dos proyectos enfocados en la transformación del patio como un espacio verde en el que "no sea sólo cemento" (DIR), sino que la naturaleza tenga un papel esencial. El maestro de 6º (MAEST6) destaca que "hemos estado vinculados todos los profes con el tema de la renaturalización del patio" y una madre de 5º (MAD25) explica que el proyecto surgió de las familias para fomentar un lugar verde.

Ente otras iniciativas, la maestra de 5º comenta que "desde que yo llegué empezamos con la Patrulla verde con la recogida de basura selectiva en los distintos contenedores" (MAEST5). Por ello se comprueba que, desde la visión del profesorado, los proyectos tienen más vinculación con cambios en los hábitos del alumnado y las ideas de las familias tienen mayor relación con la parte emocional y contacto con la naturaleza. Por ello, el centro destaca por recibir propuestas de diferentes agentes internos y externos para nutrirse de nuevas ideas y estrategias en la ECC.

Visión de los grupos de 5º y 6º de Educación Primaria

Tras detectar las acciones de los grupos de 5º y 6º se observa que no son tan significativas como los proyectos del centro. Concretamente, el maestro de 6º refleja un desinterés por el tema del CC y desconocimiento del currículo oficial, puesto que insiste que el CC no forma parte de los contenidos curriculares y que podría plantearse como un taller para las niñas y niños fuera del horario lectivo, "a lo mejor, por ejemplo, vería bien estos temas para por las tardes" (MAEST6).

Formación del profesorado de 5º y 6º en cambio climático

Para profundizar en las razones por las que a nivel de aula no se presentan acciones significativas, esta categoría pone el foco en la formación del profesorado. En cuanto a la formación inicial, ambos maestros consideran que no fue suficiente. "Temas medioambientales en la escuela de magisterio de hace 40 años, nada" (MAEST5), "Yo hice magisterio en los 90 y no, no…" (MAEST6). Su formación permanente tampoco se centra en profundizar sobre el CC. "Algún curso sale, pero no he hecho ninguno, no es algo obligatorio con lo cual luego ya es personal" (MAEST6). Por tanto, los maestros vinculan la formación a un interés personal, lo que podría sugerir una percepción limitada de su responsabilidad en relación con esta temática.

Ámbito familiar y cambio climático

Esta categoría se va a centrar en la ECC desde las familias y el aprendizaje intergeneracional.

Enseñanza-aprendizaje del cambio climático en el ámbito familiar

Desde el centro se señala que "Hay una comunidad educativa a través de padres muy sensibilizados con estos temas" (DIR). Las familias destacan diferentes acciones sobre las que inciden a sus hijas e hijos: "Sobre el consumo en general" (MAD25), "La sostenibilidad, intentar vivir de manera sostenible" (MAD15) y el reciclado se menciona en varias ocasiones, "en mi casa siempre se ha reciclado" (MAD16). Es reseñable que las familias sienten una gran preocupación por la información que los niños y niñas reciben de los medios de comunicación: "El telediario es muy catastrofista y culpabilizador" (MAD15), "estamos sobre informados o malinformados, los medios tienen mucho poder" (MAD25).

Finalmente, es importante detectar si los conocimientos nuevos que adquiere el alumnado sobre el CC en el aula llegan también a las familias a través de los propios niños y niñas. A nivel general, las familias detectan que el alumnado no cuenta en casa habitualmente lo que han aprendido en el colegio. "No suele hablar a no ser que sea algo llamativo, que les toque emocionalmente" (MAD26). Una madre destaca que "A mí me estuvo contando lo de la isla de plástico" (MAD26).

Con la implementación de la propuesta realizada como parte de la investigación se detecta que las familias han podido aprender de sus hijas e hijos al preguntarles por ello, puesto que se las animó a participar en el estudio y conversaron con sus hijos e hijas sobre la propuesta. Este aspecto las llevó a aprender sobre el tema. "Me contó lo de los rayos infrarrojos, los que vuelven al espacio gracias a la atmósfera que vosotros le decíais que era como una manta" (MAD16), "Eso sí que me lo contó lo de las hipótesis que me quedé sorprendida" (MAD26). Por tanto, de forma habitual, el alumnado no comenta a su familia sobre temas aprendidos en el colegio, pero si se implica a las familias ya son partícipes de la actividad y sus hijos e hijas se animan a hablar con ellas para profundizar en el tema.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Tras los resultados obtenidos del centro, un aspecto esencial es el intercambio de ideas de múltiples personas de diversa índole que beneficia en la realización de numerosas y variadas experiencias para el alumnado en ECC. Furci et al. (2023) destacan el intercambio de ideas y el acercamiento al centro de especialistas en medio ambiente para ampliar la visión de los docentes. Además, la implicación de las familias en los proyectos conlleva una educación para el cambio donde se implican los aspectos emocionales hacia la naturaleza y un compromiso a nivel social (González y Meira, 2020). Esta idea, según estos autores permite adquirir un conocimiento más profundo hacia el CC. Sin embargo, los resultados obtenidos sugieren la necesidad de seguir fortaleciendo la implicación docente, puesto que los datos reflejan lo señalado por Moreno (2020) en cuanto a la sensibilización del CC de los maestros, pero a su vez simplista en la problemática y estrategias didácticas para plantear en el aula (European Comission, 2025).

Respecto a la formación del profesorado, los resultados obtenidos apuntan a que la formación inicial y permanente del profesorado podría resultar insuficiente para abordar el CC desde la Educación Primaria. Todo ello podría dificultar el desarrollo de estrategias y herramientas para que el profesorado pueda realizar una ECC adecuada (Laso et al., 2022). En cuanto a la información que recibe el alumnado sobre el CC llama la atención que haya sido una de las grandes preocupaciones de las familias, pero no se ha mencionado por parte del profesorado. La idea de la cantidad de información que recibimos por parte de los medios y la falta de rigurosidad también se expone en las investigaciones de Pérez y Perales (2018) y Rodrigo (2019).

En cuanto al ámbito familiar y el aprendizaje intergeneracional se observa una escasa transferencia del aprendizaje escolar al entorno familiar. Sin embargo, se ha podido ver que, al implicar a las familias en el estudio, han sido conocedoras de la temática tratada. Por tanto, la ECC puede contribuir al desarrollo de medidas de adaptación y mitigación (Cordero et al., 2020). Si esta educación llega a las niñas y los niños y ellos lo transmiten a las familias, podrán plantear medidas basadas en la información y el conocimiento, y, por tanto, medidas más eficaces. En relación con las limitaciones del estudio, cabe destacar que la participación voluntaria de los distintitos agentes de la comunidad educativa puede haber influido en los discursos recogidos. No obstante, el estudio permite aproximarse de manera contextualizada a la ECC dentro de un entorno escolar concreto.

REFERENCIAS

Canchig, A. E. J., Pazmiño, M. A. A., Rosero, N. P. P., Pérez, L. M. C., y Del Pilar Ramos Guañuna, J. (2025). Inserción curricular de la educación ambiental en Educación Básica: estrategias y desafíos. *Prospherus, 2*(3), 382-400. https://doi.org/10.63535/yh9j7a41

Cordero, E., Centeno, D. y Todd, A. M. (2020). The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. *Plos One, 15*(2), 1-23. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206266

da Rocha, V. T., Brandli, L. L., Mazutti, J., Moro, L. D., Gasperina, L. D., y Kalil, R. M. L. (2019). Teacher's Approach on Climate Change Education a Case Study. En *World sustainability series* (pp. 617-642). https://doi.org/10.1007/978-3-030-30306-8_37

European Commission: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. (2025). Education and training monitor 2025 : comparative report. Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2766/2221794.

Furci, V., Di Cosmo, C. y Rigla, F. (2023). Reflexiones didácticas sobre el cambio climático y su abordaje a nivel primario. *Revista de Argentina en Investigación Educativa, 2*(4), 65-84. https://portalrevistas.unipe.edu.ar/index.php/raie/article/view/160

González, E. Y Meira, P. (2020). Educación para el cambio climático: ¿educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles Educativos, 42*(168), 157–174. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59464

Læssøe, J., Schnack, K., Breiting, S. y Rolls, S. (2009). *Climate change and sustainable development: the response from education*. International Alliance of Leading Education Institutes (IALEI)

Laso, S., Marbán, J. M. y Ruiz, M. (2022). Conciencia ambiental y cambio climático. Un estudio con docentes de Educación Primaria en formación. *Revista electrónica Educare, 26*(3), 1-23. https://doi.org/10.15359/ree.26-3.24

Léger-Goodes, T., Malboeuf-Hurtubise, C., Mastine, T., Généreux, M., Paradis, P., y Camden, C. (2022). Eco-anxiety in children: A scoping review of the mental health impacts of the awareness of climate change. *Frontiers In Psychology*, *13*, 872544. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.872544

Moreno, O. (2020). Problemas socioambientales y educación ambiental. El cambio climático desde la perspectiva de los futuros maestros de educación primaria. *Pensamiento educativo: Revista de investigación educacional latinoamericana, 57*(2), 1-15. http://dx.doi.org/10.7764/pel.57.2.2020.3

Negrín, M. Á. y Marrero. J. J. (2021). La nueva Ley de Educación (LOMLOE) ante los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 y el reto de la COVID-19. *Avances en supervisión educativa: Revista de la Asociación de Inspectores de Educación en España,* (35), 140-182. https://doi.org/10.23824/ase.v0i35.709

Pérez, T. y Perales, J. (2018). El cambio climático visto desde internet: una evaluación de su contenido y mensaje. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico, 24*(2), 1507-1524. https://doi.org/10.5209/ESMP.62231

Rodrigo, D., Picó, M. y Dimuro, G. (2019). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible como marco para la acción y la intervención social y ambiental. *Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 9*(17), 25-36. https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.02

Sastre-Merino, S., Zanarotti-Prestes-Rosa, C., y Izaguirres-Betancourth, M.-J. (2025). Análisis de iniciativas para fomentar la educación escolar para la sostenibilidad y la acción climática en Madrid y propuestas de mejora. *Revista Española de Pedagogía, 83*(290), 105-123. https://doi.org/10.22550/2174-0909.4112

Stake, R. (1995). *The Art of Case Study*. Sage

Stevenson, R. B., Nicholls, J., y Whitehouse, H. (2017). What is climate change education? *Curriculum Perspectives*, *37*(1), 67-71. https://doi.org/10.1007/s41297-017-0015-9

Taylor, S. J. y Bogdan, R. (2010). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Paidós

¿Ciencia de bata o de bota? La actividad científica desde la mirada infantil y las prácticas científicas[1]

Hortensia Morón Monge [1], Mario Sahuquillo Hortelano [2] y Carmen Solís-Espallargas[3]

[1,2,3] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Sevilla, España

* Correspondencia: hmoron@us.es

RESUMEN: Este estudio analiza las concepciones del alumnado de Educación Primaria sobre las personas dedicadas a la ciencia, atendiendo a estereotipos de género, sociales y epistemológicos vinculados a la actividad científica. La muestra estuvo compuesta por 130 escolares de 8 y 9 años de un centro público de Sevilla, que cumplimentaron el cuestionario *Mujeres Aconciencia* (versión 2024–2025). Se adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando el análisis cualitativo de 118 dibujos con un análisis cuantitativo basado en la selección y justificación de imágenes. Los resultados evidencian una ruptura parcial del sesgo androcéntrico, con mayor presencia de figuras femeninas. No obstante, persiste la asociación dominante de la ciencia con el científico de laboratorio (bata), el trabajo individual y los espacios cerrados. De forma complementaria, una proporción significativa del alumnado valida la ciencia vinculada al científico de campo (bota) y a la ciencia escolar, reconociendo prácticas científicas como la observación y la investigación en contextos educativos y naturales. Estos hallazgos subrayan la necesidad de promover prácticas científicas diversas y contextualizadas en el aula para una alfabetización científica inclusiva.

PALABRAS CLAVE: dibujo; educación primaria; enfoque de género; enseñanza de la ciencia; prácticas científicas.

ABSTRACT: This study examines primary school pupils' conceptions of people engaged in science, focusing on gender, social, and epistemological stereotypes associated with scientific activity. The sample consisted of 130 pupils aged 8–9 from a public primary school in Seville, who completed the *Mujeres Aconciencia* questionnaire (2024–2025 version). A mixed-methods approach was adopted, combining the qualitative analysis of 118 drawings with a quantitative analysis based on the selection and justification of images. The results reveal a partial erosion of the androcentric bias, with a greater presence of female figures. However, the dominant association of science with the laboratory scientist (lab coat), individual work, and closed spaces persists. Complementarily, a significant proportion of pupils validate science linked to the field scientist (boots) and to school science, recognising scientific practices such as observation and investigation in educational and natural contexts. These findings highlight the need to promote diverse and contextualised scientific practices in the classroom in order to foster inclusive scientific literacy.

KEYWORDS: drawing; primary education; gender perspective; science teaching; scientific practices

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La configuración del imaginario social sobre la figura de la persona dedicada a la ciencia influye de manera decisiva en la percepción infantil de la ciencia y en la aparición de vocaciones tempranas (Couso, 2017; López-Navajas, 2014). Tradicionalmente, el alumnado ha tendido a representar al científico mediante un perfil estereotipado, caracterizado como varón, adulto, solitario, vinculado al laboratorio y de rasgos caucásicos (Mead y Métraux, 1957), lo que distorsiona la comprensión de

1 Este estudio es parte del proyecto Mujeres Aconciencia: Investigación sobre prácticas de enseñanza para el fomento de vocaciones científicas y mejora de la alfabetización científica desde una enseñanza de las ciencias con enfoque de género con el alumnado de primaria, financiado por Consejería de Desarrollo educativo (Junta de Andalucía)

la naturaleza de la ciencia y limita las expectativas de participación, especialmente entre las niñas (López-Navajas, 2014; López-Bassols et al., 2018). Investigaciones recientes muestran avances en la visibilización de mujeres científicas, aunque estos conviven con concepciones tradicionales sobre dónde y cómo se realiza la ciencia, todavía fuertemente asociada al laboratorio y al trabajo individual (Toma et al., 2018; Morón-Monge y Solís-Espallargas, 2021; 2024; Gutiérrez y Alvarado-Guzmán, 2025). En este contexto, distintos estudios subrayan la importancia de las prácticas científicas como vía para resignificar el significado de "hacer ciencia" en la escuela, desplazando el foco del escenario a la acción y favoreciendo una comprensión más auténtica y situada de la actividad científica (Morón-Monge y García-Carmona, 2025a,b).

Desde el marco normativo, la LOMLOE promueve la eliminación de estereotipos sexistas y la incorporación de la perspectiva de género en STEM, aunque sin concretar orientaciones didácticas claras, lo que deja su aplicación en manos de docentes y editoriales. Esta carencia resulta especialmente relevante en un contexto en el que las mujeres siguen representando solo el 28,1 % del estudiantado en titulaciones STEM (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2025).

En este escenario, la presente investigación se justifica por la necesidad de analizar las representaciones de la ciencia en Educación Primaria, una etapa clave para el desarrollo de vocaciones, y de aportar evidencias que fundamenten intervenciones educativas basadas en prácticas científicas que contribuyan a romper el estereotipo de la ciencia de bata y a promover una alfabetización científica más inclusiva.

METODOLOGÍA

Contexto y participantes.

La investigación se ha desarrollado en un CEIP público del distrito casco antiguo de Sevilla capital, un entorno caracterizado por una diversidad socioeconómica y cultural. La muestra participante asciende a 130 escolares de tercero y cuarto curso de Educación Primaria, con un rango de edad de 8 y 9 años. La distribución por sexo fue paritaria, lo cual garantizó la viabilidad de los contrastes en relación con las variables de género.

Instrumento de recogida de datos.

Se utilizó el cuestionario GECI (Género y Ciencia en la Infancia) como instrumento de recogida de datos, previamente validado mediante juicio de expertos, siguiendo un enfoque metodológico mixto (Cabero y Llorente, 2013). Dicho cuestionario está compuesto por 18 ítems, organizados en seis preguntas, y explora cinco dimensiones de análisis: (I) *actitudes y emociones hacia la ciencia*; (II) *vocaciones científicas y carreras STEM;* (III) *visión de las personas dedicadas a la ciencia*; (IV) *autopercepción de las capacidades científicas desde una perspectiva de género*; y (V) *referentes científicos del alumnado*.

En esta comunicación, se presenta exclusivamente los resultados del análisis de la dimensión III (visión de las personas dedicadas a la ciencia), integrada por las preguntas 5 y 6, ambas diseñadas de forma complementaria. La pregunta 5, de carácter abierto, solicitó al alumnado que representara gráficamente a una persona dedicada a la ciencia en su lugar de trabajo. La pregunta 6 planteó una tarea mixta de identificación y justificación, en la que el alumnado debía reconocer los contextos en los que consideraba que se estaba desarrollando actividad científica a partir de seis fotografías representativas de distintos ámbitos científicos, (laboratorio contemporáneo, investigación submarina, astronomía histórica, laboratorio antiguo, botánica vinculada a Gregor Mendel y experimentación escolar), argumentando las razones de su elección. La articulación conjunta de ambas preguntas permitió triangular la información obtenida, integrando producciones gráficas y procesos de clasificación acompañados de argumentación, lo que contribuye a una interpretación más robusta y fiable de las concepciones del alumnado sobre la actividad científica y los contextos en los que esta se desarrolla.

Instrumentos de análisis de datos.

Para el análisis de los dibujos (pregunta 5) se aplicó un sistema de categorías previamente validado en estudios anteriores (Morón-Monge y Solís-Espallargas, 2021;2024). Dicho instrumento de análisis

permite la codificación sistemática de tres categorías: (a) el sexo de la figura científica representada (femenino, masculino o ambiguo/no definido); (b) la dimensión social del trabajo científico, atendiendo al número de figuras representadas (actividad individual o colectiva); y (c) el lugar de trabajo, diferenciando entre entornos tradicionalmente asociados a la ciencia (laboratorio) y otros espacios más diversos e inclusivos (naturaleza, aula u otros contextos).

En relación con la pregunta 6, de carácter mixto, se emplearon dos instrumentos de análisis diferenciados en función del tipo de respuesta. Para las respuestas cerradas de selección de imágenes, se diseñó *ad hoc* una matriz de frecuencias (Tabla 1) que organiza las seis imágenes en tres dimensiones teóricas —científicos y científicas actuales, referentes del pasado y ciencia cotidiana— atendiendo a criterios temporales (ciencia contemporánea, histórica o escolar) y contextuales, vinculados a los escenarios de desarrollo de la actividad científica (laboratorio, trabajo de campo o entorno educativo). Por su parte, para el análisis de las respuestas abiertas, correspondientes a la justificación de la elección de las imágenes, se llevó a cabo un análisis de contenido de carácter inductivo mediante una rejilla de patrones. Este procedimiento permitió establecer categorías de análisis emergentes —lugar, instrumento de trabajo, acción, profesión, palabras clave, mención genérica, no categorizable y no responde— a partir de los discursos del alumnado. Dichas categorías facilitaron la identificación de ideas nucleares, significados asociados y criterios implícitos que sustentan las elecciones realizadas, aportando una lectura cualitativa complementaria y coherente con los resultados cuantitativos obtenidos en la fase de selección de imágenes.

Tabla 1. Dimensiones de análisis y descriptores pregunta seis.

Dimensión temática	Imágenes asociadas	Criterio temporal/ tipo de ciencia	Contexto de la actividad	Descriptor
Científicos actuales	Imagen 1, Imagen 2	Ciencia actual	Laboratorio / Campo	Producción de conocimiento científico en la actualidad, tanto en espacios formales tecnificados como en entornos naturales de investigación
Científicos del pasado	Imagen 3, Imagen 4	Ciencia histórica	Campo / Laboratorio	Prácticas científicas desarrolladas en épocas anteriores, basadas en la observación sistemática y la experimentación con los recursos disponibles en cada periodo
Ciencia cotidiana	Imagen 5, Imagen 6	Ciencia escolar y premoderna	Campo / Entorno educativo	Actividad científica vinculada a la vida cotidiana y educativa, centrada en la observación, la indagación y la construcción de conocimiento en contextos no especializados

RESULTADOS

Con respecto a la pregunta 5, de los 130 cuestionarios recogidos, únicamente 118 incluyeron representaciones gráficas susceptibles de análisis, por lo que el estudio se realizó sobre este conjunto de dibujos, tal y como representa la figura 2. En relación con la (a) *categoría sexo* de la figura científica, el 54 % de las representaciones correspondieron a figuras femeninas, el 40 % a figuras masculinas y el 6 % restante se clasificaron como figuras ambiguas o sin marcadores claros de género. Respecto a la (b) *dimensión social del trabajo científico*, el 72 % de los dibujos (n = 85) mostraron a la persona científica trabajando en solitario, mientras que el 28 % (n = 23) representaron situaciones de trabajo colaborativo o acompañado. En cuanto al (c) *lugar o entorno de trabajo*, el 61 % de las representaciones (n = 75)

situaron la actividad científica en un laboratorio, el 15 % (*n* = 19) en contextos mixtos aula–laboratorio, y el resto de los dibujos reflejaron otros entornos, como la naturaleza o espacios no claramente identificables, con una presencia minoritaria.

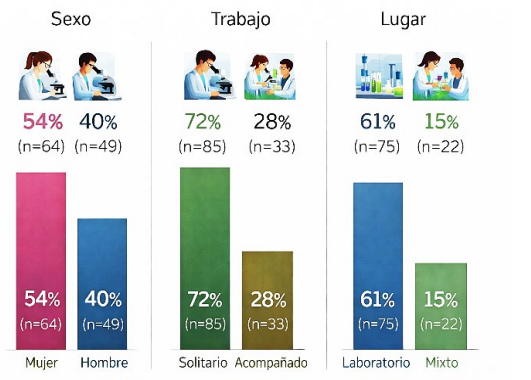


Figura 1a. Resultados dibujos (pregunta 5).

Figura 1b. Resultados selección imagen (pregunta 6)

Por otro lado, en la pregunta 6, centrada en la selección de imágenes que, a juicio del alumnado, representaban la ciencia, los resultados cuantitativos (Figura 1b) muestran que la imagen más seleccionada fue la de una investigadora actual en un laboratorio (imagen 1), con una frecuencia de n = 116 selecciones. A continuación, la imagen del científico del pasado en un laboratorio (imagen 4) fue seleccionada en n = 107 ocasiones. La tercera imagen más seleccionada fue la imagen 6, que representa a una docente junto a escolares realizando actividades científicas en la naturaleza, con n = 68 selecciones. El resto de las imágenes obtuvo frecuencias inferiores.

En cuanto a los resultados cualitativos, las ideas nucleares identificadas en las justificaciones del alumnado para estas tres imágenes más seleccionadas (imágenes 1, 4 y 6) se presentan en la Tabla 2. En las tres imágenes, el criterio principal utilizado por el alumnado para justificar su elección hace referencia a la acción investigativa, expresada mediante afirmaciones como "está haciendo ciencia" o "está investigando". En el caso de la imagen 1, estas justificaciones se acompañan frecuentemente de referencias a los instrumentos de trabajo y al lugar de trabajo (laboratorio), patrón que también se observa en la imagen 4, junto con la mención de rasgos específicos asociados a esta escena, como la presencia de magia o pociones. Por su parte, en la imagen 6, además de la acción investigativa, el alumnado justifica su elección haciendo referencia a acciones educativas, destacando que los niños aprenden ciencia a través de la actividad representada.

Tabla 2. Resultados cualitativos pregunta 6.

Imagen	Categoría/ idea nuclear	Porcentaje (%)	Ejemplos de justificación del alumnado
Imagen 1 (Investigadora actual en laboratorio)	Acción investigativa: investigar / experimentar	**37,04 %**	"Está haciendo experimentos", "está investigando", "está trabajando como científica"
	Instrumento de trabajo	29,63 %	"Usa un microscopio", "tiene probetas", "usa instrumentos científicos"
	Lugar: laboratorio	25,93 %	"Está en un laboratorio", "es un sitio de ciencia"
Imagen 4 (Científico del pasado en laboratorio)	Acción investigativa: investigar / experimentar	**39,80 %**	"Está experimentando", "está probando cosas"
	Acción mágica: pociones	25,24 %	"Hace pociones", "parece magia", "es como un alquimista"
	Instrumento de trabajo	23,30 %	"Tiene frascos", "usa herramientas antiguas"

Imagen	Categoría/ idea nuclear	Porcentaje (%)	Ejemplos de justificación del alumnado
Imagen 6 (Docente y escolares en la naturaleza)	Acción investigativa: observar / recoger muestras	**55,56 %**	"Recogen muestras", "observan insectos", "están investigando fuera"
	Acción educativa: enseñar/ aprender.	22,22 %	"Está enseñando a los niños", "aprenden ciencia", "los niños investigan"

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La triangulación de los resultados de las preguntas 5 y 6 pone de manifiesto que, aunque se han producido avances significativos en la superación de los estereotipos de género, la concepción de la ciencia del alumnado de Educación Primaria continúa fuertemente asociada al científico de "bata" y al laboratorio. La mayor presencia de figuras femeninas en los dibujos evidencia una integración creciente de referentes femeninos en el imaginario científico infantil; sin embargo, este avance convive con rasgos tradicionales persistentes, como la visión individualista del trabajo científico y la centralidad del laboratorio como escenario legitimador de la ciencia. Estos resultados son coherentes con los obtenidos en estudios previos con alumnado y con docentes en formación (Morón-Monge y Solís-Espallargas, 2021, 2024; Gutiérrez y Alvarado-Guzmán, 2025), que ya señalaban una erosión del sesgo androcéntrico sin una transformación equivalente del "dónde" y el "cómo" se hace ciencia.

En comparación con los resultados clásicos de Mead y Métraux (1957) y otros más recientes (Toma et al., 2018), el presente estudio muestra un cambio sustancial en la dimensión de género, ya que la figura del científico deja de ser mayoritariamente masculina. No obstante, persiste una continuidad clara en la asociación de la ciencia a espacios de laboratorio y al trabajo en solitario, lo que indica que el estereotipo no ha desaparecido, sino que se ha reconfigurado parcialmente. En este sentido, el género deja de ser el rasgo definitorio principal, mientras que el contexto espacial adquiere un papel hegemónico como marcador de cientificidad.

Los resultados de la selección de imágenes refuerzan esta lectura. Tanto la ciencia actual como la histórica son reconocidas prioritariamente como tales cuando se desarrollan en un contexto de laboratorio, independientemente del género de la persona científica o de la época representada. El laboratorio emerge, así como el criterio principal de validación, activando una respuesta rápida y automática por parte del alumnado. Esta hegemonía confirma la fuerza simbólica del estereotipo del científico de bata, cuya identificación no requiere un análisis profundo de la actividad que se está realizando, tal como ya apuntaban Couso (2017) y López-Navajas (2014) en relación con el imaginario social de la ciencia escolar.

No obstante, el principal aporte novedoso de este estudio respecto a investigaciones anteriores es que permite comprender los criterios cognitivos que el alumnado utiliza para decidir qué es ciencia y qué no lo es. Los resultados muestran que, cuando el laboratorio no está presente, el alumnado no deja de reconocer la ciencia, sino que recurre a un segundo nivel de validación basado en las prácticas científicas. La elevada selección de la imagen 6, que representa a una docente y a escolares realizando actividades científicas en la naturaleza, evidencia que acciones como observar, investigar o recoger muestras funcionan como criterios alternativos de legitimación. Este hallazgo coincide con investigaciones recientes que destacan el papel de las prácticas científicas —como la observación y el dibujo científico— en la construcción de una comprensión más profunda y metacognitiva de la ciencia (Morón-Monge y García-Carmona, 2025).

Asimismo, el análisis combinado de los distintos instrumentos pone de manifiesto que el dibujo, considerado de forma aislada, tiende a reproducir el estereotipo social dominante, funcionando como una especie de "explicación modelo". En contraste, la selección y justificación de imágenes permite acceder a concepciones más ricas, matizadas y contextualizadas sobre la actividad científica, tal y como señalan también Toma et al. (2018).

En conjunto, los resultados evidencian la coexistencia de concepciones tradicionales e incipientes

aperturas hacia formas más diversas de hacer ciencia. Desde una perspectiva educativa, estos hallazgos subrayan la necesidad de desplazar el foco del "dónde" al "qué se hace", promoviendo propuestas didácticas que sitúen las prácticas científicas —especialmente en contextos de ciencia escolar y de campo— como eje vertebrador de la alfabetización científica. De este modo, se abre una vía clara para romper el estereotipo de la ciencia de bata, no solo visibilizando referentes femeninos, sino transformando el propio significado de "hacer ciencia" en la escuela (Morón-Monge y García-Carmona, 2025a,b).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabero, J. y Llorente, M. C. (2013), La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información (TIC). *En Eduweb. Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación,* 7 (2) pp.11-22. Disponible en http://tecnologiaedu.us.es/tecnoedu/images/stories/jca107.pdf

Couso, D. (2017). Per a què estem en STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Revista Ciències*. 34, 22-30. https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.403

Gutiérrez, C. M., & Alvarado-Guzmán, L. L. (2025). Científicas sin bata: Las imágenes de científicas en docentes en formación. En *Actas del XII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencia*s. (pp. 536-539). Universitat de València.

López-Bassols, V., Grazzi, M., Guillard, C., & Salazar, M. (2018). *Las brechas de género en ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe*: resultados de una recolección piloto y propuesta metodológica para la medición. Banco Interamericano de Desarrollo. http://dx.doi.org/10.18235/0001082

López-Navajas, A. (2014). Análisis de la ausencia de las mujeres en los manuales de la ESO: Una genealogía de conocimiento ocultada. *Revista de Educación*, 363, 282-308. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2012-363-188

Mead, M. & Métraux, R. (1957). Image of the scientist among High-School Students: A Pilot Study. *Science*, 126(3270), 384-390. https://doi.org/10.1126/science.126.3270.384

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. (2025). *Científicas en cifras 2025* (8.ª ed.). Secretaría General de Innovación.

Morón-Monge, H., & García-Carmona, A. (2025)a. Observation and scientific drawing as practices for learning science through metacognition. *Research in Science Education*, 1–23. https://doi.org/10.1007/s11165-025-10303-8

Morón-Monge, H., & García-Carmona, A. (2025)b. ¿Qué le ha pasado al pan?: una actividad basada en prácticas científicas para la formación inicial del profesorado de Primaria. En *Actas del XII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (pp. 1193–1196). Universitat de València.

Morón-Monge, H., & Solís-Espallargas, C. (2021). ¿Cómo imaginas a los que hacen ciencia? Un análisis de los dibujos de maestros en formación. En *XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias*: *Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible* (pp. 1689-1692). Universitat de València.

Morón-Monge, H., & Solís-Espallargas, C. (2024). ¿Cómo imaginas a los que hacen ciencia? Un análisis de los dibujos de los escolares de Educación Primaria desde un enfoque de género. En 31 *Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Hacia una educación científica alineada con la Agenda 2030* (pp. 85-95). Universidad de Oviedo.

Toma, R. B., Greca, I. M., Orozco Gómez, M. L. (2018) Una revisión del protocolo Draw-aScientist-Test (DAST). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 15*(3), 3104. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3104

Educación para la sostenibilidad, creatividad e IA: una experiencia educativa con futuros maestros

Isabel Pont Niclòs [1], Yolanda Echegoyen Sanz [1], Patricia Orozco Gómez [2], Antonio Martín Ezpeleta [2]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Valencia, España
[2] Departamento de Didáctica de la Lengua y la Literatura, Universidad de Valencia, España

* Correspondencia: isabel.pont@uv.es

RESUMEN: La Educación para la Sostenibilidad (EDS) se ha consolidado como un pilar fundamental en los marcos educativos nacionales e internacionales (como la LOMLOE y las directrices de la OCDE), exigiendo enfoques innovadores para su integración en las aulas. En este escenario, resulta esencial abordar los retos ecosociales desde la creatividad, una competencia clave que permite a los estudiantes imaginar alternativas y proponer soluciones. Paralelamente, la Inteligencia Artificial (IA) proporciona enormes oportunidades para mediar y potenciar estos procesos de enseñanza-aprendizaje. El objetivo de esta investigación es explorar el potencial creativo de los futuros maestros en el diseño de narrativas vinculadas a la sostenibilidad, a través de un proyecto que integra el uso racional de herramientas generativas de IA. Este estudio presenta los resultados de una nueva iteración (N=50) de una intervención didáctica previamente validada. Mediante una combinación de instrumentos cualitativos y cuantitativos, se analizan las implicaciones de la IA en el proceso de creación y se comprenden las percepciones de los estudiantes sobre su uso docente. Los resultados confirman el potencial de la IA educativa, especialmente en los procesos de autoevaluación y coevaluación, permitiendo confrontar el resultado de la tarea creativa y promover la reflexión metacognitiva. Finalmente, se discute la importancia de formular buenas preguntas (una habilidad científica y creativa en sí misma) para catalizar el aprendizaje de la sostenibilidad en el nuevo contexto de la IA.

PALABRAS CLAVE: educación para la sostenibilidad; creatividad; inteligencia artificial; futuros maestros; narración

ABSTRACT: Education for Sustainability (EDS) has become a fundamental pillar in national and international educational frameworks (such as the Spanish LOMLOE and OECD guidelines), demanding innovative approaches for its integration into the classroom. In this scenario, it is essential to address eco-social challenges through creativity, a key competence that allows students to imagine alternatives and propose solutions. At the same time, Artificial Intelligence (AI) provides enormous opportunities to mediate and enhance these teaching and learning processes. The objective of this research is to explore the creative potential of prospective teachers in designing narratives linked to sustainability, via a project that integrates the rational use of generative AI tools. This study presents the results of a new iteration (N=50) of a previously validated didactic intervention (Pont-Niclòs et al., 2024). Using a combination of qualitative and quantitative instruments, the implications of AI in the creative process are analyzed, alongside students' perceptions regarding its educational use. The results confirm the potential of educational AI, especially in self-assessment and co-evaluation processes, allowing students to confront the outcomes of the creative task and promote metacognitive reflection. Finally, the study discusses the importance of asking good questions (a scientific and creative skill in itself) to catalyze learning on sustainability in the new context of AI.

KEYWORDS: education for sustainability; creativity; artificial intelligence; prospective teachers; storytelling

MARCO TEÓRICO

En la situación de crisis planetaria actual, proteger la salud del planeta y la salud pública no es posible si no se integra la sostenibilidad en los sistemas educativos. Así, en 2017, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció la educación para el desarrollo sostenible (EDS) como un elemento integral del ODS 4 (Educación de calidad) y un facilitador clave para el resto de ODS. En este contexto, el reciente marco competencial europeo para la sostenibilidad *GreenComp* (Bianchi et al., 2022) propone doce competencias, agrupadas en cuatro áreas diferenciadas, que habrían de desarrollarse en el alumnado de todas las etapas educativas para preparar ciudadanos capaces de abordar los retos actuales y futuros en materia de sostenibilidad. Dentro del área competencial 3 "prever futuros sostenibles" se encuentra la competencia 3.3 "pensamiento exploratorio", que tiene por objeto fomentar la creatividad con el fin de proyectar futuros alternativas, aprovechando diferentes disciplinas, tradiciones y culturas de forma multidisciplinar.

De hecho, en los últimos tiempos el debate sobre la importancia de la creatividad en la educación se ha intensificado de forma notable, dejando de ser considerada un don exclusivo para entenderse como una competencia transversal esencial. Este cambio de paradigma obedece, en gran medida, a la inclusión de la evaluación del pensamiento creativo en pruebas internacionales como PISA 2022 (OECD, 2019), prestando especial atención a la expresión creativa y a la resolución de problemas científicos y sociales. A nivel nacional, la reciente ley educativa LOMLOE se alinea con esta corriente, dictaminando que la creatividad debe trabajarse en todas las materias de forma transversal (BOE, 2020). Esta transversalidad adquiere una urgencia crítica en el marco de la EDS. Abordar los complejos desafíos ecosociales contemporáneos requiere alejarse de la mera transmisión de conocimientos para fomentar un pensamiento divergente capaz de imaginar escenarios alternativos y proponer soluciones sostenibles e innovadoras (Echegoyen-Sanz, Morote, & Martín-Ezpeleta, 2024).

Para comprender cómo articular este fomento creativo, resulta fundamental partir de una conceptualización teórica clara. Kaufman y Beghetto (2009), en su teoría de las "4 C", dividen esta última en dos categorías esenciales para el ámbito escolar: la Little-c, referida a las acciones diarias que afectan al individuo y su entorno; y la Mini-c, que es inherente al propio proceso de enseñanza-aprendizaje y resulta indispensable para la formación de representaciones mentales. Son precisamente la Little-c y la Mini-c las que deben y pueden promoverse sistemáticamente en las aulas.

En este escenario, la formación inicial de los maestros es clave para promover la creatividad y la EDS en las aulas. Sin embargo, los planes educativos actuales a menudo no prestan suficiente atención a estos asuntos, y los profesores rara vez se sienten respaldados para transformar las políticas educativas en prácticas reales (Patston et al., 2021). Tampoco reciben una formación adecuada que les ayude a planificar entornos creativos, aunque según Chan y Yuen (2014) es imperativo que los docentes cultiven primero su propia creatividad para poder inspirarla en sus alumnos. Así, los docentes proporcionarán ejemplos creativos que los estudiantes puedan emular, un modelo que se alinea con el aprendizaje de la creatividad por emulación (Martín-Ezpeleta et al., 2024). Sin embargo, el primer paso para lograrlo es propiciar en los futuros maestros una reflexión metacognitiva sobre la propia creatividad, algo que ha demostrado aumentar su autoconfianza creativa y generar efectos transferibles a sus prácticas docentes (Lee & Portillo, 2022).

Un método didáctico idóneo para desarrollar estas habilidades creativas, al tiempo que se abordan los retos de la EDS, es la creación de narrativas o storytelling, una tendencia emergente en el contexto educativo (Robin, 2016). La narración permite a los futuros maestros diseñar historias orientadas a la concienciación sobre problemas sociales y ambientales (Daskolia et al., 2015). Sin embargo, para que esta técnica alcance su máximo potencial, es necesario incorporar la reflexión a la mezcla metodológica, logrando así una mayor comprensión y conexión con el proceso de escritura y los valores éticos que se transmiten (Hamilton, 2019).

En el contexto educativo actual, esa reflexión puede abordarse mediante la colaboración con la Inteligencia Artificial (IA), utilizando un enfoque "co-creativo", donde la novedad y la innovación surgen a través de las ideas y acciones compartidas entre el usuario y la máquina. Todo ello, impulsa

a los estudiantes a participar en una reflexión metacognitiva profunda sobre sus propias creaciones y percepciones sobre la sostenibilidad. Diversos estudios con profesores en formación demuestran este potencial didáctico. Por ejemplo, Urban et al. (2023) determinaron que herramientas como ChatGPT sirven de apoyo para profundizar en las ideas, permitiendo explorar el espacio del problema con más detalle e inspirando combinaciones novedosas que contribuyen a soluciones finales más originales. En la misma línea, Vicente-Yagüe et al. (2023) demostraron el potencial de la colaboración híbrida humano-IA, sentando las bases de un nuevo modelo de enseñanza apoyado en el trinomio escritura-creatividad-IA. Incluso las propias limitaciones de la IA (como su falta de experiencia vital, emoción o conciencia) pueden utilizarse estratégicamente para desarrollar la conciencia crítica del alumnado sobre el lenguaje y mejorar sus modelos a través de la retroalimentación (Li, 2024)

METODOLOGÍA

Este estudio constituye una nueva fase de implementación de un proyecto previo (Pont-Niclòs et al., 2024). Concretamente, la muestra de este estudio estuvo constituida por 50 estudiantes de segundo curso de la asignatura Ciencias Naturales para maestros, del Grado en Maestro/a en Educación Infantil de la Universidad de Valencia, durante el segundo semestre del curso académico 2024-2025. Todos los participantes accedieron a formar parte del estudio tras recibir información sobre los objetivos de la investigación y los procedimientos de tratamiento de datos. La muestra es representativa de la población típica de dicho curso, con una edad media de 22.2 años y una distribución heterogénea por género, conformada por un 91% de mujeres y un 9% de hombres. En cuanto al diseño de la investigación, este es de carácter exploratorio y experimental mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. La intervención didáctica desarrollada persiguió el desarrollo del potencial creativo de los estudiantes para generar historias útiles para su futura práctica docente, integrando eficazmente la EDS y el uso de la IA. Para el desarrollo del estudio, los estudiantes de cada grupo se dividieron en diferentes grupos de trabajo (4-5 estudiantes) y completaron una secuencia estructurada en cuatro fases. En la primera, utilizaron Story Cubes (un juego de mesa de dados con figuras) para crear colaborativamente una historia original, absteniéndose expresamente de utilizar herramientas de IA generativa. Este enfoque lúdico y abierto fomenta la creatividad al establecer un ambiente distendido propicio para el diálogo (Weder et al., 2019). Además, elaboraron una ficha didáctica especificando el tema, los personajes y el valor educativo. En la segunda fase, realizaron una encuesta sobre su percepción sobre el uso de la IA en entornos académicos. En la tercera fase, emplearon ChatGPT v.3.5 para redactar una versión alternativa de su historia. Finalmente, compararon su narración original con la producida por la IA para crear la versión final, redactando un ensayo en el que justificaban su decisión metacognitiva y detallaban todo el proceso de elección. Para la recogida y el análisis de datos, se combinaron diferentes instrumentos. Por un lado, para conocer el uso que hacen los estudiantes universitarios de las herramientas de IA generativa y sus preocupaciones sobre las implicaciones en su futura práctica, se utilizó una versión adaptada de la encuesta internacional GSS de 2023 (Chegg.org, 2023). Por otro lado, la creatividad de los cuentos finales generados durante la intervención se analizó mediante métodos de investigación cualitativos. Específicamente, se empleó una versión adaptada del marco de 12 categorías desarrollado por Echegoyen-Sanz y Martín-Ezpeleta (2021), basado a su vez en trabajos previos sobre narrativa y creatividad (Yilmaz & Goktas, 2017). Este marco evalúa aspectos cualitativos como los elementos de la narración, la tipología de personajes y la inclusión de conjuntos estético-artísticos, obteniéndose una puntuación total de creatividad calculada como la suma de todas las categorías (con una puntuación máxima de 17). El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo utilizando el software SPSS v.28

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a través de la encuesta GSS adaptada revelan una integración masiva de las herramientas de IA generativa en las prácticas académicas de los futuros docentes. Prácticamente la totalidad de los participantes (90%) afirma utilizarlas para sus tareas universitarias. Los propósitos principales se centran en la generación de borradores o ideas iniciales (40%), la comprensión de conceptos complejos (20,0%) y la búsqueda de información (20%).

A pesar de esta alta tasa de adopción, motivada por la reducción del tiempo invertido en las tareas y el fomento de la creatividad, los estudiantes muestran preocupaciones significativas frente a estas tecnologías. Destaca el miedo a recibir información inexacta (50%) y la sensación de estar cometiendo fraude académico (40%). Además, al interactuar con estas herramientas experimentan una combinación de curiosidad (30,0%), indiferencia, culpa y temor. Ante este escenario, la inmensa mayoría (80%) demanda recibir formación específica sobre IA en su etapa universitaria, coincidiendo con tendencias globales que subrayan la necesidad de proporcionar directrices claras para un uso académico ético e integrar la experiencia humana en el proceso (Chegg.org, 2023).

En cuanto a la intervención didáctica de storytelling (cuyas temáticas derivaron de forma natural hacia valores éticos, retos sociales y sostenibilidad, como el acoso escolar, la solidaridad o el cuidado de la naturaleza), el análisis cualitativo arroja resultados muy reveladores sobre la co-creatividad humano-máquina. Las puntuaciones de creatividad de las narrativas finales se situaron en un rango medio-alto.

Resulta especialmente destacable el proceso de toma de decisiones. Aunque todos los grupos de estudiantes interactuó con la IA formulando más de una consulta (refinando progresivamente sus instrucciones), la influencia directa de la herramienta en el texto final fue selectiva y moderada. Únicamente, un 10% de los grupos decidió conservar el cuento generado por la IA, mientras que el 30% de los grupos decidió conservar su historia original intacta, y un 60% aplicó únicamente modificaciones menores sugeridas por ChatGPT. Estas adaptaciones se centraron, sobre todo, en enriquecer las descripciones de personajes o escenarios y en incorporar recursos lingüísticos, como los diálogos Las justificaciones redactadas por los futuros maestros indican un alto grado de metacognición: emplearon la IA como un "espejo" para confrontar sus ideas, pero priorizaron salvaguardar la esencia, la claridad y el tono de su relato original para mantener su adecuación al alumnado de Educación Infantil.

Esto evidencia que, bajo un diseño instruccional pautado, la IA no reemplaza el pensamiento crítico, sino que actúa como catalizador para la reflexión creativa y el perfeccionamiento de la competencia escrita, reafirmando la necesidad de implementar intervenciones estructuradas en el aula (Ng et al., 2023).

CONCLUSIONES

La integración de herramientas de IA generativa en entornos educativos representa una oportunidad significativa para promover la EDS y la creatividad entre los futuros maestros. A través de la intervención didáctica estructurada de creación de narrativas (storytelling) vinculadas a los retos ecosociales y la sostenibilidad, se ha evidenciado que la IA actúa como un valioso agente co-creativo. Aunque estas herramientas ofrecen una notable asistencia en la generación de ideas y mejoras lingüísticas, los estudiantes han demostrado un criterio didáctico sólido al mantener la esencia, el tono y la adecuación de sus relatos originales. Esto sugiere que la tecnología debe complementar, pero nunca reemplazar, el pensamiento crítico y las habilidades colaborativas inherentes a la creación humana. El hallazgo más destacable de esta experiencia es el fomento de la metacognición creativa.

La IA facilita enormemente los procesos de autoevaluación, obligando al alumnado a confrontar su propio producto creativo y a reflexionar sobre los valores ecosociales que desean transmitir. Sin embargo, los sentimientos ambivalentes que experimentan los estudiantes (una mezcla de curiosidad, culpa y miedo), sumados a sus preocupaciones sobre la precisión de la información y la integridad académica, revelan una urgente necesidad institucional. Resulta imperativo que las universidades proporcionen directrices claras, apoyo continuo y formación específica sobre el uso ético y didáctico de la IA. De este modo, los futuros docentes no solo aprenderán a utilizar estas herramientas en su propio proceso de aprendizaje, sino que estarán capacitados para guiar a las nuevas generaciones en un uso reflexivo y crítico de la IA, que potencie tanto la educación científica, como la creatividad y la EDS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bianchi, G., Pisiotis, U., y Cabrera, M. (2022). *GreenComp. The European sustainability competence framework. European Commission: Joint Research Centre*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/13286

Boletín Oficial del Estado (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Gobierno de España. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17264

Chan, S., y Yuen, M. (2014). Personal and Environmental Factors Affecting Teachers Creativity-Fostering Practices in Hong Kong. *Thinking Skills and Creativity, 12*, 69-77.

Chegg.org (2023). *Global Student Survey.* Tides Foundation. https://www.chegg.org/global-student-survey-2023

Daskolia, M., Kynigos, C., y Makri, K. (2015). Learning about Urban Sustainabilty with Digital Stories Promoting Collaborative Creativity from a Constructionist Perspective. *Constructivist Foundations, 10(*3), 388-396.

Echegoyen-Sanz, Y., y Martín-Ezpeleta, A. (2021). Creatividad y ecofeminismo en la formación de maestros: análisis cualitativo de cuentos digitales. *Profesorado: revista de currículum y formación del profesorado, 25*(1), 24-44. https://doi.org/10.30827/profesorado.v25i1.15290

Echegoyen-Sanz, Y., Morote, A., y Martín-Ezpeleta, A. (2024). Transdisciplinary education for sustainability. Creativity and awareness in teacher training. *Frontiers in Education, 8*, 1327641. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1327641

Hamilton, S. (2019). Reflection(s) In/On Digital Writing's Hybrid Pedagogy, 2010-2017. *Computers and Composition, 52*, 158-174. https://doi.org/10.1016/j.compcom.2019.02.006

Kaufman, J. C., y Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four C model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1-12. https://doi.org/10.1037/a0013688

Lee, J. H., y Portillo, M. (2022). Transferability of creative self-belief across domains: The differential effects of a creativity course for university students. *Thinking Skills and Creativity, 43*, 100996. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100996

Li, R. (2024). A "Dance of storytelling": Dissonances between substance and style in collaborative storytelling with AI. *Computers and Composition, 71*, 102825. https://doi.org/10.1016/j.compcom.2024.102825

Martín-Ezpeleta, A., Saneleuterio, E., Mínguez-López, X. y Echegoyen-Sanz, Y. (2024). Generation of creative metaphors and perception of creativity of future teachers. *Revista Complutense de Educación*, *35*(3), 659-669.

Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., y Chu, S. K. W. (2023). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Education and Information Technologies, 28*(7), 8445-8501. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w

OECD (2019). *PISA 2021 creative thinking framework (third draft).* OECD publishing. https://www.oecd.org/pisa/innovation/creative-thinking

Patston, T. J., Kaufman, J. C., Cropley, A. J., y Marrone, R. (2021). What Is Creativity in Education? A Qualitative Study of International Curricula. *Journal of Advanced Academics, 32*(2), 207-230. https://doi.org/10.1177/1932202X20978356

Pont-Niclòs, I., Echegoyen-Sanz, Y., Orozco-Gómez, P., y Martín-Ezpeleta, A. (2024). Creativity and artificial intelligence: A study with prospective teachers. *Digital Education Review, 45*, 91-97. https://doi.org/10.1344/der.2024.45.91-97

Robin, B. R. (2016). The power of digital storytelling to support teaching and learning. *Digital Education Review, 30*, 17-29.

Urban, M., Dechterenko, F., Lukavsky, J., Hrabalová, V., Svacha, F., Brom, C., y Urban, K. (2023). ChatGPT Improves Creative Problem-Solving Performance in University Students: An Experimental Study. *Computers and Education, 215*, 105031. https://doi.org/10.31234/osf.io/9z2tc

Vicente-Yagüe-Jara, M. I., López-Martínez, O., Navarro-Navarro, V., y Cuéllar-Santiago, F. (2023). Writing, creativity, and artificial intelligence. ChatGPT in the university context. *Comunicar, 77*, 47-57. https://doi.org/10.3916/C77-2023-04

Weder, F., Lemke, S., y Tungarat, A. (2019). (Re)storying sustainability: The use of story cubes in narrative inquiries to understand individual perceptions of sustainability. *Sustainability, 11*(19), 5264. https://doi.org/10.3390/su11195264

Yilmaz, R. M., y Goktas, Y. (2017). Using Augmented Reality Technology in Storytelling Activities: Examining Elementary Students' Narrative Skill and Creativity. *Virtual Reality, 21*, 75-89. https://doi.org/10.1007/s10055-016-0300-1

Evaluar la Nueva Cultura del Agua en formación docente: comparación entre dos instrumentos de medida

Alejandra Ramírez-Segado[1], María Rodríguez-Serrano[1], Alicia Benarroch Benarroch[1]*

[1]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

*Correspondencia: alermzsgd@ugr.es

RESUMEN: La complejidad de los desafíos hídricos actuales requiere enfoques educativos que integren perspectivas ecosociales y superen visiones tradicionales centradas únicamente en la disponibilidad del recurso. En este contexto, la Nueva Cultura del Agua (NCA) constituye un marco relevante para analizar la sostenibilidad, la gobernanza y el reconocimiento del agua como derecho humano. El presente estudio compara dos versiones de un instrumento diseñado para evaluar el posicionamiento hacia la NCA en formación docente: una versión inicial y una versión optimizada que se ajusta mejor al marco teórico conceptual de la NCA. Se desarrolló un estudio cuantitativo comparativo con muestras independientes de profesorado en formación inicial. La comparación se realizó mediante indicadores de fiabilidad interna y análisis factorial exploratorio y confirmatorio. Los resultados muestran niveles adecuados de consistencia interna en ambas versiones, así como mejoras en algunos indicadores de ajuste del cuestionario optimizado, particularmente en determinados índices residuales, aunque sin evidenciar un incremento claro en los índices incrementales del modelo confirmatorio. En conjunto, la optimización del instrumento representa un avance en la evaluación educativa de la NCA al mejorar su coherencia conceptual y su capacidad para analizar posicionamientos relacionados con la sostenibilidad hídrica.

PALABRAS CLAVE: Nueva Cultura del Agua, cuestionario, profesorado en formación inicial.

ABSTRACT: The complexity of current water challenges requires educational approaches that integrate ecosocial perspectives and move beyond traditional views focused solely on resource availability. In this context, the New Water Culture (NWC) constitutes a relevant framework for analysing sustainability, governance, and the recognition of water as a human right. This study compares two versions of an instrument designed to assess positioning towards the NWC in teacher education: an initial version and an optimized version that better aligns with the conceptual theoretical framework of the NWC. A comparative quantitative study was conducted with independent samples of pre-service teachers. The comparison was carried out using internal reliability indicators and exploratory and confirmatory factor analyses. The results show adequate levels of internal consistency in both versions, as well as improvements in some fit indicators of the optimized questionnaire, particularly in certain residual indices, although no clear increase is observed in the incremental indices of the confirmatory model. Overall, the optimization of the instrument represents a step forward in the educational assessment of the NWC by improving its conceptual coherence and its capacity to analyse positioning related to water sustainability.

KEYWORDS: New Water Culture; questionnaire; pre-service teachers

INTRODUCCIÓN

La sucesión de borrascas, inundaciones y otros eventos extremos vinculados a la crisis climática, junto con el deterioro de los ecosistemas acuáticos y los conflictos por el acceso al agua, ha reforzado la centralidad de este recurso en las agendas científica, política y educativa. En este contexto, el agua deja de concebirse exclusivamente como un recurso natural gestionable desde perspectivas técnico-productivas para ser entendida como un bien ecosocial complejo, estrechamente vinculado a la sostenibilidad, la justicia ambiental y los derechos humanos.

En las últimas décadas, la literatura científica ha evidenciado que los desafíos hídricos contemporáneos no pueden abordarse exclusivamente mediante soluciones tecnológicas, sino que requieren transformaciones culturales profundas que impliquen cambios en valores, percepciones y prácticas sociales. En este sentido, la dimensión educativa adquiere un papel estratégico al favorecer procesos de alfabetización ecosocial orientados a la formación de una ciudadanía crítica y comprometida con la sostenibilidad del agua.

En este marco, la denominada Nueva Cultura del Agua (NCA) emerge como respuesta crítica al paradigma hidráulico tradicional dominante durante gran parte del siglo XX, proponiendo un enfoque de transición socioecológica alineado con los planteamientos internacionales sobre sostenibilidad, gobernanza participativa y resiliencia territorial. De este modo, la NCA se configura como un marco conceptual especialmente relevante para abordar el agua como problemática socioambiental compleja dentro de la educación científica.

MARCO TEÓRICO

Desde el ámbito educativo, la NCA trasciende la comprensión del ciclo hidrológico o el uso del recurso, incorporando dimensiones ecológicas, sociales, económicas y éticas que configuran el agua como una cuestión sociocientífica compleja. Este enfoque reconoce el carácter poliédrico del agua y la necesidad de abordarla desde perspectivas integradas que relacionen naturaleza, sociedad y sostenibilidad, superando aproximaciones exclusivamente físico-naturales presentes tradicionalmente en la enseñanza (Ramírez-Segado et al., 2021, Benarroch et al., 2022a). En consecuencia, su enseñanza y aprendizaje no se limitan a la adquisición de conocimientos conceptuales, sino que implican la construcción de valores, actitudes y posicionamientos críticos ante distintos modelos de gestión hídrica y sostenibilidad (Ramírez-Segado et al., 2023).

Asimismo, diferentes investigaciones han señalado que las representaciones sociales del agua no se construyen únicamente a partir del conocimiento científico, sino también a partir de experiencias personales, contextos territoriales y discursos culturales que configuran la manera en que las personas interpretan los problemas hídricos (Kwee y Dos Santos, 2023, Nnebuihe, 2019). En el ámbito educativo, estas representaciones influyen tanto en el profesorado como en el alumnado, condicionando las formas en que se comprende la sostenibilidad del agua y las posibles respuestas ante su gestión (Byker y Ezelle-Thomas, 2021). De este modo, la educación científica adquiere un papel fundamental en la construcción de una cultura hídrica crítica que permita cuestionar modelos tradicionales de uso del agua y promover enfoques más sostenibles y socialmente responsables.

Por otro lado, diversos estudios han puesto de manifiesto que los contenidos relacionados con el agua en los materiales educativos, especialmente en los libros de texto, tienden a presentar una visión predominantemente físico-natural del recurso, centrada en el ciclo hidrológico y en sus características físicas (Benarroch et al., 2022b). Esta aproximación puede limitar la comprensión del carácter complejo y multidimensional del agua, al relegar aspectos sociales, económicos o políticos vinculados a su gestión (Khiri et al., 2023). En este sentido, integrar los principios de la NCA en la educación científica supone avanzar hacia una enseñanza que incorpore problemáticas reales, fomente el pensamiento crítico y favorezca la construcción de una ciudadanía comprometida con la sostenibilidad hídrica.

En este contexto, resulta necesario analizar hasta qué punto el alumnado o el profesorado en formación comprenden y se posicionan ante estos principios. Evaluar la comprensión y el posicionamiento ante la NCA supone un desafío metodológico, dado que implica explorar constructos complejos vinculados a percepciones, creencias y marcos interpretativos sobre la sostenibilidad del agua y su gestión socialmente responsable (Ramírez-Segado et al., 2025).

En trabajos previos, Benarroch et al. (2021) diseñaron y validaron un instrumento orientado a analizar el posicionamiento de futuros docentes respecto a los principios de la NCA, estructurado en distintas dimensiones relacionadas con la gestión, los usos y las acciones individuales asociadas al agua. No obstante, los procesos posteriores de aplicación empírica evidenciaron la necesidad de optimizar determinados ítems y dimensiones con el fin de mejorar la consistencia interna, la claridad conceptual y la capacidad discriminativa del instrumento.

A partir de estas consideraciones, el presente estudio plantea la comparación entre la versión inicial del cuestionario y una versión optimizada del mismo, con el objetivo de analizar las mejoras introducidas y valorar su capacidad para representar de forma más precisa el constructo educativo asociado a la NCA.

METODOLOGÍA

Instrumento

Para el presente estudio se analizaron dos versiones de un cuestionario diseñado para evaluar concepciones y posicionamientos del profesorado en formación en relación con la Nueva Cultura del Agua.

La versión inicial del instrumento, utilizada en investigaciones previas, estaba compuesta por 27 ítems organizados en cuatro bloques temáticos. Dado que varios ítems presentaban opciones de respuesta múltiples o categorías analíticas diferenciadas, el proceso de codificación generó un total de 71 variables para el análisis estadístico.

La versión optimizada del cuestionario fue elaborada a partir del análisis de resultados obtenidos en aplicaciones anteriores y de la actualización del marco teórico de referencia. Esta versión incluía 36 ítems que, tras su codificación analítica, generaron 54 variables. La revisión supuso una reorganización conceptual del instrumento con el objetivo de asegurar la cobertura de las siguientes dimensiones: (a) carácter socioambiental del agua, (b) valoración multidimensional del recurso, (c) modelos de gobernanza y corresponsabilidad, (d) gestión sostenible y reducción de la demanda, (e) justicia distributiva y regulación tarifaria, (f) derecho humano al agua y responsabilidad intergeneracional, y (g) huella hídrica directa e indirecta.

La Tabla 1 recoge la matriz de alineación teórico-instrumental que vincula explícitamente los principios fundamentales de la NCA con las dimensiones del constructo evaluado, los contextos definidos en el cuestionario optimizado y los ítems correspondientes. Esta matriz tuvo como objetivo asegurar la representatividad conceptual del instrumento y evitar tanto la sobrerrepresentación como la omisión de dimensiones relevantes del posicionamiento sociocientífico hacia la NCA. En particular, se verificó que cada contexto evaluativo respondiera a un principio estructural del marco teórico y que los ítems asociados permitieran explorar no solo el conocimiento declarativo, sino también la valoración crítica, la toma de postura normativa y la atribución de responsabilidad individual y colectiva.

Tabla 1. Matriz de alineación teórico-instrumental del cuestionario optimizado

Dimensión del constructo	Principio NCA asociado	Bloque	Contexto	Ítems	Tipo de posicionamiento evaluado
Comprensión socioambiental	Agua como sistema socioecológico	Bloque 1	Contexto 1	1-6	Reconocimiento de causas y límites ecológicos
Valoración multidimensional	Valor social, cultural y patrimonial del agua	Bloque 2	Contexto 2	7-12	Jerarquización de valores (económico vs. ecosocial)
Gobernanza y corresponsabilidad	Gestión participativa y transparente		Contexto 3	13-18	Modelo de toma de decisiones y responsabilidad colectiva
Modelo de gestión sostenible	Prioridad a la reducción de demanda	Bloque 3	Contexto 4	19-29	Preferencia por modelos estructurales vs. tecnocráticos
Justicia hídrica y regulación	Equidad y acceso universal		Contexto 5	30-35	Criterios distributivos y sancionadores
Derecho humano e intergeneracionalidad	Agua como derecho humano y deber colectivo	Bloque 4	Contexto 6	36-41	Equilibrio entre derecho, deber y sostenibilidad futura
Huella hídrica directa e indirecta	Responsabilidad ecosocial ampliada		Contexto 7	42-54	Reconocimiento de impactos sistémicos del consumo

Participantes

La investigación se desarrolló con muestras independientes de estudiantes universitarios en formación inicial docente, pertenecientes a titulaciones del ámbito educativo, concretamente el Grado en Educación Infantil, el Grado en Educación Primaria, el Doble Grado en Educación Primaria y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, y el Máster del Profesorado. La versión inicial del cuestionario se aplicó a N = 455 participantes, mientras que la versión optimizada se administró a una muestra independiente compuesta por N = 380 estudiantes.

Procedimiento

Dado que ambas versiones fueron aplicadas a muestras independientes, el análisis se centró en el comportamiento psicométrico del instrumento, evitando la comparación directa de puntuaciones entre participantes.

La fiabilidad del instrumento se evaluó mediante índices de consistencia interna. Se estimó el coeficiente omega de McDonald como indicador principal, complementado con el alfa de Cronbach.

Los análisis factoriales exploratorios (AFE) y confirmatorios (AFC) se realizaron a partir de dos mitades independientes de una misma muestra, obtenidas mediante una partición aleatoria de los datos. El AFE se aplicó a la primera submuestra y el AFC a la segunda.

El tratamiento y análisis de los datos se llevó a cabo mediante el entorno estadístico R (R Core Team).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos de consistencia interna, ambos instrumentos presentan valores globales de alfa de Cronbach similares, con un ligero incremento en el cuestionario inicial (α = 0,794) respecto al cuestionario optimizado (α = 0,762). Estos valores son acordes con los criterios de interpretación propuestos por George y Mallery (2019), quienes consideran que coeficientes superiores a 0,70 indican un nivel de fiabilidad aceptable para instrumentos de investigación en ciencias sociales.

No obstante, al analizar la fiabilidad mediante omega de McDonald, se observa una mejora más notable en la versión optimizada (ω = 0,926) frente a la versión inicial (ω = 0,888). Cuando se examinan los resultados por bloques del cuestionario, se aprecia un comportamiento heterogéneo entre ambas versiones del instrumento, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Fiabilidad por bloques de ambos cuestionarios

Bloques	Cuestionario inicial		Cuestionario optimizado	
	Alfa de Cronbach	Omega de McDonald	Alfa de Cronbach	Omega de McDonald
Bloque 1	0,400	0,791	0,322	0,529
Bloque 2	0,618	0,774	0,561	0,667
Bloque 3	0,420	0,714	0,444	0,925
Bloque 4	0,808	0,892	0,794	0,885

Las diferencias observadas entre los coeficientes alfa y omega sugieren que los ítems presentan cargas factoriales heterogéneas, lo que limita el supuesto de tau-equivalencia requerido por el alfa de Cronbach. En este sentido, el coeficiente omega ofrece una estimación más adecuada de la consistencia interna del instrumento. Por otro lado, aunque algunos bloques muestran una ligera disminución en el coeficiente omega, el aumento de la consistencia interna global sugiere que la reorganización conceptual del instrumento ha permitido mejorar su coherencia general, aun cuando ciertas dimensiones reflejan constructos más heterogéneos.

El análisis de las correlaciones ítem-total corregidas evidenció una mejora en la coherencia interna del cuestionario optimizado, al mostrar valores generalmente más elevados y una menor presencia de ítems con correlaciones negativas o próximas a cero.

En relación con el AFE se realizó mediante extracción de ejes principales (principal axis factoring) con rotación oblimin. La comparación entre ambas versiones del instrumento muestra una mejora en el cuestionario optimizado. La solución de siete factores incrementa la varianza total explicada del 38% al 53%, manteniendo un ajuste del modelo adecuado (RMSR = 0,04 en ambos casos).

Respecto al AFC, ambos instrumentos presentan valores bajos en los índices incrementales (CFI y TLI), lo que indica un ajuste limitado del modelo factorial propuesto. No obstante, los índices basados en residuales muestran valores aceptables en ambos casos, con valores de RMSEA inferiores a 0,05. Asimismo, el cuestionario optimizado presenta una ligera mejora en el índice SRMR (0,087) respecto al cuestionario inicial (0,093), lo que indica una reducción moderada de los residuos del modelo. Estos datos sugieren un comportamiento psicométrico comparable entre ambas versiones del instrumento, con indicios de una ligera mejora en el ajuste residual en la versión optimizada.

Tabla 3. Comparación de índices de ajuste del análisis factorial confirmatorio

Modelo	CFI	TLI	RMSEA [IC90%]	SRMR
Cuestionario inicial	0,293	0,259	0,034 [0,030-0,039]	0,093
Cuestionario optimizado	0,231	0,180	0,047 [0,041-0,052]	0,087

Aunque el cuestionario optimizado muestra mejoras en los indicadores de fiabilidad y en algunos índices residuales, estas mejoras no se traducen necesariamente en un aumento de los índices incrementales del modelo confirmatorio. Este resultado sugiere que, si bien la optimización del instrumento ha permitido reforzar la coherencia interna y mejorar ciertos aspectos de la estructura empírica, el constructo evaluado continúa presentando una complejidad conceptual que dificulta su modelización factorial mediante estructuras estrictamente definidas.

En conjunto, los resultados indican que la versión optimizada representa un avance en términos de consistencia y coherencia interna respecto al instrumento inicial, aunque la evaluación de la NCA sigue planteando desafíos metodológicos asociados a la naturaleza multidimensional y crítica del constructo.

CONCLUSIONES

La optimización del instrumento no supone únicamente una mejora técnica, sino una redefinición del modo en que la NCA puede ser evaluada en contextos educativos. La incorporación de dimensiones relacionadas con la gobernanza, la gestión sostenible y el agua como derecho humano permite avanzar hacia instrumentos capaces de analizar posicionamientos socioambientales complejos, alineados con los actuales enfoques de educación para la sostenibilidad. Disponer de instrumentos conceptualmente coherentes resulta fundamental para diagnosticar las concepciones del profesorado en formación y diseñar propuestas educativas orientadas a promover una ciudadanía crítica ante los desafíos hídricos contemporáneos.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra la aplicación de ambas versiones del instrumento a muestras independientes, lo que restringe la comparación directa de resultados individuales y orienta el análisis hacia el comportamiento conceptual y psicométrico del instrumento. Futuras investigaciones permitirán analizar la estabilidad del instrumento optimizado en distintos contextos educativos y poblaciones formativas.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto con Nº Ref: MEL-07-UGR25 financiado por la Ciudad Autónoma de Melilla en su compromiso con la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benarroch, A., Rodríguez-Serrano, M. y Ramírez-Segado, A. (2021). New Water Culture versus the Traditional: Design and Validation of a Questionnaire to Discriminate between Both. *Sustainability, 13*(4), 2174. https://doi.org/10.3390/su13042174

Benarroch, A., Rodríguez-Serrano, M. y Ramírez-Segado, A. (2022a). Conocimientos del profesorado en formación inicial sobre la Nueva Cultura del Agua. *Enseñanza de las Ciencias*, *40*(2), 147-166. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3554

Benarroch, A., Castro-Velásquez, F. E., Clavijo, V. J., y Ramírez-Segado, A. (2022b). La cultura sobre el agua en los libros de texto. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19*(1), 1501. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1501

Byker, E.J., y Ezelle-Thomas, V. (2021). Preparing teacher candidates with global competencies: Taking action on the global water crisis with service learning. *Journal of Research in Childhood Education, 2*, 268-280. https://doi.org/10.1080/02568543.2021.1880996

George, D., y Mallery, P. (2019*). IBM SPSS Statistics 25 Step by Step: A Simple Guide and Reference, 15th Edition*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781351033909

Khiri, F., Benbrahim, M., Kaid Rassou, K., Amahmid, O., Rakibi, Y., El Guamri, Y., Itouhar, M., Mrabet, N., Yazidi, M., Razoki, B., y El Badri, A. (2023). Water education and water culture in curricula for primary, middle and upper secondary school levels. *Australian Journal of Environmental Education*, *39*(1), 37-54. https://doi.org/10.1017/aee.2022.9

Kwee, C.T.T., y Dos Santos, L.M. (2023). An international study of high school teachers' experience of incorporating water resources in their teaching. *Frontiers in Education, 7,* 1065228. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1065228

Nnebuihe N. (2019) The Efficacy of Dimensional Shingle on National Integration, Development and Sustainability: Education, Culture and Innovation. *International Journal of Research Development 11*(1), 1-6. https://www.globalacademicgroup.com/journals/approaches/V11N1P14-2019_Approaches.pdf

Ramírez-Segado A., Castro-Velásquez, F. E., Benarroch, A. (2025). Water Sustainability among Secondary Education Teachers: Perspectives from Two Hispanic Cities. *Australian Journal of Environmental Education*, 1-16. https://doi.org/10.1017/aee.2025.10084

Ramírez-Segado, A., Rodríguez-Serrano, M. y Benarroch, A. (2021) El agua en la literatura educativa de las dos últimas décadas. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(1), 1107. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1107

Ramírez-Segado, A., Rodríguez-Serrano, M., Castro-Velásquez, F.E., Benarroch, A. (2023). Knowledge of Trainee Teachers about the New Water Culture: A Comparative Study between Two Spanish Cities. *Sustainability, 15*(18), 13672. https://doi.org/10.3390/su151813672

Convergencias educativas entre STEM, sostenibilidad y justicia social: una revisión sistemática

Susana Rams [1],, Araceli García-Yeguas [1], Sila Pla-Pueyo [1] y Francisco Javier Perales-Palacios [1]*

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

* Correspondencia: susanarams@ugr.es

RESUMEN: La educación científica actual está ampliando su foco hacia problemas complejos vinculados con la sostenibilidad y la justicia social. Esto está generando desencuentros entre los marcos teóricos y conceptuales que tradicionalmente han definido estos tres campos. Para aportar datos a este debate se presenta una revisión sistemática de la literatura, de acuerdo con las directrices PRISMA 2020, sobre las posibles conexiones entre educación para la sostenibilidad, los enfoques integradores STEM-STEAM y la justicia social. Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se analizaron 25 artículos, presentes en los portales Web of Science y Scopus, publicados entre 2015 y 2023. Los resultados muestran que las conexiones existen, con predominio de las propuestas situadas en Educación Secundaria y Universitaria, aunque todavía configuran una intersección emergente y aparentemente concentrada en el contexto estadounidense. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible más presentes fueron el ODS 4 (Educación de Calidad), el ODS 10 (Reducción de las Desigualdades) y el ODS 12 (Producción y consumo responsables). Los hallazgos sugieren que la justicia socioambiental puede integrarse en la educación científica cuando se ponen en juego de forma interconectada la indagación guiada, la reflexión crítica y la acción transformadora, especialmente a través de diseños que trabajen problemas locales, vulnerabilidad socioambiental, participación comunitaria y producción de datos propios con apoyo tecnológico. Se concluye con implicaciones concretas para el diseño didáctico y la formación del profesorado.

PALABRAS CLAVE: educación ambiental; justicia ambiental; Agenda 2030

ABSTRACT: Current science education is broadening its focus to include complex issues related to sustainability and social justice. This shift is creating tensions among the theoretical and conceptual frameworks that have traditionally defined these three fields. To contribute evidence to this debate, a systematic literature review was conducted, following the PRISMA 2020 guidelines, on the potential connections among education for sustainability, integrative STEM-STEAM approaches, and social justice. After applying the inclusion and exclusion criteria, 25 articles indexed in the Web of Science and Scopus databases, published between 2015 and 2023, were analyzed. The results show that such connections do exist, with a predominance of studies situated in secondary and higher education, although they still constitute an emerging area of intersection that appears to be concentrated primarily in the United States. The Sustainable Development Goals most frequently addressed were SDG 4 (Quality Education), SDG 10 (Reduced Inequalities), and SDG 12 (Responsible Consumption and Production). The findings suggest that socioenvironmental justice may be integrated into science education when guided inquiry, critical reflection, and transformative action are brought together in an interconnected way, particularly through designs that address local problems, socio-environmental vulnerability, community participation, and the production of original data supported by technology. This piece of research concludes with concrete implications for instructional design and teacher education.

KEYWORDS: environmental education; environmental justice; 2030 Agenda

INTRODUCCIÓN

La tradicional educación ambiental se imbrica actualmente con la educación para el desarrollo sostenible. En ese desplazamiento, además de la necesidad de comprender la crisis ecosocial y promover cambios ciudadanos (Olsson *et al.*, 2022), toman relevancia los aspectos científicos y tecnológicos para su abordaje. Sin embargo, más información ambiental en sí misma no garantiza comprensión crítica ni transformación y un activismo sin reflexión puede vaciar de sentido educativo las acciones desarrolladas (Rodríguez-Marín y García-Díaz, 2009). A la vez, los enfoques de integración disciplinar STEM-STEAM han ganado presencia en la enseñanza de las ciencias al proponer la resolución de problemas reales combinándolos con metodologías activas. Su apertura a cuestiones ambientales ha generado oportunidades y también tensiones, ya que la educación ambiental suele cuestionar lógicas de desarrollo insostenibles, mientras que STEM nace ligado a discursos de competitividad económica (Martín-Páez *et al.*, 2019). En este marco, la justicia social y ambiental aportan una dimensión decisiva. Remiten a la distribución desigual de riesgos y beneficios ambientales, al acceso diferencial a entornos saludables y a la participación justa en las decisiones que afectan al medio y a la salud de las comunidades (Hervé, 2010).

Lógicamente, estas intersecciones generan tensiones ideológicas, incluso a pesar de la existencia del enfoque E-STEM (Helvaci y Helvaci, 2019). Algunos marcos de justicia socioambiental se apoyan en marcos ecofeministas, anticoloniales o anticapitalistas, mientras que otras se mantienen en enfoques más desarrollistas o tecnocráticos. Esta diferencia condiciona qué problemas se priorizan, qué soluciones se consideran legítimas y qué papel se atribuye al sistema educativo. Como advierten Smith y Watson (2019), la integración entre sostenibilidad y STEM no es automática: depende de las finalidades educativas y del modelo de sociedad que se quiera promover. Por otra parte, muchas voces apuntan a que la formación inicial y permanente del profesorado necesita una ambientalización curricular más decidida y una preparación específica para trabajar controversias, vulnerabilidad y justicia social desde la educación científica (Cebrián Bernat y Junyent Pubill, 2014; Corpuz *et al.*, 2022).

El problema que orienta esta investigación es que, aunque existen indicios de convergencia entre sostenibilidad, STEM-STEAM y justicia social, no se ha localizado literatura que sistematice sus rasgos principales ni sus implicaciones didácticas. Por ello, el objetivo de la revisión es buscar evidencias de dicha convergencia y, específicamente: a) identificar ámbitos, temáticas y estrategias educativas útiles para visibilizar la justicia ambiental en educación científica y b) catalogar los ODS tratados con mayor y menor frecuencia.

METODOLOGÍA

Se ha realizado una revisión sistemática conforme a PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021). La búsqueda se efectuó en Web of Science y Scopus y se acotó al periodo comprendido entre los meses de septiembre de 2015 y de 2023, tomando como referencia la aprobación de la Agenda 2030 (ONU, 2015). Se incluyeron únicamente artículos con resumen en inglés y texto completo en inglés o español.

La ecuación de búsqueda se estructuró en tres campos aplicados a título, resumen y palabras clave: a) *environmental education OR education for sustainable development OR environmental justice*; b) *STEM OR STEAM*; y c) *justice OR responsible OR ethic OR equity OR inequality OR peace*. La búsqueda arrojó 205 registros brutos. Tras aplicar filtros de fecha y tipo documental y eliminar duplicados, quedaron 85. La lectura de títulos y resúmenes permitió excluir 60 trabajos que no utilizaban STEM-STEAM como eje del estudio. El corpus final de análisis quedó constituido por 25 artículos (Figura 1).

La extracción de información se realizó en dos fases. En la primera se registraron los metadatos ordinarios. En la segunda se codificaron: tipo de estudio, ámbito educativo, etapa, ODS implicados, temática de educación ambiental, temática de justicia social y ambiental, enfoque STEM-STEAM y estrategias educativas. En los estudios empíricos se añadieron: participantes, instrumentos y tipo de análisis. La identificación de ODS se apoyó en la herramienta algorítmica *Sustainable Development Goals* de Scopus. La síntesis combinó frecuencias y análisis temático con apoyo de ©MSExcel y MAXQDA. La información más relevante del corpus se encuenta disponible en el repositorio Zenodo (Rams *et al.*, 2026).

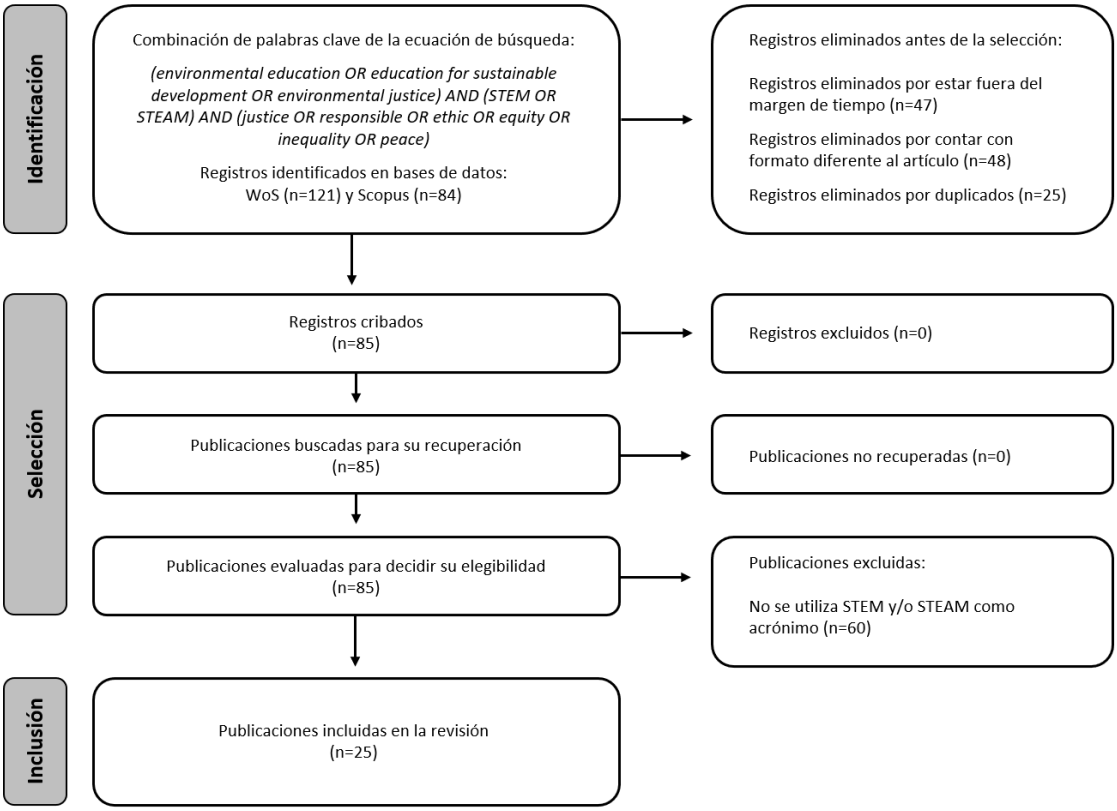


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección del corpus, considerando la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Fuente: elaboración propia con herramientas de ©Microsoft Office.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión muestra que la intersección entre sostenibilidad, STEM-STEAM y justicia social existe, pero se trata de un campo limitado y emergente. Los trabajos se concentran especialmente desde 2021 y presentan un fuerte predominio de autoría e instituciones de Estados Unidos. Este rasgo condiciona los planteamientos de los estudios y otorga gran peso a desigualdades raciales y territoriales propias de ese contexto. Respecto a los ámbitos y etapas, predominan el ámbito formal y las etapas de Educación Secundaria y Universitaria (Tabla 1). La educación primaria aparece escasamente representada, lo que apunta más a un vacío de investigación que a una imposibilidad didáctica. Junto a ello, se localizaron experiencias no formales e híbridas, especialmente vinculadas a ciencia ciudadana y proyectos comunitarios. Este hallazgo es relevante porque cuestiona la idea de que la justicia ambiental pertenezca solo a espacios activistas o extracurriculares. Puede trabajarse también desde la educación científica formal, siempre que exista una auténtica ambientalización curricular y conexión con problemas cercanos (Corpuz *et al.*, 2022).

Los ODS más frecuentemente asociados (Tabla 2) fueron el ODS 4 (Educación de calidad), el ODS 10 (Reducción de las desigualdades) y el ODS 12 (Producción y consumo responsables). El resultado es coherente con la naturaleza educativa del corpus, con la centralidad que adquieren las brechas de acceso a programas STEM-STEAM de calidad y las desiguales de los riesgos ambientales sobre distintas comunidades. La presencia explícita de los ODS en los artículos es, sin embargo, baja, de modo que funcionan más como marco de interpretación que como etiqueta formal. También llama la atención la escasa presencia del ODS 1 (Fin de la pobreza) y ODS 2 (Hambre cero), particularmente relacionados con justicia social; y del ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), lo que sugiere aspectos poco explorados.

Tabla 1. Resumen de la asignación de los 25 artículos analizados a las categorías generales del estudio.

TIPO DE ESTUDIO		PAÍS		ETAPA		ÁMBITO	
Empírico	No empírico	EE.UU.	Otros	Secundaria	Otras	No formal	Formal
14	11	18	7	13	12	5	20

Las temáticas abordadas son diversas, destacando salud ambiental y microorganismos, cambio climático, impacto antropogénico, contaminación y consumo responsable. Su interés no radica solo en el contenido ecológico, sino en que permiten mostrar cómo los problemas ambientales se distribuyen de forma desigual y afectan de manera diferenciada a la salud y al bienestar. De este modo, sostenibilidad, salud y justicia social aparecen entrelazadas. Algunos estudios, por ejemplo, trabajan exposición a tóxicos, vulnerabilidad térmica o acceso desigual a entornos saludables, conectando la educación científica con situaciones de injusticia concretas (Sprague *et al.*, 2020).

Tabla 2. Porcentaje de asignaciones de ODS en los 25 artículos analizados a través de la herramienta «Sustainable Development Goals» del portal SCOPUS.

	OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Total	0%	0%	3,0%	21,2%	4,5%	0%	0%	6,1%	4,5%	21,2%	4,5%	18,2%	1,5%	1,5%	1,5%	6,1%	6,1%

La justicia ambiental se expresa principalmente a través de cuatro núcleos: desigualdades raciales y socioeconómicas, exposición diferencial a peligros ambientales, acceso desigual a experiencias STEM-STEAM de calidad y necesidad de participación comunitaria, tanto en la producción de conocimiento como en la toma de decisiones. Varios trabajos subrayan que no basta con enseñar contenidos ambientales; es necesario problematizar quién sufre los daños, quién dispone de recursos para afrontarlos y quién queda fuera de los espacios de decisión (Kayumova *et al.*, 2019; Flanagan *et al.*, 2022). Esta lectura desplaza la educación científica desde una lógica meramente técnica hacia una misión y visión sociocientífica, ética y política.

En relación con los enfoques curriculares, STEM es claramente dominante y STEAM ocupa un lugar minoritario. Es necesario incidir en que esta autodenominación no siempre implica integración disciplinar sólida, algo ya señalado por la literatura del campo (Martín-Páez *et al.*, 2019; Toma y García-Carmona, 2021).

De igual modo, se detecta que no siempre la fase experimental o matemática tiene el peso esperado en las propuestas de secundaria, lo que podría debilitar el componente STEM de la intervención. Tampoco STEAM incorpora automáticamente justicia social o ambiental y esta debe diseñarse explícitamente como contenido, enfoque y criterio de evaluación.

Las estrategias didácticas identificadas presentan una notable convergencia. Los trabajos más representativos comparten varios rasgos: selección de problemas reales y localmente significativos, participación de la comunidad, metodologías activas y experienciales, producción y análisis de datos propios con apoyo tecnológico, espacios de reflexión crítica y orientación a la acción o transformación social. Destacan, en particular, las propuestas de ciencia ciudadana porque conectan alfabetización científica, uso de herramientas digitales y compromiso con el bien público (Gallay *et al.*, 2021).

IMPLICACIONES DIDÁCTICAS Y CONCLUSIONES

Los hallazgos permiten extraer varias implicaciones para la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Por un lado, la confirmación de que la justicia ambiental puede incorporarse a la educación científica formal (LOMLOE, 2020) mediante secuencias didácticas que partan del conocimiento STEM-STEAM y articulen aspectos prácticos de sostenibilidad. Por otro lado, la orientación sobre sus características

más relevantes para el aprendizaje en futuros diseños, destacando la conveniencia de: a) priorizar problemas locales con impacto perceptible en la salud y en la vida cotidiana; b) centrar las tareas de recogida y análisis de datos en contextos reales propios y partiendo de preguntas consensuadas de interés comunitario; c) acompañar el proceso de reflexión crítica y aplicar una evaluación competencial con feedback formativo; y d) abordar las necesidades formativas en competencias multiculturales para que los docentes puedan guiar reflexiones críticas sin temor a la politización, entendiendo la justicia ambiental como un derecho humano fundamental. Finalmente, la ciencia ciudadana emerge como una vía con alto potencial para integrar sostenibilidad, salud y justicia social en contextos escolares y comunitarios, siempre que no se reduzca a participación instrumental.

Se concluye que la evidencia empírica localizada para abordar el objetivo de investigación se considera limitada; no obstante, el conjunto de características clave que apunta esta literatura sobre ámbitos, temáticas y estrategias educativas que favorezcan la visibilización de la justicia social en contextos STEM-STEAM es congruente entre sí y puede ser implementada en el sistema educativo tanto en ámbitos formales como no formales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto I+D+i PID2023-147028NB-I00 EduCA-STE(A)M "STE(A)M y CIUDADANÍA. Desarrollo con procesos de indagación y argumentación en la formación del docente de ciencias y su enseñanza. Estudio identitario, entornos y género", financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cebrián Bernat, G. y Junyent Pubill, M. (2014). Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. Enseñanza de las ciencias, 32(1), 29-49. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/287507

Corpuz, A. M., San Andres, T. C. y Lagasca, J. M. (2022). Integration of environmental education (EE) in teacher education programs: Toward sustainable curriculum greening. Problems of Education in the 21st Century, 80(1), 119-143. https://doi.org/10.33225/pec/22.80.119

Flanagan, C., Gallay, E. E. y Pykett, A. (2022). Civic science: Addressing racial inequalities in environmental and science, technology, engineering, and math education. Child Development Perspectives, 16, 223-230. https://doi.org/10.1111/cdep.12467

Gallay, E., Flanagan, C. y Parker, B. (2021). Place-Based Environmental Civic Science: Urban Students Using STEM for Public Good. Frontiers in Education, 6, 693455. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.693455

Helvaci, S. C. y Helvaci, I. (2019). An Interdisciplinary Environmental Education Approach: Determining the Effects of E-STEM Activity on Environmental Awareness. Universal Journal of Educational Research, 7(2), 337-346. https://doi.org/10.13189/ujer.2019.070205

Hervé, D. (2010). Noción y elementos de la justicia ambiental: directrices para su aplicación en la planificación territorial y en la evaluación ambiental estratégica. Revista de Derecho (Valdivia), XXIII(1), 9-36. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-09502010000100001

Kayumova, S., McGuire, C. J. y Cardello, S. (2019). From empowerment to response-ability: Rethinking socio-spatial, environmental justice, and nature-culture binaries in the context of STEM education. Cultural Studies of Science Education, 14, 205-229. https://doi.org/10.1007/s11422-018-9861-5

LOMLOE (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. y Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. Science Education, 103(4), 799-822. https://doi.org/10.1002/sce.21522

ONU (2015). Resolución 70/1 de la Asamblea General "Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible", A/RES/70/1 (25 de septiembre de 2015). https://undocs.org/A/RES/70/1

Olsson, D., Gericke, N. y Boeve-de Pauw, J. (2022). The effectiveness of education for sustainable development revisited – a longitudinal study on secondary students' action competence for sustainability. Environmental Education Research, 28(3), 405-429. https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2033170

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P. y Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Revista Española de Cardiología, 74(9), 790-799. https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016

Rams, S., García-Yeguas, A., Pla-Pueyo, S. y Perales-Palacios, F. J. (2026). Convergencias educativas entre STEM, sostenibilidad y justicia social: una revisión sistemática (Version 1) [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.20375431

Rodríguez-Marín, F. y Garcí-Díaz, J. E. (2009). El activismo que no cesa. Obstáculos para incorporar la metodología didáctica basada en la investigación del alumno a la práctica de la Educación Ambiental. Investigación en la Escuela, 67, 23-36. http://hdl.handle.net/11441/60787

Smith, C. y Watson, J. (2019). Does the rise of STEM education mean the demise of sustainability education? Australian Journal of Environmental Education, 35, 1–11. https://doi.org/10.1017/aee.2018.51

Sprague, N., Berrigan, D. y Ekenga, C. C. (2020). An analysis of the educational and health-related benefits of nature-based environmental education in low-income Black and Hispanic children. Health Equity, 4(1), 198-210. https://doi.org/10.1089/heq.2019.0118

Toma, R. B. y García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. Enseñanza de las Ciencias, 39(1), 65-80. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093

Explorando las concepciones del alumnado sobre el sistema agroalimentario contextualizado en el territorio

Carlos Rodríguez-Casals[1], Beatriz Carrasquer Álvarez[1], Esther Cascarosa Salillas[1], Adrián Ponz Miranda[1], Jorge Pozuelo Muñoz[1], Eva María Terrado Sieso[1].

[1] Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza.

*Correspondencia: crodric@unizar.es

RESUMEN: La contextualización del aprendizaje científico en el entorno cercano es un principio fundamental del currículo actual LOMLOE. En este sentido, el sector agroalimentario representa un ámbito relevante para abordar cuestiones relacionadas con la producción de alimentos, el consumo responsable y la sostenibilidad. Este trabajo presenta el diseño, validación y aplicación de un cuestionario *ad hoc* para identificar las concepciones del alumnado de Educación Primaria y Secundaria sobre el sistema agroalimentario en Aragón. El instrumento, compuesto por 40 ítems abiertos y cerrados, fue validado mediante un proceso iterativo que incluyó revisiones de expertos del sector agroalimentario y del profesorado, y de una aplicación piloto. Los resultados obtenidos de una muestra representativa de 309 escolares de centros rurales y urbanos revelan un conocimiento superficial y la existencia de lagunas significativas, especialmente en los procesos de producción, tipos de cultivos y ganadería e identidad productiva regional. Estos hallazgos fundamentan la necesidad de desarrollar recursos didácticos contextualizados, como la guía didáctica propuesta en este proyecto de investigación, y transferencia educativa que conecte la ciencia escolar con el entorno socioeconómico regional.

PALABRAS CLAVE: concepciones del alumnado; sistema agroalimentario; educación científica contextualizada; sostenibilidad

ABSTRACT: The contextualization of scientific learning in the immediate environment is a fundamental principle of the current LOMLOE curriculum. In this sense, the agri-food sector represents a relevant area to address issues related to food production, responsible consumption and sustainability. This paper presents the design, validation and application of an ad hoc questionnaire to identify the conceptions of Primary and Secondary Education students about the agri-food system in Aragón. The instrument, composed of 40 open and closed items, was validated through an iterative process that included experts from the agri-food sector, teachers and a pilot application. The results obtained from a representative sample of 309 schoolchildren from rural and urban centers reveal superficial knowledge and significant gaps, especially in production processes, types of crops and livestock, and regional productive identity. These findings support the need to develop contextualized didactic resources, such as the didactic guide proposed in this research and educational transfer project that connects school science with the regional socioeconomic environment.

KEYWORDS: students' conceptions; agri-food system; contextualized science education; sustainability

INTRODUCCIÓN Y BREVE MARCO TEÓRICO

Con la entrada en vigor del marco educativo de la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020), se enfatiza la necesidad de que la educación deba estar contextualizada en el entorno cercano para promover la significatividad de los aprendizajes, así como el interés del propio alumnado. El alumnado debe tener la oportunidad de participar en investigaciones científicas, analizar y explicar datos, utilizar pruebas para respaldar afirmaciones y tomar parte en debates sobre cuestiones científicas, por ello, para que el profesorado pueda incorporar de forma auténtica estos procesos, deben integrarse en un contexto (Presley et al., 2013; Solbes 2021).

Por otra parte, el estudio de las concepciones del alumnado constituye una línea de investigación consolidada en didáctica de las ciencias. Numerosas investigaciones (Carrascosa, 2005, 2017; Duit y Treagust, 2003; Kaltakci et al., 2015; Taber, 2003) han mostrado que los estudiantes construyen explicaciones propias sobre los fenómenos científicos antes de la enseñanza formal, conocidas como ideas previas o concepciones alternativas, que influyen en el aprendizaje posterior. Identificar estas concepciones resulta clave para diseñar propuestas de enseñanza eficaces y contextualizadas.

El sistema agroalimentario representa un contexto especialmente adecuado para integrar contenidos relacionados con la producción de alimentos, la sostenibilidad ambiental, los hábitos de consumo responsable, la salud y el pensamiento crítico (España et al., 2014; Martin y Massicotte, 2022; Rodríguez-Entrena y Salazar-Ordóñez, 2013). En comunidades autónomas como Aragón, el sector agroalimentario tiene un gran peso económico y una presencia territorial fuerte, pero los recursos curriculares suelen ser generalistas y poco contextualizados, a pesar de que su abordaje en el aula permitiría conectar importantes elementos del aprendizaje científico con la realidad cercana del alumnado. Identificar qué sabe el alumnado es el primer paso para cubrir esta insuficiencia mediante materiales de transferencia específicos.

Merece especial mención cómo se propone el trabajar estas cuestiones en los libros de texto. En concreto, determinadas competencias en salud (alimentación, ejercicio físico) son abordadas, en mayor o menor medida, principalmente desde los niveles informativo y preventivo. Esto es, mediante la transmisión de información teórica centrada en prevención de enfermedades y el desarrollo personal (Torres García et al., 2018). Así, existe una carencia de propuestas que trabajen el desarrollo social y comunitario. Ya hace décadas, se apostaba por mejorar la formación del profesorado en relación con esta temática (Talavera y Gavidia, 2007) para hacer efectivo un mejor y más completo abordaje de estas cuestiones en el aula. No obstante, diversos estudios evidencian la importancia de la alfabetización agroalimentaria, abordando su conceptualización, evaluación y efectos en comportamientos sostenibles y saludables desde un enfoque educativo e interdisciplinar (Caitlin et al., 2022; Cosby et al., 2022; Judd-Murray et al., 2024).

METODOLOGÍA

El proyecto de investigación y transferencia educativa del que forma parte este trabajo persigue dos objetivos principales:

> O1) Analizar las concepciones del alumnado de Educación Primaria y Secundaria sobre el sistema agroalimentario en Aragón.
>
> O2) Diseñar recursos educativos contextualizados que permitan abordar las dificultades de aprendizaje detectadas.

En esta comunicación se detalla el proceso de diseño y validación del cuestionario utilizado para abordar el O1, así como los resultados de su implementación.

Para responder a los objetivos planteados, se diseñó una investigación de corte descriptivo y exploratorio basada en la elaboración, validación e implementación de un cuestionario *ad hoc*, cuyo uso para la investigación fue aprobado por la Comisión de Ética en la Investigación (CEIN) de la Universidad de Zaragoza

La muestra participante estuvo conformada por 309 estudiantes de 5º y 6º curso de Educación Primaria y 1º y 2º de Educación Secundaria Obligatoria. Con el fin de garantizar la representatividad del contexto social de la comunidad autónoma de Aragón, se recogieron respuestas procedentes de centros educativos ubicados tanto en entornos rurales como urbanos.

El instrumento de recogida de información consistió en un cuestionario en linea y anonimizado que, además de recabar datos sociodemográficos básicos (centro, género y edad), incluyó un total de 40 preguntas, combinando formatos de respuesta abierta, cerrada, de opción simple y múltiple. Para su

estructuración, se definieron cuatro bloques temáticos fundamentales: (1) ideas generales sobre el sector agroalimentario, (2) producción agroalimentaria y su industria, (3) consumo de alimentos y cesta de la compra, y (4) medio ambiente y sostenibilidad. Estos bloques permitieron discriminar entre el conocimiento general y el conocimiento más específico del alumnado.

El proceso de diseño y validación del instrumento se extendió a lo largo de seis meses tratando de que la metodología implementada fuese rigurosa, teniendo en cuenta la opinión de expertos, con una validación en diferentes fases (Rodríguez et al., 2025). En una primera fase, el contenido y la extensión del cuestionario fueron consensuados con expertos de la Alianza Agroalimentaria de Aragón (AAA), asegurando la pertinencia y cobertura de todos los aspectos relevantes para la población objeto de estudio. Posteriormente, el instrumento fue sometido a un proceso de validación por parte de docentes de Educación Obligatoria. Tras incorporar las modificaciones pertinentes derivadas de esta revisión y para tener en cuenta las perspectivas de los estudiantes (Bourke y Mentis, 2013; de Leeuw et al., 2018; Knickenberg et al., 2022), se llevó a cabo una aplicación piloto con una muestra significativa de alumnado de entre 11 y 14 años. Este proceso iterativo permitió detectar y subsanar dificultades de comprensión (Rodríguez et al., 2025), garantizando la fiabilidad y validez de la versión definitiva aplicada en los centros (Cohen et al., 2018). Los datos recogidos en la hoja de cálculo a través del cuestionario *Google Forms* se analizaron produciendo la estadística descriptiva que se muestra en el siguiente apartado. Próximamente se realizará el análisis estadístico entre variables para estudiar sus correlaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la aplicación definitiva del cuestionario participó una muestra distribuida en un 51,8% de chicos, un 45,8% de chicas y un porcentaje restante de otros géneros.

A nivel general, el análisis estadístico descriptivo de las respuestas revela que el alumnado posee un conocimiento marcadamente superficial sobre el sector primario en Aragón.

En relación con los conceptos generales sobre el origen y la gestión de la producción, los datos muestran una notable dispersión y confusión. Al indagar sobre el lugar de producción de los alimentos de consumo diario, si bien, un 74,3% del alumnado los vincula correctamente con granjas y campos, resulta significativo que un 29,0% señala las tiendas o supermercados y un 27,4% las fábricas, evidenciando una desconexión parcial con el origen real de los recursos. Esta falta de claridad conceptual también se manifiesta al abordar los tipos de ganadería. Ante la pregunta sobre qué es la ganadería extensiva, solo un 30,0% identifica que consiste en criar animales en el campo, frente a un 29,5% que la asocia erróneamente con criarlos en una "granja grande" o un 22,8% que considera que es criar muchos animales en cualquier espacio.

Por otro lado, los hábitos de consumo y la noción de sostenibilidad también presentan lagunas importantes. Al definir qué es un alimento de temporada, apenas un 51,9% comprende que es aquel que se recoge en el campo y se vende poco después, mientras que un preocupante 39,0% sostiene que es el que se recoge en un periodo del año y se vende en otro.

Finalmente, se constata un desconocimiento profundo respecto a los temas más específicos de la identidad productiva regional, como las denominaciones de origen o los alimentos más producidos en la comunidad. Ante la cuestión de qué producto lidera la producción aragonesa a nivel nacional, las respuestas fueron sumamente dispersas y mayoritariamente erróneas: un 64,3% indicó el aceite, un 42,7% el melocotón y un 29,5% el cordero, mientras que solo un 31,5% identificó correctamente al sector porcino.

Estos hallazgos evidencian la necesidad de integrar de forma explícita y rigurosa el contexto agroalimentario cercano en las aulas, coincidiendo con las sugerencias de Presley et al. (2013), quienes subrayan la importancia de conectar la ciencia escolar con la realidad cotidiana del alumnado.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Gil-González y Cortés-Gracia (2026) resaltan la necesidad de realizar más estudios que contribuyan a ampliar el conocimiento acerca de las dificultades conceptuales e ideas sobre alimentación que tienen los estudiantes desde las primeras etapas educativas. Las conclusiones derivadas del análisis de los resultados del cuestionario usado en este estudio revelan una preocupante desconexión entre el alumnado y su entorno agroalimentario más próximo. A pesar del peso estratégico, económico y territorial que el sector primario tiene en la comunidad autónoma de Aragón, los participantes muestran un conocimiento superficial y fragmentado. La persistencia de concepciones alternativas, como la desvinculación del origen de los alimentos de su medio natural, la profunda confusión terminológica entre modelos ganaderos (por ejemplo, extensivo frente a industrial) o el desconocimiento de la temporalidad real de los cultivos, evidencia que el aprendizaje actual no está logrando una alfabetización científica y ciudadana completa en este ámbito.

Ante esta realidad, se constata la insuficiencia de los materiales curriculares de corte generalista. Tal y como prescribe la LOMLOE y, de forma específica para esta comunidad, las Ordenes ECD/1112/2022 y ECD/866/2024, resulta imperativo que la transposición didáctica de las Ciencias Naturales y Sociales parta del entorno más cercano al estudiante. Por ello, la principal implicación de este estudio es la justificación y necesidad de diseñar una guía didáctica contextualizada (objetivo final de este proyecto de transferencia) que dote al profesorado aragonés de herramientas actualizadas y rigurosas.

En términos de implicaciones directas para la práctica docente, los hallazgos de este diagnóstico sugieren varias líneas de actuación prioritarias en las aulas:

- Abordaje sistémico de la trazabilidad alimentaria: para revertir la idea de que los alimentos "provienen del supermercado o la fábrica", es necesario diseñar secuencias didácticas que reconstruyan la cadena de valor completa, desde el campo o la granja hasta la mesa, visibilizando a los productores locales.
- Uso de controversias sociocientíficas (CSC): La grave confusión detectada en torno a los tipos de ganadería (extensiva vs. intensiva) ofrece una oportunidad excelente para introducir debates argumentativos en el aula. Tratar estos temas como CSC (Presley et al., 2013; Sadler, 2011; Solbes, 2021) fomenta el pensamiento crítico y ayuda al alumnado a comprender las implicaciones medioambientales, éticas y económicas de cada modelo.
- Fomento de la identidad territorial y el consumo responsable: El desconocimiento sobre los productos estrella de Aragón (como el sector porcino) y la temporalidad de los alimentos requiere trasladar el aprendizaje a situaciones cotidianas. Se recomienda el uso de calendarios de siembra locales, el análisis de etiquetas de Denominación de Origen Protegida en los comedores escolares y el estudio del impacto de la huella de carbono derivada del consumo de productos fuera de temporada.
- Educación para la salud. Es necesario un abordaje desde la perspectiva comunitaria, y una formación del profesorado en esta temática, para un aprendizaje más profundo, aplicado y cotidiano en relación con esta temática (Talavera y Gavidia, 2007). Además, la relación se puede extender a la Salud Ambiental, relacionando la salud y las características del entorno, y la influencia de las personas en dichas características y, a su vez, de éstas en nuestra salud.

En definitiva, contextualizar la educación científica en el sistema agroalimentario local facilita la compresión de conceptos científicos abstractos, empodera al alumnado para la toma de decisiones informadas y promueve una transición real hacia dietas saludables y modelos de consumo sostenibles (Martin y Massicotte, 2022). Mediante programas educativos que integran salud y medio ambiente y la participación activa de la comunidad educativa (Gobierno de Aragón, 2025; Fundación Vivo Sano, s. f.) se facilita la integración de estos aspectos en el currículo, proporcionando oportunidades de aprendizaje y fomentando la adquisición de hábitos esenciales en nuestras actividades diarias.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto GOP-2024-0023-01 financiado por el Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Aragón, Navarra y el País Vasco y a los Grupos de Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza IDECEx y CienciaTE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bourke R. y Mentis M. (2013). Self-Assessment as a Process for Inclusion. *International Journal of Inclusive Education, 17*(8), 854–867. http://doi.org/10.1080/13603116.2011.602288

Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *2*(2), 183-208. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.06

Carrascosa, J. (2017). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *2*(3), 388–402. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i3.07

Caitlin Reilly, Kathryn T. Stevenson, Bethany B. Cutts, Sara Brune, Whitney Knollenberg y Carla Barbieri. (2023) Family matters: intergenerational influences on children's agricultural literacy. *The Journal of Environmental Education 54*(6), 397-411. http://doi.org/10.1080/13504622.2022.2040431

Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education* (8th ed.). Routledge.

Cosby, A., Manning, J., Power, D., & Harreveld, B. (2022). New Decade, Same Concerns: A Systematic Review of Agricultural Literacy of School Students. *Education Sciences, 12*(4), 235. http://doi.org/10.3390/educsci12040235

De Leeuw R. R., de Boer A. A. y Minnaert A. E. M. G. (2018). Student voices on social exclusion in general primary schools. *European Journal of Special Needs Education, 33*(2), 166–186. http://doi.org/10.1080/08856257.2018.1424783

Duit, R. y Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, *25*(6), 671–688.

España, E., Cabello Garrido, A. y Blanco López, Ángel. (2014). La competencia en alimentación. Un marco de referencia para la educación obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *32*(3), 611–629. http://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1080

Fundación Vivo Sano. (s. f.). *Salud ambiental en la escuela*. http://www.saludambientalenlaescuela.org/

Gil-González, C. y Cortés-Gracia, Á. L. (2026). ¿Qué dificultades conceptuales e ideas sobre alimentación tienen los estudiantes de Educación Primaria? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *23*(1), 1101. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1101

Gobierno de Aragón. (2025, octubre 28). *Educación para la salud en la escuela. Curso escolar 2025-2026*. http://www.aragon.es/-/promocion-de-la-salud-en-la-escuela

Judd-Murray, R., Warnick, B. K., Coster, D. C. y Longhurst, M. L. (2024). Development and validation of a high school agricultural literacy assessment. *Advancements in Agricultural Development*, *5*(3), 91–104. http://doi.org/10.37433/aad.v5i3.407

Kaltakci Gurel, D., Eryilmaz, A. y McDermott, L. C. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *11*(5), 989-1008. http://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1369a

Knickenberg, M., Zurbriggen, C. L. A. y Schwab, S. (2022). Validation of the Student Version of the Perceptions of Inclusion Questionnaire in Primary and Secondary Education Settings. *Sage Open*, *12*(1). http://doi.org/10.1177/21582440221079896

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. http://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3

Martin, A. y Massicotte, M. J. (2022). Agrifood systems literacy: Insights from two high schools' programs in Ontario. *Canadian Food Studies / La Revue canadienne des études sur l'alimentation*, *8*(4), 1-21. http://doi.org/10.15353/cfs-rcea.v8i4.461

Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K. y Sadler, T. D. (2013). A framework for socio-scientific issues based education. *Science Educator*, *22*(1), 26-32.

Rodríguez Casals, C., Carrasquer-Álvarez, B., Ponz-Miranda, A., Cascarosa Salillas, E., Terrado, E. M. y Pozuelo Muñoz, J. (2025). Análisis de concepciones de escolares aragoneses acerca de la agroindustria. En Vicerrectorado de Política Académica de la Universidad de Zaragoza, Vicerrectorado de Estrategia Digital e Inteligencia Artificial, Centro de Innovación, Formación e Investigación en Ciencias de la Educación (Coord.), *Libro de resúmenes de las XVIII Jornadas de Innovación Docente e Investigación Educativa de la Universidad de Zaragoza* (pp. 174-175). Universidad de Zaragoza.

Rodríguez-Entrena, M. y Salazar-Ordóñez, M. (2013). Influence of scientific-technical literacy on consumers' behavioural intentions regarding new food. *Appetite*, *60*(1), 193-202. http://doi.org/10.1016/j.appet.2012.09.028

Sadler, T. D. (2011). *Socio-scientific issues in the classroom*. Springer.

Solbes, J. (2021). Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas: Formación del profesorado y su transferencia a la práctica. *Boletín ENCIC: Revista del Grupo de Investigación HUM-974, 5*(2), 80-90.

Talavera Ortega, M. y Gavidia Catalán V. (2007). Dificultades para el desarrollo de la educación para la salud en la escuela. Opiniones del profesorado. *Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21 (1), pp. 119-128.

Torres García, M., Marrero Montelongo, M., Navarro Rodríguez, C. y Gavidia, V. (2018). ¿Cómo abordan los textos de Educación Primaria a la competencia en alimentación y actividad física? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *15*(1), http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1103

Taber, K. S. (2003). Responding to alternative conceptions in the classroom. *School Science Review*, *84*(308), 99-108.

Indagación y fortalecimiento de actitudes ambientales hacia el uso responsable del agua en educación primaria

Alejandro Stiven Valerín Navarro, Diego Armando Retana Alvarado.

Universidad de Costa Rica

RESUMEN: Costa Rica enfrenta déficit y recortes de agua asociados a brechas en su gestión hídrica, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la educación ambiental desde edades tempranas para promover un uso responsable y sostenible del recurso. La investigación tuvo como objetivo desarrollar e implementar una propuesta didáctica orientada al fortalecimiento de actitudes ambientales vinculadas a la gestión responsable del agua en estudiantes de primaria. Se empleó un diseño cuasiexperimental con grupos no equivalentes (control y experimental), con una muestra de 50 estudiantes de quinto nivel de una escuela rural de Cartago. Se aplicó una escala que evaluó compromiso verbal, compromiso real y afecto. La intervención basada en la indagación, integró actividades activas y contextualizadas. Los resultados mostraron mejoras significativas en el grupo experimental, evidenciando avances en ideas, actitudes y prácticas, así como una mayor conciencia ambiental alineada con la sostenibilidad. Se concluye que la indagación favorece aprendizajes vivenciales y consolida compromisos duraderos con la protección del recurso hídrico.

PALABRAS CLAVE: actitudes ambientales; ciudadanía ambiental; gestión del recurso hídrico; indagación; sostenibilidad.

ABSTRACT: Costa Rica faces water shortages and service interruptions associated with gaps in water resource management, highlighting the need to strengthen environmental education from an early age to promote responsible and sustainable use of this resource. The study aimed to develop and implement a didactic proposal designed to enhance environmental attitudes related to responsible water management among primary school students. A quasi-experimental design with nonequivalent groups (control and experimental) was employed, involving a sample of 50 fifth-grade students from a rural school in Cartago. An environmental attitudes scale assessing verbal commitment, real commitment, and affect was administered. The intervention based on the inquiry methodology incorporated active and contextualized learning activities. Results showed significant improvements in the experimental group, demonstrating progress in ideas, attitudes, and practices, as well as greater environmental awareness aligned with sustainability. It is concluded that inquiry-based learning promotes experiential learning and fosters long-term commitments to water resource protection.

KEYWORDS: environmental attitudes; environmental citizenship; water resource management; inquiry; sustainability.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica persisten brechas entre la oferta y la demanda de agua potable, con déficit y recortes frecuentes en la Gran Área Metropolitana, en un contexto de debilidades institucionales y desafíos en la gestión integrada del recurso. Ante este escenario, resulta imprescindible fortalecer la Educación Ambiental en la Educación Primaria; sin embargo, su carácter no obligatorio y la limitada formación docente han dificultado la alfabetización ecológica y la promoción de actitudes responsables hacia el uso del agua. Por ello, se requiere un abordaje sistemático que promueva el uso racional del recurso y la formación de una ciudadanía crítica y comprometida con la justicia social y planetaria.

Los antecedentes muestran escasa investigación nacional sobre actitudes ambientales vinculadas al recurso hídrico; no obstante, estudios como los de Zúñiga Madrigal et al. (2023) y Salazar-Acuña y López-García (2018) evidencian que el enfoque de indagación favorece valores y prácticas sostenibles. A nivel internacional, revisiones como la de Ramírez-Segado et al. (2021) confirman la efectividad de

metodologías participativas, como las estrategias por indagación contextualizadas en el movimiento CTS, mientras que en España abundantes investigaciones desde educación infantil hasta la formación docente —como la de Pozo Muñoz et al. (2021)— analizan los conocimientos de niños de primaria sobre el ciclo del agua y las dificultades asociadas a su comprensión y problemáticas socioambientales.

En este marco, se desarrolló e implementó una propuesta didáctica dirigida a estudiantes de quinto año de Educación Primaria para fortalecer sus actitudes ambientales respecto al uso y consumo del agua, mediante la identificación de concepciones previas, el diseño de una estrategia basada en la indagación y la evaluación de los cambios actitudinales tras su aplicación. La propuesta se sustenta en un modelo de educación ambiental centrado en la integración didáctica de la controversia sociocientífica sobre la gestión del agua en el contexto escolar, orientado a promover la reflexión crítica y la acción desde una perspectiva investigativa (Fernández-Arroyo y Rodríguez-Marín, 2017).

METODOLOGÍA

La investigación adopta un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental de grupos no equivalentes (control y experimental), aplicando pretest y postest mediante una escala Likert para medir compromiso verbal, compromiso real y afecto en las actitudes ambientales, las cuales pueden concebirse como las predisposiciones que posee una persona para exteriorizar un comportamiento determinado en relación con el ambiente (Bauer et al., 2020).

El estudio se desarrolló en 2025 en un centro educativo rural de Cervantes (Cartago), con una población aproximada de 800 estudiantes. La muestra estuvo conformada por 50 estudiantes de quinto nivel (10–11 años), organizados en dos grupos homogéneos no aleatorios, con consentimiento informado y asistencia regular durante la investigación.

La recolección de datos se realizó mediante la Escala de Actitudes Ambientales para Infantes, validada por Galli et al. (2013) a partir de la CHEAKS de Leeming et al. (1995), adaptada al uso y consumo del recurso hídrico e incorporando la dimensión de compromiso afectivo; la escala comprende cinco niveles de frecuencia, de 1 (nunca) a 5 (siempre) (ver tabla 1 más adelante). El instrumento fue sometido a validación mediante juicio de expertos —docentes del Ministerio de Educación Pública externos— quienes evaluaron su claridad y pertinencia, realizándose ajustes para garantizar confiabilidad y validez.

El tratamiento de los datos se efectuó mediante análisis estadístico descriptivo e inferencial con SPSS (versión 26), incluyendo medidas de tendencia central y dispersión en el pretest y postest de ambos grupos. Tras evaluarse la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk (95% de confianza) y evidenciarse su violación ($p < 0,05$), se aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon (95% de confianza) para comparar las actitudes ambientales.

La propuesta didáctica se implementó únicamente en el grupo experimental ($n = 25$) a lo largo de diez lecciones desarrolladas entre el 30 de abril y el 27 de mayo de 2025, organizadas en cuatro fases articuladas. En la focalización se promovió la sensibilización inicial mediante preguntas controversiales, análisis de imágenes y debates; en la exploración, el estudiantado observó y registró prácticas en el entorno escolar, analizando situaciones reales de desperdicio y fortaleciendo el pensamiento crítico. La reflexión y contrastación permitió confrontar ideas previas con información científica y comunitaria, generando compromisos concretos, mientras que en la aplicación se consolidaron los aprendizajes mediante acuerdos y acciones responsables, como el "Juramento del Agua" orientadas a la adopción de conductas sostenibles. La propuesta se vincula directamente con los ODS 4, 6 y 13, especialmente con el ODS 6, al promover la disponibilidad, gestión sostenible y acceso equitativo al agua y al saneamiento.

El proceso evidenció alta participación, trabajo colaborativo y elaboración de productos que reflejan apropiación de aprendizajes sobre el cuidado del agua. Aunque se presentaron distracciones y limitaciones de tiempo que afectaron la profundidad de algunas actividades, se observaron avances significativos en conciencia ambiental, cooperación y capacidad de reflexión crítica.

TABLA 1. INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL PRETEST Y POSTEST

Ítems de compromiso verbal:
Converso con mi familia sobre estrategias para ahorrar agua en casa.
Pido a mis amistades que cierren la llave del tubo cuando no la estén usando.
Pregunto a mis docentes qué acciones específicas puedo realizar para evitar el desperdicio del agua en la escuela y en casa.
Me interesaría participar en actividades para enseñar a otras personas a cuidar el agua.
Explico a quienes me rodean por qué es importante reutilizar el agua siempre que sea posible.
Ítems de compromiso real:
Cierro la llave del tubo mientras me cepillo los dientes para ahorrar agua.
Cuando me lavo los dientes, utilizo un vaso con agua en vez de dejar la llave del tubo abierta.
Ayudo a reutilizar el agua en casa, por ejemplo, usando la del enjuague de frutas y verduras para regar las plantas.
Reviso si hay fugas de agua en las llaves de los tubos y, si encuentro alguna, informo a una persona adulta.
Prefiero bañarme en poco tiempo en lugar de tomar baños largos para evitar desperdiciar agua.
Ítems de compromiso de afecto:
Me siento triste cuando veo que alguien deja correr el agua sin razón y le explico por qué es importante cerrarla.
Me alegra ver a las personas cuidando el agua y usándola con responsabilidad.
Me incomoda cuando alguien deja el tubo del agua abierto sin razón.
Me preocupa que en el futuro haya menos agua para todas las personas, por eso busco formas de ahorrar y reutilizarla.
Me siento bien cuando realizo alguna acción para ahorrar agua y cuidar el planeta.

RESULTADOS

La Tabla 2 presenta los estadísticos descriptivos del grupo control (n=25) en pretest y postest, considerando tres dimensiones: compromiso verbal (intenciones), compromiso real (acciones) y compromiso afectivo (emociones y sentimientos) en torno al cuidado del agua. Las medias se ubican entre 1.60 y 3.88 en el pretest y entre 1.92 y 3.56 en el postest, lo que refleja un nivel moderado de manifestación de actitudes ambientales.

TABLA 2. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL GRUPO CONTROL (N=25)

	Pretest			Postest		
Ítem (abreviado)	M	DE	V	M	DE	V
1. Intención-conversación-familia	1.92	1.256	1.577	2.24	1.165	1.357
2. Intención-pedir-cierre llave	2.68	1.464	2.143	2.80	1.472	2.167
3. Intención-preguntar- docentes	1.60	1.000	1.000	1.92	1.412	1.993
4. Intención-enseñar-cuidado-agua	2.64	1.524	2.323	2.12	1.394	1.943
5. Intención-concientizar-reutilización	2.52	1.475	2.177	2.12	1.166	1.360
6. Acción-cerrar-llave-cepillado	3.88	1.453	2.110	3.56	1.660	2.757
7. Acción-vaso-cepillado	2.52	1.711	2.927	2.40	1.581	2.500
8. Acción-reutilización-domestica	2.64	1.221	1.490	2.72	1.370	1.877
9. Acción-revisión-fugas	2.24	1.508	2.273	2.28	1.487	2.210
10. Acción-baños-cortos	2.64	1.287	1.657	2.76	1.422	2.023
11. Afecto-tristeza-desperdicio	2.48	1.358	1.843	2.28	1.173	1.377
12. Afecto-alegría-buenas prácticas	3.40	1.732	3.000	3.00	1.607	2.583
13. Afecto-incomodidad-desperdicio	2.96	1.695	2.873	2.44	1.710	2.923
14. Afecto-preocupación-ahorro	3.56	1.158	1.340	3.12	1.301	1.693
15. Afecto-satisfacción-ahorro	3.60	1.528	2.333	3.32	1.574	2.477

Nota: M: Media, DE: Desviación Estándar, V: Varianza

En la dimensión de compromiso verbal (ítems 1–5) se observan variaciones leves y no uniformes: algunos ítems muestran incrementos discretos —como la intención de conversar con la familia (1.92 a 2.24) o pedir el cierre de la llave (2.68 a 2.80)— mientras que otros presentan descensos, como la intención de enseñar sobre el cuidado del agua (2.64 a 2.12). En el compromiso real (ítems 6–10), las medias son relativamente más altas que en las intenciones, lo que indica mayor presencia de conductas que de disposiciones declarativas; sin embargo, predominan la estabilidad o ligeras disminuciones en el postest, por ejemplo, cerrar la llave al cepillarse (3.88 a 3.56) y usar un vaso (2.52 a 2.40). En cuanto al compromiso afectivo (ítems 11–15), las puntuaciones también son relativamente elevadas, aunque se aprecia una tendencia general a la disminución en el postest, como en la preocupación por el ahorro de agua (3.56 a 3.12) y la alegría por buenas prácticas (3.40 a 3.00). Finalmente, las desviaciones estándar superiores a 1.0 en la mayoría de los ítems evidencian alta variabilidad y heterogeneidad en las respuestas del grupo control, lo que sugiere percepciones y prácticas poco consistentes entre los participantes.

En cuanto al grupo experimental (tabla 3), se observa un incremento consistente en las medias de todos los ítems tras la intervención. Mientras en el pretest las medias oscilaron entre 1.60 y 4.20, en el postest se ubicaron entre 2.16 y 4.48, evidenciando mejoras en conductas, intenciones y afectos ambientales.

TABLA 3. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL (N=25)

	Pretest			Postest		
Ítem (abreviado)	**M**	**DE**	**V**	**M**	**DE**	**V**
Intención-conversación-familia	1.80	1.080	1.167	2.72	0.936	0.877
Intención-pedir-cierre llave	2.68	1.376	1.893	3.80	1.384	1.917
Intención-preguntar- docentes	1.80	.866	.750	2.16	1.028	1.057
Intención-enseñar-cuidado-agua	2.72	1.542	2.377	3.52	1.085	1.177
Intención-concientizar-reutilización	1.64	0.810	0.657	3.48	1.122	1.260
Acción-cerrar-llave-cepillado	4.20	1.258	1.583	4.28	1.021	1.043
Acción-vaso-cepillado	2.52	1.759	3.093	3.56	1.474	2.173
Acción-reutilización-domestica	1.60	1.041	1.083	2.68	1.069	1.143
Acción-revisión-fugas	2.08	1.115	1.243	3.20	1.443	2.083
Acción-baños-cortos	2.00	1.190	1.417	3.52	1.503	2.260
Afecto-tristeza-desperdicio	2.40	1.384	1.917	3.72	1.137	1.293
Afecto-alegría-buenas prácticas	3.40	1.443	2.083	4.28	1.100	1.210
Afecto-incomodidad-desperdicio	3.20	1.607	2.583	4.16	1.143	1.307
Afecto-preocupación-ahorro	3.08	1.382	1.910	4.08	1.288	1.660
Afecto-satisfacción-ahorro	3.80	1.500	2.250	4.48	0.653	0.427

Nota: M: Media, DE: Desviación Estándar, V: Varianza

En la dimensión de compromiso verbal (ítems 1–5) se registraron aumentos significativos, destacando la intención de concientizar sobre la reutilización del agua, que pasó de M=1.64 a M=3.48. En el compromiso real (ítems 6–10) también se evidenciaron avances, como el incremento en la práctica de tomar baños cortos (M=2.00 a M=3.52). La conducta de cerrar la llave al cepillarse mostró puntuaciones altas desde el inicio (M=4.20), lo que indica que ya estaba interiorizada. En el compromiso afectivo (ítems 11–15) se fortalecieron las respuestas emocionales, particularmente la satisfacción por ahorrar agua (M=3.80 a M=4.48), acompañada de una reducción en la desviación estándar, lo que sugiere mayor homogeneidad en el grupo tras la intervención.

Por otra parte, la prueba de Wilcoxon (ver tabla 4) evidenció diferencias estadísticamente significativas entre pretest y postest en casi todos los ítems del grupo control, excepto en el ítem #3 (intención de preguntar a los docentes; $p = 0.195$). No obstante, estos cambios no pueden interpretarse como mejoras sustantivas, dado que el grupo no recibió una intervención pedagógica sistemática. Las variaciones observadas podrían explicarse por efectos de medición, factores contextuales, influencia docente

implícita o por la campaña ambiental desarrollada en la institución. En conjunto, los cambios fueron limitados y poco consistentes, lo que reafirma la pertinencia del diseño cuasiexperimental.

En contraste, el grupo experimental presentó diferencias estadísticamente significativas en todos los ítems ($p < 0.05$), con mejoras sistemáticas en las dimensiones de intención, acción y afecto relacionadas con el cuidado del agua. Destacan particularmente los ítems asociados con acciones concretas de ahorro y el componente afectivo ($p = 0.000$), lo que evidencia un impacto tanto conductual como emocional. Estos resultados indican que la intervención influyó no solo en el plano declarativo, sino también en las prácticas y en la implicación afectiva del estudiantado, respaldando la eficacia de propuestas participativas para promover la ciudadanía ambiental, aunque se requiere seguimiento para garantizar la sostenibilidad de los efectos.

TABLA 4. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE WILCOXON EN EL GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL

Ítem (abreviado)	**Z**	**p**	**Z**	**p**
1. Intención_conversación_familia	-3.053	0.002*	-4.380	0.000*
2. Intención_pedir_cierre_llave	-4.575	0.000*	-5.329	0.000*
3. Intención_preguntar_docentes	-1.297	0.195	-3.075	0.002*
4. Intención_enseñar_cuidado_agua	-3.553	0.000*	-5.360	0.000*
5. Intención_concientizar_reutilización	-3.525	0.000*	-4.779	0.000*
6. Acción_cerrar_llave_cepillado	-5.542	0.000*	-6.045	0.000*
7. Acción_vaso_cepillado	-3.452	0.001*	-4.851	0.000*
8. Acción_reutilización_domestica	-4.738	0.000*	-3.712	0.000*
9. Acción_revisión_fugas	-3.148	0.002*	-4.637	0.000*
10. Acción_baños_cortos	-4.737	0.000*	-4.726	0.000*
11. Afecto_tristeza_desperdicio	-3.884	0.000*	-5.331	0.000*
12. Afecto_alegría_buenas_prácticas	-4.896	0.000*	-5.882	0.000*
13. Afecto_incomodidad_desperdicio	-3.831	0.000*	-5.711	0.000*
14. Afecto_preocupación_ahorro	-5.550	0.000*	-5.732	0.000*
15. Afecto_satisfacción_ahorro	-5.363	0.000*	-6.035	0.000*

*Nota: *p ≤ 0.05 Significancia asintótica (2 colas)*

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Los resultados de este estudio permiten establecer que la propuesta didáctica aplicada al grupo experimental tuvo un efecto positivo y estadísticamente significativo en el desarrollo de actitudes responsables hacia el uso del agua. Esta afirmación se fundamenta en los hallazgos derivados de los análisis estadísticos realizados, los cuales evidenciaron incrementos relevantes en las tres dimensiones evaluadas: intención, acción y afecto.

En particular, se constató que el grupo experimental presentó mejoras estadísticamente significativas en todos los ítems de la escala de actitudes ambientales tras la implementación de la propuesta, mientras que el grupo de control no mostró variaciones sistemáticas ni consistentes. Estos resultados sugieren que la propuesta didáctica, sustentada en metodologías activas, participativas y contextualizadas, favoreció un mayor nivel de sensibilización y compromiso con el ahorro y cuidado del recurso hídrico.

La propuesta implementada no solo promovió actitudes ambientales, sino que también fortaleció la conciencia del estudiantado respecto a su rol como agente de cambio en la comunidad escolar y familiar. Este hallazgo es consistente con investigaciones, como las de Levy y Moore (2021), Valenzuela-Morales et al. (2022) y Zúñiga et al. (2023), las cuales convergen en que las estrategias activas, experienciales y contextualizadas en educación ambiental generan mejoras cognitivas, actitudinales y conductuales.

En consecuencia, estas evidencias respaldan la consolidación de una ciudadanía ambiental en la etapa escolar y el fortalecimiento del rol estudiantil como sujeto comprometido con la sostenibilidad del recurso hídrico.

Además, en la práctica se evidenció una mejora integral en la comprensión de la problemática del agua, su valor socioambiental y las consecuencias del desperdicio, lo cual se tradujo en una actitud más crítica y reflexiva del estudiantado frente al uso del recurso. La dimensión afectiva adquirió especial relevancia al consolidarse emociones como satisfacción ante el ahorro y preocupación o tristeza frente al desperdicio, lo que indica una apropiación significativa del contenido y una internalización más profunda de la responsabilidad ambiental.

En términos formativos, los resultados evidencian la necesidad de integrar en la enseñanza del recurso hídrico no solo contenidos conceptuales, sino también dimensiones emocionales, actitudinales y éticas. En consonancia con lo planteado por Retana-Alvarado et al. (2024), las metodologías activas e indagatorias favorecen emociones positivas, un clima educativo propicio y aprendizajes significativos. En consecuencia, las intervenciones contextualizadas fortalecen la conciencia y el compromiso ambiental, lo que subraya la importancia de incorporar transversalmente la educación ambiental y emocional en primaria para consolidar competencias ciudadanas y una cultura de sostenibilidad.

Finalmente, se recomienda extender la implementación de la propuesta, pues una mayor duración favorecería la consolidación de los cambios actitudinales observados. Esta ampliación permitiría profundizar la interiorización de los aprendizajes y fortalecer su permanencia en el tiempo. La sostenibilidad no se limita a la retención inmediata, sino a la aplicación continua de valores y prácticas ambientales en la vida cotidiana, promoviendo un compromiso duradero con la protección del recurso hídrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bauer, N., Megyesi, B., Halbac-Cotoara-Zamfir, R., y Halbac-Cotoara-Zamfir, C. (2020). Attitudes and Environmental Citizenship. En Hadjichambis, Reis, Paraskeva-Hadjichambi, Činčera, Boeve-de Pauw, Gericke y Knippels. (Ed.), *Conceptualizing environmental citizenship for 21st century Education* (Vol. 4, pp.97–114). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1

Fernández-Arroyo, J. y Rodríguez–Marín, F. (2017) Los procesos de enseñanza–aprendizaje relacionados con el agua en el marco de las hipótesis de transición. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 14*(1), 227-243. Recuperado de: http://hdl.handle.net/10498/18858

Galli, F., de Campos, C. B., Bedim, L. M., y Sarriera, J. C. (2013). Actitudes hacia el medio ambiente en la infancia: un análisis de niños del sur de Brasil. *Revista Latinoamericana de Psicología, 45*(3), 461-473. http://dx.doi.org/10.14349/rlp.v45i3.1487

Levy, A. R., y Moore Mensah, F. (2021). Learning through the Experience of Water in Elementary School Science. *Water*, *13*(1), 43. https://doi.org/10.3390/w13010043

Pozo Muñoz, M.P., Velasco Martínez, L.C., Martín Gámez, C., y Tójar Hurtado, J.C. (2021). ¿Qué sabe el alumnado sobre las problemáticas socio-ambientales del agua y su gestión sostenible? Investigación mixta en Educación Primaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *18*(3), 3501. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3501

Ramírez-Segado, A., Rodríguez-Serrano, M. y Benarroch, A. (2021) El agua en la literatura educativa de las dos últimas décadas. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 18*(1), 1107. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1107

Retana-Alvarado, D. A., De las Heras Pérez, M. Á., Vázquez-Bernal, B., y Jiménez-Pérez, R. (2024). Emotions of University Students during Inquiry-Based Science Teaching. Building Hotels in a Natural Park? *Sisyphus Journal of Education*, *12*(3), 98-125. https://doi.org/10.25749/sis.36560

Salazar-Acuña, E. y López-García, Y. (2018). Aula en el Bosque, un programa costarricense de educación ambiental en el bosque tropical: efecto sobre estudiantes y opinión de los docentes. *UNED Research Journal, 10*(2), 342-352.

Valenzuela-Morales, G.Y., Hernández-Téllez, M., Ruiz-Gómez, M.d.L., Gómez-Albores, M.A., Arévalo-Mejía, R., y Mastachi-Loza, C.A. (2022). Water Conservation Education in Elementary Schools: The Case of the Nenetzingo River Catchment, Mexico. *Sustainability*, *14*(4), 2402. https://doi.org/10.3390/su14042402

Zúñiga Madrigal, S.; Gómez Torres, G., y Villalta Campos, S. (2023). *Propuesta de indagación desde el enfoque de ciudadanía ambiental para la enseñanza de las Ciencias en Educación Primaria* [Tesis de licenciatura inédita]. Universidad de Costa Rica.

Cambio conceptual sobre la descomposición de materia orgánica mediante ciencia ciudadana: un análisis multimodal en secundaria

Daniel Zuazagoitia[a], Marcia Eugenio-Gozalbo[b], Lucía Alcántara Rubio[c], Lourdes Morillas[d], Inés Ortega-Cubero[e], Pablo Homet[f], María Teresa Domínguez[d], Marta Gil-Martínez[d]

[a]Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Experimentales y de las Ciencias Sociales, Universidad del País Vasco, Vitoria-Gasteiz, España. [b]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática, Facultad de Educación de Soria, Universidad de Valladolid (UVa), Soria, España. [c]Departamento de Teoría e Historia de la Educación y Pedagogía Social, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla, Sevilla, España. [d]Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Facultad de Química, Universidad de Sevilla. [e]Departamento de Didáctica de la Expresión Corporal, Plástica y Musical, Facultad de Educación de Soria, Universidad de Valladolid (UVa), Soria, España. [f]Departamento de Biología, IVAGRO, Universidad de Cádiz, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentaria, Cádiz, España

RESUMEN: Mejorar la comprensión de la descomposición de materia orgánica en secundaria sigue siendo un reto, con un techo conceptual documentado a partir de los 11 años. Este proceso es clave para las competencias de sostenibilidad del marco GreenComp, al sostener el ciclo de nutrientes y la gestión circular de residuos. Este estudio analiza si un proyecto sostenido de ciencia ciudadana puede superar esa barrera y promover razonamiento ecológico avanzado. Ochenta y cuatro estudiantes de 15-16 años participaron durante seis meses en el proyecto OrgWASTE, combinando compostaje escolar y recogida doméstica de residuos orgánicos. El cambio conceptual se evaluó mediante un instrumento multimodal con respuestas escritas abiertas y una tarea de storyboard, analizadas fenomenográficamente y por comparación constante. Los resultados muestran una reestructuración significativa: las explicaciones multifactoriales aumentaron del 16,7% al 40,3% ($p < 0,01$), las concepciones de paradigma tecnológico desaparecieron por completo (8,3% → 0,0%) y mejoró el razonamiento sobre la conservación de la materia ($p = 0,005$). Estos resultados apoyan el desarrollo de competencias GreenComp en secundaria mediante indagación auténtica y participación ciudadana.

PALABRAS CLAVE: Ciencia ciudadana; Descomposición de materia orgánica; Fenomenografía; Storyboarding

ABSTRACT: Improving secondary students' understanding of organic matter decomposition remains challenging, with a documented conceptual plateau after age 11. This ecological process is central to GreenComp sustainability competencies, supporting nutrient cycling and circular waste management. This study examines whether a sustained citizen science project can overcome this barrier and promote advanced ecological reasoning. Eighty-four students aged 15-16 participated in the six-month OrgWASTE project, combining school composting and household organic waste collection. Conceptual change was assessed through a multimodal instrument with open-ended written explanations and a storyboard task, analyzed phenomenographically and via constant comparison. Results showed significant restructuring: multifactorial explanations increased from 16.7% to 40.3% ($p < 0.01$), technological-paradigm misconceptions disappeared (8.3% → 0.0%), and matter-conservation reasoning improved ($p = 0.005$). These findings support the development of GreenComp competencies in secondary students through authentic inquiry and citizen participation.

KEYWORDS: Citizen science; Organic matter decomposition; Phenomenographic analysis; Storyboarding; Science education

INTRODUCCIÓN

La crisis socioambiental actual exige respuestas educativas que permitan afrontar desafíos ecológicos complejos. El marco GreenComp subraya que las competencias de sostenibilidad —pensamiento

sistémico, acción para la sostenibilidad y conciencia ecodependiente— requieren comprender procesos ecológicos como la descomposición de la materia orgánica (Bianchi et al., 2022; Caño & Eugenio-Gozalbo, en prensa). Este proceso, en el que agentes físicos y biológicos descomponen moléculas complejas en CO^2, agua y nutrientes minerales, sustenta el ciclo de nutrientes, la economía circular y la resiliencia de los ecosistemas. Su invisibilidad en entornos urbanos dificulta su comprensión y obstaculiza el desarrollo de competencias de sostenibilidad en el alumnado. Aproximadamente el 70% del alumnado de 11-13 años mantiene concepciones erróneas sobre la conservación de la materia tras la instrucción formal (Leach et al., 1996). La investigación educativa ha identificado seis barreras conceptuales interconectadas: perceptuales, de conservación de materia, causales, sistémicas, temporales y conceptual-lingüísticas.

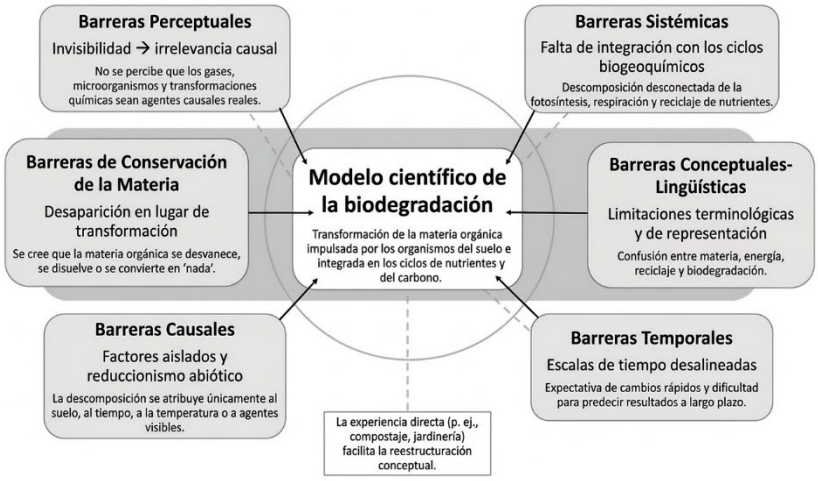


Figura 1. Barreras conceptuales para la comprensión de la descomposición en distintos niveles educativos (elaboración propia).

Byrne (2007) documentó que la comprensión de la descomposición suele estabilizarse a partir de los 11 años (techo conceptual). Paradójicamente, la experiencia directa en compostaje o jardinería predice la comprensión científica más eficazmente que la formación académica formal (Koscher, 1996), apuntando al potencial de proyectos que vinculen la experiencia auténtica con el andamiaje conceptual estructurado para desarrollar las competencias sistémicas.

MARCO TEÓRICO

Modelos mentales, fenomenografía y storyboarding

Los modelos mentales son representaciones cognitivas que interpretan fenómenos naturales (Vosniadou, 2012), y la combinación de escritura y dibujo ofrece una imagen más completa del razonamiento ecológico (EugenioGozalbo et al., 2024; Smith et al., 2019). Estudios previos del equipo aplican esta perspectiva multimodal al razonamiento epistémico sobre el suelo, mostrando que métodos distintos revelan dimensiones complementarias de la comprensión (Corrochano et al., 2025). La fenomenografía describe la variación cualitativa de las concepciones en categorías jerárquicas, permitiendo operacionalizar el aprendizaje como tránsito hacia concepciones más sofisticadas (Marton, 1981). El storyboarding —secuencias gráficas— facilita explorar procesos biológicos porque obliga a explicitar progresiones temporales, flujos de materia y secuencias causales (EroTolliver et al., 2013).

Ciencia ciudadana, sostenibilidad y competencias GreenComp

La ciencia ciudadana (CC) fortalece la alfabetización científica mediante indagación auténtica y puede reestructurar modelos mentales al confrontar a los estudiantes con observaciones potencialmente conflictivas con sus ideas previas (EugenioGozalbo et al., 2022; Chinn & Brewer, 1993). Este enfoque encaja con las competencias GreenComp de pensamiento sistémico y acción para la sostenibilidad, y, al centrar el aprendizaje en retos locales de gestión de residuos, OrgWASTE convierte la descomposición en un objeto de estudio con relevancia social que favorece la ecodependencia y la ciudadanía ecológica (Bianchi et al., 2022).

OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Este estudio investiga los modelos mentales y concepciones alternativas del alumnado de secundaria sobre la descomposición de materia orgánica tras participar en OrgWASTE, un proyecto de CC orientado al desarrollo de competencias de sostenibilidad GreenComp. Las preguntas de investigación (PI) son: PI1. ¿Qué modelos mentales de la descomposición poseen estudiantes de secundaria de una escuela urbana? PI2. ¿Qué concepciones alternativas sobre atribución causal se observan? PI3. ¿En qué medida puede un proyecto de CC mejorar la comprensión de la descomposición y sus causas? PI4. ¿Qué concepciones erróneas persisten y cómo podrían abordarse eficazmente?

MATERIALES Y MÉTODOS

Contexto y diseño del estudio

OrgWASTE integró el reciclaje de residuos orgánicos con la educación para la sostenibilidad mediante un enfoque socioconstructivista. Implementado en cinco centros de secundaria de Sevilla, participó 84 estudiantes de 15–16 años durante seis meses (~20 h lectivas) siguiendo una Secuencia de EnseñanzaAprendizaje (Homet et al., 2026) en tres fases: exploración de concepciones previas, indagación práctica con vermicompostadores, gallineros y terrarios, y síntesis mediante comunicación científica. Los alumnos aportaron residuos domésticos semanalmente, fortaleciendo la conexión hogarescuela y la vivencia de la economía circular.

Recogida y análisis de datos

Se usaron dos instrumentos validados por tres expertos y pilotados con 30 estudiantes; el Instrumento 2, objeto de este artículo, evaluó modelos mentales mediante: (1) una respuesta escrita a "¿Qué le pasó a la manzana? ¿Dónde fue a parar?" (conservación de la materia y atribución causal) y (2) una tarea de storyboard de cuatro viñetas para captar dimensión temporal y flujos de materia. Las respuestas se analizaron en dos dimensiones: conservación de la materia y atribución biótico/abiótica. El análisis fenomenográfico mostró alta fiabilidad interevaluador (κ = 0,91–0,96), con consenso iterativo para discrepancias; los storyboards se analizaron por comparación constante hasta saturación teórica, aplicándose correcciones de Bonferroni y BenjaminiHochberg para comparaciones múltiples.

RESULTADOS

Análisis de storyboards

El análisis identificó dos dimensiones: completitud representacional (Nivel 1) y sofisticación conceptual (Nivel 2). Entre los storyboards incompletos emergieron cuatro patrones: desaparición (B2), cambios en color/tamaño (B1b), fragmentación física (B1a) y producto final sin proceso (A2a). Entre los completos, cuatro patrones de sofisticación creciente: masa amorfa (A2c), compost reconocible (A2b), integración en sustrato (A2d) y visión circular/fertilización (A1). La Figura 2 ilustra ejemplos representativos.

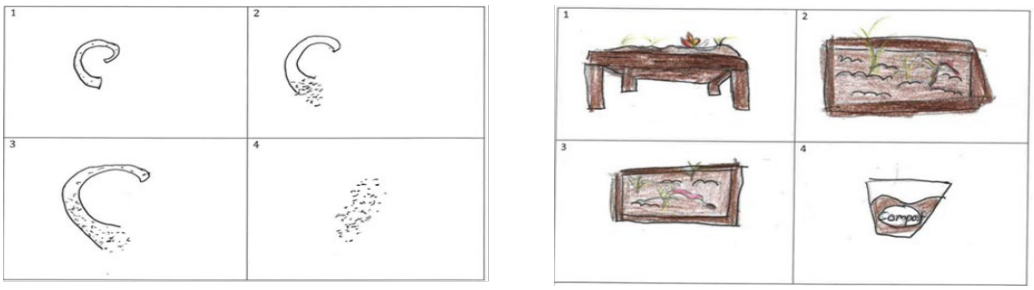


Figura 2. Storyboards representativos: (Izq.) Visión intuitiva B1a —fragmentación física—; (Der.) Visión lineal A2a —producto final sin pasos intermedios—.

La comparación descriptiva pre-post mostró tendencias hacia representaciones más complejas (categorías completas: 42,3% → 55,2%), sin alcanzar significación estadística tras corrección por comparaciones múltiples ($\chi^2(7) = 8{,}527$, $p = 0{,}289$, $V = 0{,}242$). Se reportan como indicadores descriptivos complementarios a los hallazgos fenomenográficos, coherentes con investigación previa que muestra que el beneficio del dibujo para el aprendizaje requiere andamiaje específico (Fiorella & Zhang, 2018).

Análisis fenomenográfico: Dimensión 1 – Conservación de la materia

Esta dimensión examina si el alumnado comprende que la materia se transforma en lugar de destruirse: competencia cognitiva fundamental para los ciclos biogeoquímicos y los principios de economía circular de GreenComp. La Tabla 1 presenta las categorías analíticas con ejemplos de respuestas del alumnado.

Tabla 1. Categorías descriptivas y respuestas ilustrativas del alumnado sobre conservación de la materia.

Etiq.	Categoría descriptiva	Ejemplo
A1	Visión circular – La materia se descompone produciendo abono/ compost usado por otros organismos; se reconoce el ciclo de nutrientes.	«La piel se descompondrá gracias a microorganismos y gusanos... ese abono alimentará plantas».
A2	Visión lineal – La materia se transforma en un producto final (compost, suelo) sin mención explícita a su reutilización ecológica.	«Tras un mes estaría descompuesta y veríamos el abono».
B1	Visión intuitiva – El proceso se explica superficialmente ("pudrirse", "oxidarse") sin referencia a transformación material.	«Primero empieza a oxidarse... durante el primer mes se pudre lentamente».
B2	Visión ingenua – La materia simplemente desaparece; no se reconoce ningún principio de conservación.	«La piel se descompondría en el compostador hasta desaparecer».
Ns/ Nc	Sin respuesta/paráfrasis – El alumno reformula la pregunta o evita explicar.	«Esto atraerá insectos y gusanos y se descompondrá».

La prueba de Mann-Whitney U reveló un desplazamiento significativo hacia mayor sofisticación conceptual en el grupo post-intervención ($U = 1102{,}0$, $Z = -2{,}78$, $p = 0{,}005$, $r = 0{,}22$; tamaño del efecto pequeño-mediano). La visión lineal (A2) aumentó del 27,4% al 37,5% y la visión circular (A1) del 8,3% al 18,1% (indicando mayor reconocimiento del ciclo de nutrientes), mientras las explicaciones intuitivas (B1) disminuyeron del 29,8% al 12,5%. Aproximadamente un tercio del alumnado mantuvo ideas de no conservación en el postest, evidenciando la profundidad de esta barrera conceptual.

Análisis fenomenográfico: Dimensión 2 – Reconocimiento de factores bióticos y abióticos

Esta dimensión evalúa el desarrollo de pensamiento sistémico: capacidad central en GreenComp para comprender la ecodependencia y las interacciones entre organismos y condiciones ambientales. La Tabla 2 presenta las categorías con ejemplos.

Tabla 2. Categorías descriptivas y respuestas ilustrativas del alumnado sobre factores bióticos y abióticos**.**

Etiq.	Categoría descriptiva	Ejemplo
A1	Multifactorial – Integra factores bióticos (micro, meso y macrofauna, hongos, bacterias) y abióticos (temperatura, humedad, pH) en explicación sistémica.	«Gracias al ciclo de nutrientes, microorganismos y mesofauna, y factores como temperatura, pH y humedad, la piel se convierte en compost».
A2	Centrada en bióticos – Reconoce la acción de macro y/o microorganismos como agentes principales de la descomposición.	«Primero la macrofauna descompone parcialmente; luego la micro y mesofauna lo completan hasta convertirlo en suelo».
A3	Centrada en abióticos – Las condiciones ambientales se identifican como único motor de la descomposición.	«La piel se pudre por la humedad, la temperatura y el pH».
B	Paradigma tecnológico – El compostador se concibe como agente autónomo de transformación, con papel biológico mínimo.	«El compostador consume todos los nutrientes de la piel, ayudado por el suelo o el clima».
C	Alternativa/poco clara – Respuesta vaga, parcial o no encuadrable en otra categoría.	«Plantas, bichos. Se pudre».

Los resultados inferenciales mostraron mejoras estadísticamente robustas en el razonamiento causal ($U(156) = 2158{,}0$, $p < 0{,}001$, $r = 0{,}32$ —efecto mediano—; $\chi^2(4, N = 156) = 16{,}85$, $p = 0{,}002$, $V = 0{,}33$). El cambio más notable se produjo en el enfoque multifactorial (A1): del 16,7% al 40,3% (Δ +23,6 pp; $Z = 3{,}18$, p_ajustado = 0,010), único cambio que permaneció significativo tras corrección de Bonferroni. El paradigma tecnológico desapareció por completo (8,3% → 0,0%), evidenciando que el compromiso material con sistemas vivos reemplazó las concepciones mecanicistas por modelos ecológicos sistémicos alineados con GreenComp.

DISCUSIÓN

Superando el techo conceptual: implicaciones para la didáctica de las ciencias

Los resultados pre-test confirmaron que ~70% del alumnado exhibía concepciones intuitivas/ingenuas, manifestando tres barreras clave: desaparición de la materia, foco en organismos visibles descuidando microbios, y atribución exclusiva a factores abióticos. Nuestros hallazgos con alumnado de 15-16 años desafían el patrón documentado por Byrne (2007): el incremento del 23,5% en razonamiento multifactorial ($p < 0,001$) sugiere que intervenciones sostenidas y bien andamiadas pueden reactivar el desarrollo conceptual más allá del techo habitualmente descrito. La relevancia personal del contexto —la descomposición como reto local de gestión de residuos (Marchal-Gaillard, V; 2024) — parece haber proporcionado las condiciones motivacionales necesarias para el compromiso profundo con los principios de economía circular y ecodependencia de GreenComp.

Tres mecanismos del proyecto ilustran cómo el compromiso material se tradujo en reestructuración conceptual: (1) la observación directa de mesofauna y macrofauna transformando activamente la materia cuestionó la atribución exclusiva a fuerzas abióticas (Koscher, E. A.; 1996).; (2) el registro de incrementos de temperatura en los compostadores ofreció evidencia tangible de actividad metabólica microbiana; y (3) la emergencia visible de compost contradijo las teorías de desaparición de la materia, demostrando concretamente los principios de conservación material. La eliminación completa del paradigma tecnológico constituye el resultado más llamativo: los estudiantes dejaron de conceptualizar el compostador como máquina autónoma para reconocerlo como sistema ecológico vivo.

Contribución metodológica y recomendaciones para la práctica docente

El uso de fenomenografía y storyboarding como métodos genuinamente complementarios —en línea con trabajos previos del equipo (Corrochano et al., 2025; Eugenio-Gozalbo et al., 2024)— constituye una contribución metodológica relevante para la didáctica de las ciencias. La asimetría detectada (ganancias significativas en fenomenografía pero no en storyboard) subraya que el aprendizaje de competencias de sostenibilidad sistémicas requiere andamiaje multimodal intencional. Para la práctica docente, estos resultados sugieren tres recomendaciones: (1) integrar proyectos de CC en la enseñanza de la ecología para proporcionar encuentros materiales con fenómenos que confronten concepciones previas; (2) incorporar el storyboarding con andamiaje explícito como herramienta de aprendizaje y evaluación, no solo como instrumento de recogida de datos; y (3) diseñar actividades que hagan visible lo invisible (la actividad microbiana, los flujos de materia) para abordar específicamente las barreras perceptuales y de conservación documentadas.

Limitaciones

La ausencia de grupo de control restringe las inferencias causales. El tamaño muestral y el contexto único (Sevilla) limitan la generalización. La imposibilidad de emparejamiento individual pre-post (protocolos éticos con menores) impide el análisis de trayectorias individuales. Futuros estudios deberían incorporar diseños cuasi-experimentales, medidas longitudinales diferidas y pedagogías de dibujo explícitas para evaluar si las ganancias son duraderas.

CONCLUSIÓN

El proyecto OrgWASTE aporta evidencia empírica de que intervenciones de CC bien diseñadas y sostenidas pueden superar el techo conceptual en el razonamiento ecológico adolescente y contribuir al desarrollo de competencias de sostenibilidad GreenComp. Tras la intervención, el alumnado de 15-16 años demostró un incremento de 23,6 puntos porcentuales en el razonamiento causal multifactorial, la eliminación de las concepciones de paradigma tecnológico y una mejora estadísticamente significativa en la comprensión de la conservación de la materia —competencias que sustentan el pensamiento sistémico y la acción para la sostenibilidad.

La reconceptualización de la descomposición orgánica sigue siendo alcanzable en secundaria siempre

que el compromiso material sostenido se combine con andamiaje pedagógico explícito, seguimiento cuantitativo y reflexión metacognitiva. La asimetría entre modalidades analíticas subraya que el aprendizaje multimodal de competencias de sostenibilidad requiere andamiaje multimodal intencional: sin apoyo explícito para la representación visual, esta dimensión del razonamiento tenderá a permanecer infradesarrollada. Los proyectos de CC que vinculan el aprendizaje con prácticas circulares localmente significativas pueden funcionar como contextos epistémicos potentes para el desarrollo de la ciudadanía ecológica y las competencias de sostenibilidad requeridas para abordar los desafíos socioambientales del siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera, M. (2022). GreenComp: The European sustainability competence framework. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/13286

Byrne, J. (2007). Children's ideas about micro-organisms: a cross-age study [Tesis doctoral, University of Southampton]. https://eprints.soton.ac.uk/466291/

Caño, L., & Eugenio-Gozalbo, M. (en prensa). Educar en ecología. Revista Ecosistemas.

Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition. Review of Educational Research, 63(1), 1–49. https://doi.org/10.3102/00346543063001001

Corrochano, D., Zuazagoitia, D., Eugenio-Gozalbo, M., Monferrer, L., Ortega-Cubero, I., Ruiz-González, A., & Aragón, L. (2025). A three-pronged method to analyze pre-service teachers' understanding and epistemic reasoning about soil. Journal of Biological Education, 59(1), 37–53. https://doi.org/10.1080/00219266.2023.2282430

Ero-Tolliver, I., Lucas, D., & Schauble, L. (2013). Young children's thinking about decomposition. Research in Science Education, 43(5), 2137–2152. https://doi.org/10.1007/s11165-012-9348-4

Eugenio-Gozalbo, M., Ortega-Cubero, I., & Suárez-López, R. (2024). Mind maps for eliciting and assessing plant awareness: A preliminary study on pre-service teachers. Plants, People, Planet, 6(3), 615–626. https://doi.org/10.1002/ppp3.10605

Eugenio-Gozalbo, M., Zuazagoitia, D., Ruiz-González, A., Corrochano, D., Hurtado-Soler, A., & Talavera, M. (2022). Implementing citizen science programmes in the context of university gardens to promote preservice teachers' scientific literacy: A case study on soil. International Journal of Science Education, 44(10), 1619–1638. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2088877

Fiorella, L. & Zhang, Q. (2018). Drawing boundary conditions for learning by drawing. *Educational Psychology Review, 30*, 1115-1137. https://doi.org/10.1007/s10648-018-9444-8

Homet, P., Zuazagoitia, D., Alcántara Rubio, L., Morillas, L., Domínguez, M. T., & Gil Martínez, M. (2026). OrgWASTE: La Ciencia Ciudadana como estrategia educativa para comprender la descomposición de la materia orgánica y promover prácticas sostenibles en la gestión de residuos. *Ecosistemas*, 3084. https://doi.org/10.7818/ECOS.3084

Koscher, E. A. (1996). Alternative conceptions held by adults on the concept of decomposition. University of Massachusetts Amherst. https://doi.org/10.7275/16131741

Leach, J., Driver, R., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology: Ideas about the cycling of matter. International Journal of Science Education, 18(1), 19–34. https://doi.org/10.1080/0950069960180102

Marchal-Gaillard, V. (2024). The science behind composting. Environmental Education Research, 30(1), 37–55. https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2099531

Marton, F. (1981). Phenomenography. Instructional Science, 10(2), 177–200.

Smith, A., Leeman-Munk, S., Shelton, A., Mott, B., Wiebe, E., & Lester, J. (2019). A multimodal assessment framework for integrating student writing and drawing. IEEE Transactions on Learning Technologies, 12(1), 3–15. DOI: 10.1109/TLT.2018.2799871

Vosniadou, S. (2012). Reframing the classical approach to conceptual change. En B. J. Fraser et al. (Eds.), Second international handbook of science education (pp. 119–130). Springer.

De la Agenda 2030 al aula de infantil: análisis de la presencia y ausencia de los ODS en el currículo español de educación científica temprana

Juan-Francisco Álvarez-Herrero

Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Universidad de Alicante, España

* Correspondencia: juanfran.alvarez@ua.es

RESUMEN: La Agenda 2030 y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) representan un compromiso global que exige su integración curricular desde las etapas más tempranas. Este trabajo analiza documentalmente la presencia de los ODS en el marco curricular español de educación infantil (Real Decreto 95/2022) y su traducción al área de Descubrimiento y Exploración del Entorno, identificando qué objetivos están efectivamente integrados y cuáles permanecen ausentes. Mediante un análisis de contenido categorial del currículo oficial y un contraste con documentos marco (Estrategia EDS 2030 UNESCO, LOMLOE), se identificaron patrones de inclusión diferenciada: mientras que ODS vinculados a medio ambiente (ODS 13, 14, 15) y salud (ODS 3) están explícitamente presentes, objetivos relacionados con justicia social (ODS 10, 16), energía sostenible (ODS 7) y consumo responsable (ODS 12) muestran presencia marginal o nula. Los resultados evidencian una brecha entre los compromisos internacionales de España y su materialización curricular en la educación infantil, especialmente en la dimensión social de la sostenibilidad. Se propone un marco integrador basado en tres ejes (ecodependencia, ciudadanía activa, y pensamiento sistémico) para una incorporación más equilibrada de los ODS en la educación científica temprana, con implicaciones directas para la formación docente y el diseño de materiales didácticos.

PALABRAS CLAVE: Objetivos de Desarrollo Sostenible; educación infantil; currículo; educación para la sostenibilidad; análisis documental

ABSTRACT: The 2030 Agenda and its 17 Sustainable Development Goals (SDGs) represent a global commitment requiring curricular integration from the earliest stages. This work documentally analyzes the presence of SDGs in the Spanish early childhood education curriculum framework (Royal Decree 95/2022) and its translation to the Discovery and Exploration of the Environment area, identifying which objectives are effectively integrated and which remain absent. Through categorical content analysis of the official curriculum and contrast with framework documents (UNESCO ESD Strategy 2030, LOMLOE), differentiated inclusion patterns were identified: while SDGs linked to environment (SDGs 13, 14, 15) and health (SDG 3) are explicitly present, objectives related to social justice (SDGs 10, 16), sustainable energy (SDG 7), and responsible consumption (SDG 12) show marginal or null presence. Results evidence a gap between Spain's international commitments and their curricular materialization in early childhood, especially in the social dimension of sustainability. An integrative framework based on three axes (eco-dependency, active citizenship, & systemic thinking) is proposed for a more balanced incorporation of SDGs in early science education, with direct implications for teacher training and didactic material design.

KEYWORDS: Sustainable Development Goals; early childhood education; curriculum; education for sustainability; documentary analysis

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por 193 Estados miembros de Naciones Unidas en 2015, establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como hoja de ruta global para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar prosperidad compartida. El ODS 4, centrado

en la educación de calidad, no solo constituye un objetivo en sí mismo sino un facilitador esencial para alcanzar el resto (UNESCO, 2017). La meta 4.7 especifica explícitamente que la educación debe promover conocimientos y competencias necesarias para el desarrollo sostenible, incluyendo derechos humanos, igualdad de género, cultura de paz y ciudadanía global.

En el contexto español, la Ley Orgánica 3/2020 (LOMLOE) incorpora por primera vez de forma explícita la sostenibilidad en el marco legal educativo, respondiendo al mandato europeo de integrar los ODS en el currículo (Recomendación del Consejo de la UE, 2018). Sin embargo, existe una brecha documentada entre las declaraciones normativas y su traducción efectiva en prescripciones curriculares concretas, especialmente en educación infantil, etapa crítica para la construcción de valores y actitudes (García-Esteban y Murga-Menoyo, 2015).

Este trabajo parte de una pregunta central: ¿en qué medida los 17 ODS están efectivamente presentes en el currículo oficial de educación infantil en España, específicamente en el área relacionada con educación científica? La relevancia de esta cuestión es triple: (1) permite evaluar la coherencia entre compromisos internacionales y políticas educativas nacionales, (2) identifica vacíos curriculares que requieren atención, y (3) ofrece evidencias para orientar la formación inicial y continua del profesorado de infantil.

MARCO TEÓRICO

Educación para el Desarrollo Sostenible en educación infantil

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) ha evolucionado desde enfoques centrados exclusivamente en contenidos ambientales hacia concepciones más holísticas que integran las dimensiones ambiental, social y económica de la sostenibilidad (Murga-Menoyo, 2018). En educación infantil, esta perspectiva se traduce en trabajar no solo el cuidado del entorno natural, sino también valores de equidad, justicia social y responsabilidad colectiva desde edades tempranas (Ärlemalm-Hagsér, 2013).

La literatura identifica tres paradigmas en EDS aplicada a infantil: (1) el modelo naturalista, centrado en experiencias directas con la naturaleza, (2) el modelo ecopedagógico, que enfatiza la ecodependencia y los límites planetarios, y (3) el modelo socio-crítico, que incorpora dimensiones de justicia ambiental y equidad (Somerville y Williams, 2015). El debate contemporáneo aboga por enfoques integrados que no reduzcan la sostenibilidad a una única dimensión.

Los ODS en el marco normativo español

El Real Decreto 95/2022 establece las enseñanzas mínimas de educación infantil bajo el marco LOMLOE, definiendo tres áreas: Crecimiento en Armonía, Descubrimiento y Exploración del Entorno, y Comunicación y Representación de la Realidad. Es en el área de Descubrimiento y Exploración donde se concentran mayoritariamente los contenidos vinculados a educación científica y, potencialmente, a los ODS relacionados con sostenibilidad ambiental y salud (Cruz-Guzmán et al., 2017).

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo principal es analizar la presencia de los 17 ODS en el currículo oficial español de educación infantil, específicamente en el área de Descubrimiento y Exploración del Entorno. Los objetivos específicos son: (1) identificar qué ODS están explícita o implícitamente presentes en competencias específicas y saberes básicos del área, (2) detectar ausencias significativas de ODS en el currículo, y (3) contrastar la presencia curricular con los compromisos de la Estrategia Nacional de Educación para el Desarrollo Sostenible.

Diseño y corpus documental

Se empleó análisis documental con enfoque cualitativo categorial. El corpus estuvo conformado por: (1) Real Decreto 95/2022 (enseñanzas mínimas infantil), (2) Anexo II del RD 95/2022 (área Descubrimiento y Exploración del Entorno), (3) Estrategia Nacional de Educación para el Desarrollo

Sostenible, y (4) Marco de Acción Educación 2030 UNESCO. Como documentos complementarios se analizaron decretos curriculares de tres comunidades autónomas (Andalucía, Cataluña, Madrid) para detectar variabilidad territorial.

Procedimiento de análisis

Se aplicó un sistema categorial deductivo-inductivo basado en los 17 ODS y sus 169 metas. Dos investigadores analizaron independientemente el área de Descubrimiento y Exploración, codificando cada competencia específica y saber básico según: (1) presencia explícita (mención directa del ODS o sus términos clave), (2) presencia implícita (vinculación conceptual clara sin mención explícita), y (3) ausencia. La concordancia intercodificador fue κ=0,84. Los desacuerdos se resolvieron por consenso y triangulación con el marco UNESCO.

RESULTADOS

La Tabla 1 sintetiza la presencia de cada ODS en el área analizada. Los resultados revelan un patrón de inclusión diferencial con tres niveles de presencia: alta, media y nula/marginal.

Tabla 1. Presencia de los ODS en el área Descubrimiento y Exploración del Entorno (RD 95/2022)

ODS	Presencia	Indicadores clave en currículo
ODS 3: Salud	**ALTA**	Hábitos saludables, higiene, bienestar emocional
ODS 13/14/15: Medio ambiente	**ALTA**	Respeto entorno natural, seres vivos, ecosistemas
ODS 4/5: Educación, igualdad	**MEDIA**	Implícito en enfoque inclusivo y coeducativo
ODS 7/10/12/16: Energía, justicia, consumo	**NULA**	Sin referencias explícitas ni implícitas

El ODS 3 (Salud y bienestar) presenta la integración más explícita, con múltiples saberes básicos referidos a "desarrollar hábitos saludables relacionados con el autocuidado" y "identificar sensaciones corporales vinculadas al bienestar". Los ODS ambientales (13, 14, 15) también muestran presencia robusta mediante competencias sobre "mostrar actitudes de respeto hacia los seres vivos" y "conocer distintos ecosistemas".

Contrariamente, objetivos relacionados con energía sostenible (ODS 7), reducción de desigualdades (ODS 10), consumo responsable (ODS 12) y paz/justicia (ODS 16) están prácticamente ausentes. El ODS 12, tan necesario para educar en sostenibilidad desde la primera infancia, no aparece explícitamente en ningún saber básico, pese a que conceptos como reciclaje, reducción de residuos o reutilización son perfectamente abordables a estas edades.

DISCUSIÓN

Los resultados evidencian que el currículo español de educación infantil presenta una implementación parcial y desequilibrada de los ODS, priorizando la dimensión ambiental sobre las dimensiones social y económica de la sostenibilidad. Este hallazgo es coherente con investigaciones previas que documentan el predominio del paradigma "verde" en educación ambiental infantil (Davis, 2014), pero contradice las orientaciones UNESCO que abogan por enfoques integrados (UNESCO, 2017).

La ausencia del ODS 12 (Consumo responsable) resulta particularmente llamativa dado que la educación infantil constituye un momento óptimo para desarrollar hábitos de consumo sostenible (Engdahl, 2015). Conceptos como "necesitar versus desear", "reutilizar materiales" o "cuidar los juguetes y recursos" son perfectamente comprensibles para niños/as de 3-6 años y podrían integrarse naturalmente en el área de Descubrimiento y Exploración.

La escasa presencia del ODS 10 (Reducción de desigualdades) sugiere que el currículo no aprovecha suficientemente el potencial de la educación científica infantil para abordar cuestiones de justicia ambiental y equidad. Investigaciones recientes demuestran que niños/as de infantil pueden comprender

que no todas las personas tienen igual acceso a recursos naturales básicos como agua limpia o espacios verdes (Inoue et al., 2016), lo cual podría trabajarse desde una perspectiva científica integradora.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Este estudio documenta una brecha significativa entre los compromisos de España con la Agenda 2030 y su traducción curricular en educación infantil. Las implicaciones para la didáctica de las ciencias son múltiples:

- Necesidad de revisión curricular que incorpore explícitamente los ODS ausentes, especialmente consumo responsable y justicia social, mediante saberes básicos específicos.
- La formación inicial del profesorado de infantil debe incluir módulos específicos sobre EDS que vayan más allá del enfoque exclusivamente ambiental.
- Los materiales didácticos comerciales para educación científica en infantil requieren evaluación crítica sobre su contribución real a una educación para la sostenibilidad integral.
- Se requieren investigaciones empíricas que documenten cómo el profesorado de infantil interpreta y materializa en el aula los contenidos de sostenibilidad del currículo actual.

Como limitación, comentar que este estudio se centra en el análisis documental sin evaluar la práctica real en las aulas. Futuros trabajos deberían complementar este análisis con observaciones de aula y entrevistas a docentes para comprender cómo se está implementando realmente la educación para la sostenibilidad en la etapa de infantil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ärlemalm-Hagsér, E. (2013). Minds on Earth hour - A theme for sustainability in Swedish early childhood education. *Early Child Development and Care, 183*(12), 1782–1795. https://doi.org/10.1080/03004430.2012.746971

Cruz-Guzmán, M., García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2017). Aprendiendo sobre los cambios de estado en educación infantil mediante secuencias de pregunta-predicción-comprobación experimental. *Enseñanza de las Ciencias, 35*(3), 175–193. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2336

Davis, J. (2014). Examining early childhood education through the lens of education for sustainability: Revisioning rights. En *Research in early childhood education for sustainability* (pp. 21-37). Routledge.

Engdahl, I. (2015). Early childhood education for sustainability: The OMEP world project. *International Journal of Early Childhood, 47*(3), 347–366. https://doi.org/10.1007/s13158-015-0149-6

García-Esteban, F. E. y Murga-Menoyo, M. Á. (2015). El profesorado de educación infantil ante el desarrollo sostenible. Necesidades formativas. *Enseñanza & Teaching, 33*(1), 121–142. https://doi.org/10.14201/et2015331121142

Inoue, M., O'Gorman, L., & Davis, J. (2016). Investigating Early Childhood Teachers' Understandings of and Practices in Education for Sustainability in Queensland: A Japan-Australia Research Collaboration. *Australian Journal of Environmental Education, 32*(2), 174–191. https://doi.org/10.1017/aee.2016.4

Murga-Menoyo, M. Á. (2018). La formación de la ciudadanía en el marco de la Agenda 2030 y la justicia ambiental. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social, 7*(1), 37–52. https://doi.org/10.15366/riejs2018.7.1.002

Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. *Boletín Oficial del Estado*, 28, de 2 de febrero de 2022. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/95

Somerville, M. y Williams, C. (2015). Sustainability education in early childhood: An updated review of research in the field. *Contemporary Issues in Early Childhood, 16*(2), 102–114. https://doi.org/10.1177/1463949115585658

UNESCO (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivos de aprendizaje*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423

Perspectivas y dimensiones de los ODS en alumnado de primaria

Jorge Crespo-Martín[1], Isaac Corbacho-Cuello[1] y Aurora Muñoz-Losa[1]*

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

*Correspondencia: jcrespomartin@unex.es

RESUMEN: La educación para el desarrollo sostenible (EDS) requiere integrar el aprendizaje cognitivo, afectivo y conductual desde las primeras etapas de la escolarización; sin embargo, las pruebas empíricas sobre cómo se comprometen los niños con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) siguen siendo limitadas. Este estudio examina los conocimientos, las actitudes y los comportamientos de 252 estudiantes de 4º curso de primaria (de entre 9 y 10 años) en Extremadura (España), utilizando un cuestionario validado sobre conocimientos, actitudes y comportamientos que abarca cinco ODS (3, 12, 13, 14 y 15). Los resultados revelan actitudes favorables a la sostenibilidad, conocimientos más desiguales y un compromiso conductual más débil, lo que apunta a una brecha temprana entre actitud y comportamiento. Los aspectos medioambientales fueron más destacados que los sociales o económicos, y las perspectivas económicas siguieron siendo marginales. En general, los resultados ponen de relieve tanto el potencial como las limitaciones de las prácticas actuales de EDS, contribuyendo a los debates sobre cómo se ponen en práctica los ODS en el aprendizaje temprano de la sostenibilidad. También hacen énfasis en la necesidad de una integración más equilibrada de las dimensiones de la sostenibilidad y de oportunidades de aprendizaje que apoyen la capacidad de acción de los alumnos en los contextos escolares cotidianos.

PALABRAS CLAVE: Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS); Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); Educación Primaria; Conocimientos, actitudes y comportamientos; Educación para la sostenibilidad

ABSTRACT: Education for sustainable development (ESD) requires integrating cognitive, affective, and behavioral learning from the earliest stages of schooling; however, empirical evidence on how children engage with the Sustainable Development Goals (SDGs) remains limited. This study examines the knowledge, attitudes, and behaviors of 252 fourth-grade students (aged 9–10) in Extremadura (Spain), using a validated questionnaire on knowledge, attitudes, and behaviors covering five SDGs (3, 12, 13, 14, and 15). The results reveal attitudes favorable to sustainability, more uneven knowledge, and weaker behavioral engagement, pointing to an early gap between attitude and behavior. Environmental aspects were more prominent than social or economic ones, and economic perspectives remained marginal. Overall, the results highlight both the potential and the limitations of current ESD practices, contributing to discussions on how the SDGs are implemented in early sustainability education. They also emphasize the need for a more balanced integration of sustainability dimensions and learning opportunities that support students' capacity for action in everyday school contexts.

KEYWORDS: Education for Sustainable Development (EDS); Sustainable Development Goals (SDGs); Primary Education; Knowledge-Attitudes-Behaviours; Sustainability Education

INTRODUCCIÓN

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) se ha consolidado como un eje fundamental de la agenda internacional, impulsada por la UNESCO y formalizada en la Agenda 2030. Específicamente, la meta 4.7 del ODS 4 resalta la necesidad de que los sistemas educativos integren contenidos sobre sostenibilidad, derechos humanos y ciudadanía global. Más allá de la teoría, la EDS busca que el alumnado desarrolle competencias para enfrentar desafíos globales y construir sociedades equitativas. Este nuevo enfoque propone un aprendizaje integral que une conocimientos, actitudes y comportamientos.

Según Rieckmann (2018), la educación no debe ser una simple transmisión conceptual, sino un motor de valores y compromiso emocional. Para ello, la sostenibilidad debe abordarse desde una triple dimensión: ambiental, social y económica.

La educación primaria es el escenario ideal para iniciar este proceso, ya que es cuando se consolidan los valores y habilidades cognitivas básicas. Los estudios de Davis (2010) y Hedefalk et al. (2015) sugieren que, mediante metodologías activas como el juego, las narraciones y la indagación, los niños pueden comprender conceptos abstractos de sostenibilidad de manera significativa.

Sin embargo, a pesar del respaldo institucional, la realidad en las aulas presenta obstáculos significativos. Por un lado, se encuentra la fragmentación, es decir, las iniciativas suelen ser actividades aisladas o extracurriculares, lo que impide una comprensión sistémica de los problemas (Tilbury, 2011; Timm y Barth, 2021). Por otro lado, está el sesgo ambiental, donde se muestra que existe un claro desequilibrio donde lo "verde" (reciclaje, ahorro de energía) domina el currículo, dejando de lado las dimensiones sociales y económicas (Lamanauskas y Malinauskienė, 2024). Esto limita la capacidad del estudiante para ver las interrelaciones críticas entre problemas sociales y ambientales (Wals y Corcoran, 2012).

En múltiples contextos, incluyendo el español, la dimensión social se reduce a valores generales como el respeto, ignorando temas complejos como la justicia social o la equidad (Rieckmann, 2018). Asimismo, la dimensión económica es casi inexistente, a pesar de que los niños ya tienen experiencias cotidianas con el consumo (Rangel Morales et al., 2021).

Por otro lado, los docentes enfrentan una falta de formación específica y recursos adecuados, lo que deriva en una enseñanza centrada en la memoria en lugar de en la acción (Kioupi y Voulvoulis, 2019; Sinakou et al., 2019). Esto genera la llamada "brecha de acción": los estudiantes pueden estar preocupados por el planeta, pero no saben cómo (o no tienen autonomía para) actuar concretamente (Olsson et al., 2022; Pauw et al., 2015).

En España, la integración de los ODS se concentra en el área de Ciencias Naturales, priorizando objetivos como el ODS 12 (Consumo) o el ODS 13 (Acción climática), pero con un enfoque individualista (Arrebola y Martínez-Medina, 2019; Suárez-López y Eugenio-Gozalbo, 2022). Para entender mejor esta dinámica, este estudio propone el modelo Conocimiento–Actitudes–Comportamientos (KAB, *por las siglas en inglés*), que analiza el proceso mediante el cual los estudiantes transforman la información en valores y, finalmente, en acciones sostenibles reales.

METODOLOGÍA

El estudio adaptó un diseño cuantitativo, descriptivo y transversal del estudio de Autores (2025), con el objetivo de analizar los conocimientos, actitudes y comportamientos del alumnado de Educación Primaria en relación con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La muestra estuvo formada por 252 estudiantes de cuarto curso de educación primaria procedentes de dieciséis centros escolares situados en distintos contextos socioeconómicos y geográficos de Extremadura (España), incluyendo tanto áreas rurales como urbanas. La selección de los centros se realizó mediante muestreo intencional, considerando la disposición del profesorado a participar en el estudio.

La distribución por género fue equilibrada, con 122 niños y 130 niñas. Además, se realizó una comprobación de potencia estadística que confirmó que el tamaño muestral era adecuado para detectar diferencias significativas en los análisis realizados.

La recogida de datos se llevó a cabo mediante un cuestionario basado en el modelo KAB, diseñado para evaluar tres dimensiones del aprendizaje sobre sostenibilidad:

- Conocimientos, relacionados con la comprensión conceptual de los problemas.
- Actitudes, vinculadas a valores y respuestas emocionales.
- Comportamientos, referidos a acciones concretas en la vida cotidiana.

Cada dimensión incorporaba además tres perspectivas de sostenibilidad: ambiental, social y económica. El cuestionario incluía 45 ítems con escala Likert de cinco puntos, organizados en torno a cinco ODS seleccionados: ODS 3: Salud y bienestar; ODS 12: Producción y consumo responsables; ODS 13: Acción por el clima; ODS 14: Vida submarina; y ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

El instrumento fue adaptado lingüística y cognitivamente para estudiantes de entre 9 y 11 años, revisado por expertos y sometido a una prueba piloto. El análisis de fiabilidad mostró una consistencia interna elevada ($\alpha = 0{,}833$).

Los datos se recogieron en las aulas durante las últimas semanas del curso escolar 2023-2024. Posteriormente se analizaron mediante el software JASP, utilizando estadísticos descriptivos y pruebas no paramétricas debido a la distribución no normal de los datos. En particular, se aplicó la prueba H de Kruskal-Wallis para identificar diferencias entre ODS, dimensiones de aprendizaje y perspectivas de sostenibilidad.

RESULTADOS

El análisis inicial mostró diferencias en el grado de compromiso del alumnado con los distintos ODS analizados. Como se puede observar en la Figura 1, los valores más altos se registraron en el ODS 12 (producción y consumo responsables) y el ODS 3 (salud y bienestar), lo que sugiere que estos objetivos resultan especialmente cercanos para los estudiantes, probablemente debido a su relación directa con experiencias cotidianas y con contenidos curriculares habituales.

En una posición intermedia se situaron el ODS 15 (vida de ecosistemas terrestres) y el ODS 14 (vida submarina). Estos objetivos están presentes en actividades educativas relacionadas con la naturaleza y la biodiversidad, lo que podría explicar el nivel moderado de familiaridad mostrado por el alumnado.

El ODS 13 (acción por el clima) obtuvo las puntuaciones más bajas entre los cinco objetivos analizados. Este resultado puede indicar que el cambio climático se percibe como un problema más abstracto o distante para los estudiantes de primaria.

Figura 1. Media por ODS

Como se puede observar en la Figura 2, el análisis de las tres dimensiones del modelo KAB reveló un patrón consistente: las actitudes presentaron las puntuaciones más altas, seguidas de los conocimientos, mientras que los comportamientos declarados fueron sistemáticamente más bajos. Este patrón sugiere

que los estudiantes tienden a mostrar actitudes positivas hacia la sostenibilidad, incluso cuando su comprensión conceptual o sus acciones cotidianas son más limitadas.

Este fenómeno fue especialmente evidente en los ODS 13 y 14, donde los estudiantes expresaron preocupación por los problemas ambientales, pero declararon pocas acciones concretas relacionadas con ellos.

En contraste, los ODS 3 y 12 se mostraron más equilibrados entre conocimientos, actitudes y comportamientos. En estos casos, el alumnado no solo manifestó actitudes positivas, sino también un mayor nivel de conocimiento y una mayor frecuencia de acciones relacionadas con hábitos saludables o consumo responsable.

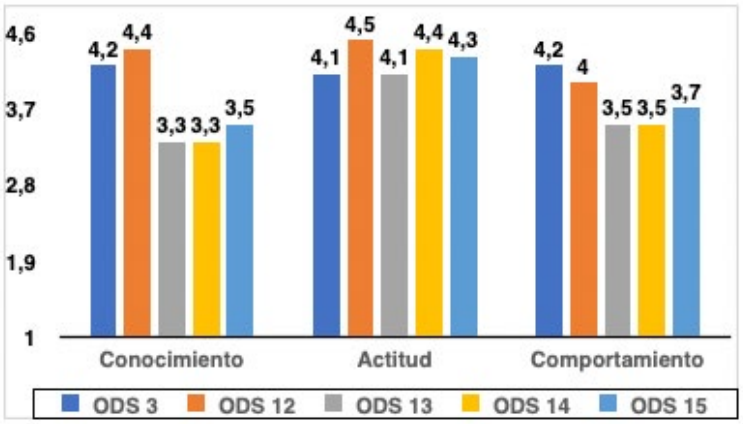


Figura 2. Media por dimensión y ODS

Por último, el análisis de las perspectivas de sostenibilidad mostró un claro desequilibrio como se muestra en la Figura 3. La dimensión ambiental obtuvo las puntuaciones más altas, seguida de la dimensión social, mientras que la dimensión económica registró los valores más bajos en la mayoría de los objetivos.

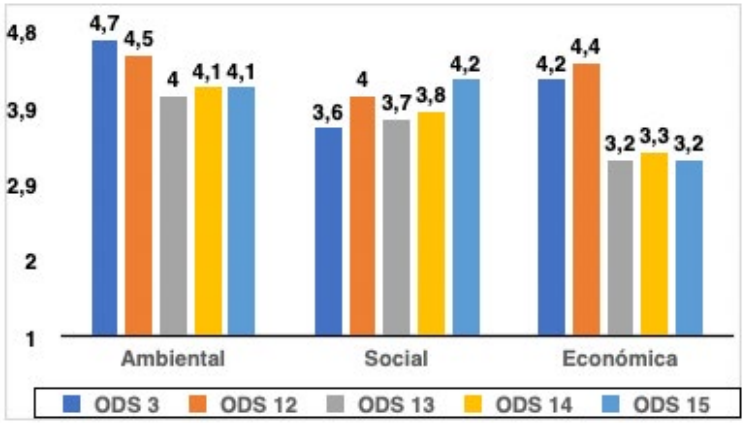


Figura 3. Media por perspectiva y ODS

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio ponen de manifiesto que el compromiso del alumnado con los ODS depende en gran medida de cómo se presentan los temas de sostenibilidad en la experiencia escolar cotidiana.

Los objetivos relacionados con la salud y el consumo responsable mostraron niveles elevados de compromiso, probablemente porque están presentes en la vida diaria de los estudiantes y en actividades escolares habituales. Cuando los contenidos de sostenibilidad se relacionan con experiencias cercanas, aumenta la probabilidad de que los estudiantes puedan aplicarlos en su vida cotidiana (Funa y Gabay, 2025).

En cambio, el cambio climático y algunos aspectos de la biodiversidad pueden resultar más abstractos para los estudiantes de primaria. Estudios previos sugieren que cuando estos problemas se presentan principalmente como fenómenos globales, los niños pueden percibirlos como lejanos o difíciles de abordar mediante acciones personales (Ojala, 2012; Stevenson et al., 2016).

El estudio también confirma la existencia de una brecha entre actitudes y comportamientos, un fenómeno ampliamente documentado en la investigación sobre educación ambiental y sostenibilidad (Olsson et al., 2022; Lamanauskas y Malinauskienė, 2024). Aunque los estudiantes expresan valores positivos hacia la sostenibilidad, esto no siempre se traduce en acciones concretas.

Además, los resultados evidencian un desequilibrio estructural en la enseñanza de la sostenibilidad, con un claro predominio de los aspectos ambientales y una presencia limitada de las dimensiones sociales y económicas. Este patrón coincide con investigaciones previas que señalan que la dimensión económica suele ser la menos desarrollada en la educación para la sostenibilidad (Kioupi y Voulvoulis, 2019).

Para superar estas limitaciones, los autores sugieren la necesidad de promover enfoques pedagógicos que integren las diferentes dimensiones de la sostenibilidad y que ofrezcan al alumnado oportunidades reales de participación y acción en el entorno escolar.

CONCLUSIONES

El estudio aporta evidencia empírica sobre cómo el alumnado de educación primaria se relaciona con la sostenibilidad a través de distintos ODS. Los resultados muestran que los estudiantes presentan actitudes positivas hacia la sostenibilidad, pero también ponen de manifiesto una brecha entre estas actitudes y los comportamientos declarados. Asimismo, el aprendizaje sobre sostenibilidad se caracteriza por un predominio de la dimensión ambiental, mientras que las dimensiones social y económica aparecen menos desarrolladas.

Estos hallazgos subrayan la importancia de promover una educación para la sostenibilidad más integrada, que combine conocimientos, valores y acciones y que ofrezca oportunidades significativas para que los estudiantes participen activamente en la construcción de un futuro más sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrebola, J., & Martínez-Medina, R. (2019). Sustainability in primary education in Spain: An approach through textbooks. *European Journal of Geography*, *9*(4), 56.

Autores. (2025).

Davis, J. (2010). What is early childhood education for sustainability? In J. Davis (Ed.), *Young children and the environment: Early education for sustainability* (pp. 21–42). Cambridge University Press.

Hedefalk, M., Almqvist, J., & Östman, L. (2015). Education for sustainable development in early childhood education: a review of the research literature. *Environmental Education Research*, *21*(7), 975–990. https://doi.org/10.1080/13504622.2014.971716

Kioupi, V., & Voulvoulis, N. (2019). Education for Sustainable Development: A Systemic Framework for Connecting the SDGs to Educational Outcomes. *Sustainability*, *11*(21), 6104. https://doi.org/10.3390/su11216104

Lamanauskas, V., & Malinauskienė, D. (2024). Education for sustainable development in primary school: Understanding, importance, and implementation. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *12*(3), 356–373. https://doi.org/10.30935/scimath/14685

Olsson, D., Gericke, N., & Chang Rundgren, S.-N. (2016). The effect of implementation of education for sustainable development in Swedish compulsory schools – assessing pupils' sustainability consciousness. *Environmental Education Research*, *22*(2), 176–202. https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1005057

Pauw, J. B., Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The Effectiveness of Education for Sustainable Development. *Sustainability*, *7*(11), 15693–15717. https://doi.org/10.3390/su71115693

Rangel Morales, J. I., Sepúlveda Maldonado, J. A., Fulgencio Juárez, M., & de la Vega Guzmán, R. (2021). Escala de Alfabetización Económica infantil: diseño y propiedades métricas de validación. *Uaricha, Revista De Psicología*, *18*, 23–37.

Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies in education for sustainable development. In A. Leicht, J. Heiss, & W. Byun (Eds.), *Key competencies in education for sustainable development* (pp. 39–59). UNESCO.

Sinakou, E., Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2019). Exploring the concept of sustainable development within education for sustainable development: implications for ESD research and practice. *Environment, Development and Sustainability*, *21*(1), 1–10. https://doi.org/10.1007/s10668-017-0032-8

Wals, A., & Corcoran, P. (2012). *Learning for sustainability in times of accelerating change*. Wageningen Academic Publishers.

La Competencia de Cambio Climático (C3). Una ruta para pasar de las ideas a la acción en el sistema educativo

Enzo Ferrari[1], *Anne-Marie Balleger*[1], *Inés García-Bohorquez*[1], *Diego Corrochano*[1], *Rafael Suárez*[1] *y Camilo Ruiz*[1]

[1] GIR EMC3 Depto Didáctica de las Mat. y las CCEE, Universidad de Salamanca, España

* Correspondencia: camilo@usal.es

RESUMEN: La educación para el cambio climático (ECC) enfrenta el reto de implementarse de forma efectiva en el sistema de educación formal y así mejorar nuestras estrategias de mitigación y adaptación. En este trabajo presentamos la Competencia de Cambio Climático (C3), un marco teórico-práctico diseñado para operativizar los hallazgos de la ECC en el sistema educativo formal. La C3 integra tres dimensiones: conocimientos sobre el cambio climático, sus causas y consecuencias; habilidades que incluyen navegar la complejidad, planear sobre diferentes escenarios climáticos entro otras; y actitudes que incluye la concienciación, la agencia y la justicia climática entre otras. Su diseño responde a una doble dinámica: por un lado, marcos supranacionales como el Acuerdo de París, los ODS y las recomendaciones del IPCC; por otro, la exigencia social articulada en movimientos como Fridays for Future, Teacher for Future y otros movimientos sociales. Presentamos las aplicaciones de la C3 en distintos niveles del sistema educativo—desde el diseño de políticas hasta la formación del profesorado y la elaboración de materiales didácticos—, así como los instrumentos de evaluación validados para diferentes etapas formativas. Se discute su potencial como herramienta didáctica para abordar la ecoansiedad, fomentar el sentido de agencia y conectar el conocimiento científico con la acción colectiva en contextos escolares.

PALABRAS CLAVE: educación para el cambio climático; competencia climática; didáctica de las ciencias; formación del profesorado; agencia

ABSTRACT: Climate change education (CCE) faces the challenge of going beyond declarative knowledge to promote informed and sustained action. This paper presents the Climate Change Competence (C3), a theoretical-practical framework designed to operationalize CCE findings within formal education systems. C3 integrates three dimensions: knowledge of the climate system, its causes and consequences (extending climate literacy); skills including critical thinking, source evaluation, and action planning; and attitudes of responsibility, agency, and climate justice. Its design responds to a dual dynamic: supranational frameworks such as the Paris Agreement, the SDGs, and IPCC recommendations, alongside social demands articulated in movements such as Fridays for Future. We present C3 applications at multiple educational levels—from policy design to teacher training and didactic materials—together with validated assessment instruments for different educational stages. We discuss its potential as a pedagogical tool to address eco-anxiety, foster agency, and connect scientific knowledge with collective action in school contexts.

KEYWORDS: climate change education; climate competence; science education; teacher training; agency

INTRODUCCIÓN

La urgencia de la crisis climática plantea un desafío singular a la didáctica de las ciencias experimentales: ¿cómo transformar el conocimiento científico sobre el clima en capacidad de acción? La educación para el cambio climático (ECC) lleva décadas construyendo respuestas parciales a esta pregunta, pero su incorporación al sistema educativo formal sigue siendo fragmentaria y episódica (Ferreira-Corchero et al., 2025).

La necesidad de un marco articulador se ha vuelto ineludible por la convergencia de dos dinámicas. Por un lado, una dinámica top-down que incluye el Acuerdo de París y su horizonte de neutralidad climática hacia 2050, la Agenda 2030 con los ODS, la tradición de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) y las recomendaciones del IPCC, que exigen acelerar la descarbonización y fortalecer la mitigación y la adaptación. Por otro, una dinámica bottom-up que refleja la exigencia social de actuar frente al cambio climático, articulada en movimientos como Fridays for Future y Teachers for Future.

En este trabajo presentamos la Competencia de Cambio Climático (C3), desarrollada desde la Universidad de Salamanca en el marco del proyecto nacional EduC3 en colaboración con grupos de didácticas de las ciencias experimentales en la UVA, UV, UCLM, UCM y UJI. La C3 se sitúa como puente entre la ciencia y la sociedad, buscando traducir el conocimiento climático en acción transformadora e impulsar decisiones informadas que mejoren las estrategias de mitigación y adaptación en un escenario marcado por la urgencia y la complejidad.

MARCO TEÓRICO: LA COMPETENCIA DE CAMBIO CLIMÁTICO (C3)

La competencia climática (C3) puede definirse como la capacidad de comprender el cambio climático a partir del conocimiento científico y social disponible; interpretar sus riesgos y escenarios; evaluar información y desinformación; tomar decisiones y participar en acciones individuales y colectivas orientadas a la descarbonización, la mitigación y la adaptación; y hacerlo de manera informada, ética, emocionalmente sostenible y socialmente justa (Ferrari et al., 2024).

La C3 articula tres dimensiones interdependientes. La dimensión del conocimiento incluye y amplía el marco de la climate literacy, incorporando la comprensión del sistema climático, sus causas antropogénicas y sus consecuencias a diferentes escalas. La dimensión de las habilidades abarca el pensamiento crítico, la evaluación de fuentes, el razonamiento bajo incertidumbre, la planificación de acciones y la comunicación científica entro otras habilidades. La dimensión actitudinal incluye la responsabilidad, el sentido de agencia, la justicia climática y la disposición a la participación (Ballegeer et al., 2024; Fuertes-Prieto et al., 2024).

Esta definición permite articular la C3 como competencia transversal comparable, en estatus educativo, a otras competencias clave del currículum, lo que facilita su integración en los distintos niveles del sistema educativo.

METODOLOGÍA

El desarrollo de la C3 ha seguido un proceso de investigación-acción que combina la revisión sistemática de la literatura sobre ECC, el diseño y validación de instrumentos de medida y el desarrollo e implementación de propuestas didácticas en distintos contextos educativos.

Instrumentos de evaluación

Se han diseñado y validado cuestionarios para medir el nivel de C3 en diferentes etapas formativas: estudiantes de Educación Primaria (Ortega-Quevedo, V, 2024), Secundaria y Bachillerato (Rebeca Ferreira-Corchero, 2026), y docentes en formación inicial (Fuertes-Prieto, M. Á, 2024). Estos instrumentos permiten el diagnóstico inicial, el seguimiento del desarrollo competencial y la evaluación del impacto de intervenciones didácticas.

Intervenciones didácticas

Junto a los instrumentos de evaluación, se han diseñado y pilotado materiales didácticos vinculados a las tres dimensiones de la C3. Entre ellos, un MOOC sobre la ciencia básica del cambio climático (Ferrari et al., 2024) y actividades con herramientas de visualización como Science On a Sphere (Ferreira-Corchero et al., 2025), que permiten abordar la complejidad del sistema climático de forma accesible en el aula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aplicaciones en el sistema educativo

La C3 tiene aplicaciones directas en distintos niveles del sistema educativo. A nivel macro, funciona como marco para diseñar políticas educativas: permite establecer metas, indicadores y prioridades para incorporar el clima de forma coherente en la educación obligatoria, la formación profesional y la universidad.

A nivel de centros educativos, la C3 orienta estrategias e intervenciones educativas que conectan las prácticas de acción climática escolar con aprendizajes concretos, evitando que estas se reduzcan a gestos simbólicos sin contenido didáctico. A nivel curricular, puede incorporarse como competencia que atraviesa materias y etapas, favoreciendo la coherencia con los enfoques actuales de educación por competencias.

Dimensión psicoeducativa

La C3 permite abordar las barreras psicológicas que dificultan la acción climática, como la parálisis por ansiedad, la fatiga climática, la negación defensiva, la polarización o la externalización de la responsabilidad. Desde este enfoque, puede integrarse con marcos psicoeducativos para analizar por qué algunas acciones climáticas prosperan y otras no, y para transformar la ecoansiedad en agencia y acción (Ballegeer et al., 2024).

Urgencias concretas en las comunidades educativas

La C3 resulta especialmente pertinente para abordar urgencias concretas que ya afectan a las comunidades educativas, como la preparación ante catástrofes naturales, la gestión de riesgos o la adaptación de infraestructuras y rutinas escolares frente a olas de calor y de frío cada vez más intensas. La reciente experiencia de la DANA en Valencia ilustra la urgencia de dotar al sistema educativo de herramientas para gestionar estos escenarios.

CONCLUSIONES

La Competencia de Cambio Climático (C3) representa una propuesta didáctica sólida para introducir la ECC en el sistema educativo formal, ampliar su alcance y mejorar su impacto. Al articular conocimientos, habilidades y actitudes en un marco coherente con los enfoques actuales de educación por competencias, la C3 facilita la tarea del profesorado de ciencias y la dota de herramientas para conectar la ciencia del clima con la acción transformadora.

La disponibilidad de instrumentos validados para su evaluación en distintas etapas formativas permite avanzar hacia una ECC basada en evidencias, capaz de mejorar programas y políticas educativas con rigor metodológico. El trabajo desarrollado en el grupo EMC3 de la Universidad de Salamanca y en el proyecto nacional EduC3 aporta elementos clave para consolidar la C3 como marco de referencia para la investigación y la práctica en didáctica de las ciencias experimentales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballegeer, A. M., Ferrari, E., Corrochano, D., & Ruiz, C. (2024). The role of knowledge, attitude, and emotions in Spanish pre-service teachers' willingness to engage in climate change education. European Journal of Teacher Education, 1–19. https://doi.org/10.1080/02619768.2024.2370885

Ortega-Quevedo, V., López-Luengo, M.A., Ferrari, E., y Ruiz, C. (2024). Evaluating climate change competence in pre-teens: Instrument development and validation, Journal of Environmental Psychology, 96, 102329, https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2024.102329.

Rebeca Ferreira-Corchero, Enzo Ferrari, Eva Matilla-Bracamonte, Santiago Andrés-Sánchez, Anne-Marie Ballegeer, Camilo Ruiz (2026). A Cross-National Validation of a Climate Change Competence scale for Secondary School Students in Spain and Honduras. The Journal of Environmental Education. 10.1080/00958964.2026.2631982

Ferrari, E., Ballegeer, A.-M., Corrochano, D., Fuertes, M. Á., Herrero Teijón, P., Delgado Martín, M. L., Andrés Sánchez, S., & Ruiz, C. (2024). Improvement of attitudes and skills using a MOOC about the basic science of climate change. Humanities and Social Sciences Communications, 11, Article 739. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03139-6

Ferreira-Corchero, R., Ballegeer, A.-M., & Ruiz, C. (2025). Educational tools to develop climate literacy among school students: Science On a Sphere. En R. Molina Carmona et al. (Eds.), Proceedings of TEEM 2024 (pp. 1040–1049). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-96-5658-5_102

Fuertes-Prieto, M. Á., Ferrari, E., Eugenio-Gozalbo, M., & Ruiz, C. (2024). Concerned or skeptical? Spanish preservice teachers' emotions about climate change and their relationship to their climate change competence. International Research in Geographical and Environmental Education. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/10382046.2024.2427279

El Rol de las Organizaciones Escolares en la Educación para la Sostenibilidad

Inés García-Bohórquez [1], Dries Verhelst[2], Fernando Martínez-Abad[3] y Camilo Ruiz[4]

[1] [4] Departamento Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, España

[2] Departamento Formación y Ciencias de la Educación, Universidad de Amberes, Bélgica

[3] Departamento Didáctica, Organización y Métodos de Investigación, Universidad de Salamanca, España

* Correspondencia: inesgarbohorquez@usal.es

RESUMEN: Este trabajo analiza el papel de las organizaciones escolares en la promoción de la educación para la sostenibilidad (ESD) en el contexto europeo. El objetivo principal es examinar la relación entre factores organizativos escolares y los niveles de conocimiento y actitudes ambientales del alumnado de educación primaria. La metodología se basa en el análisis secundario de datos del estudio internacional TIMSS 2023, abarcando 28 sistemas educativos europeos y de los Balcanes. Se consideran variables vinculadas al enfoque *Whole School Approach* y al marco *ESD-effective school*, mediante análisis descriptivos y correlacionales. Los resultados evidencian diferencias significativas entre sistemas educativos, así como una débil correlación negativa entre el conocimiento y las actitudes ambientales del alumnado. Asimismo, se identifican disparidades entre contextos urbanos y rurales, especialmente en algunos sistemas de Europa del Este. Los factores organizativos, como el énfasis escolar en la sostenibilidad y la disponibilidad de recursos, muestran asociaciones limitadas con los resultados del alumnado. Se concluye que es necesario reforzar la coherencia entre las políticas educativas y las prácticas organizativas escolares, promoviendo enfoques integrales que contribuyan a una educación científica orientada a la sostenibilidad y la justicia social y planetaria.

PALABRAS CLAVE: educación para la sostenibilidad; organización escolar; TIMSS; educación primaria

ABSTRACT: This study explores the role of school organizations in promoting Education for Sustainable Development (ESD) within the European context. Its primary objective is to examine the relationship between school organizational factors and primary students' environmental knowledge and attitudes. The methodology is based on secondary data analysis from the 2023 TIMSS international study, covering 28 European and Balkan education systems. Variables related to the Whole School Approach (WSA) and the ESD-effective school framework were considered through descriptive and correlational analyses. The results reveal significant differences across education systems, as well as a weak negative correlation between students' environmental knowledge and attitudes. Urban–rural disparities are also identified, particularly in some Eastern European systems. Organizational factors, such as schools' emphasis on sustainability and resource availability, show limited associations with student outcomes. The study concludes that stronger alignment between educational policies and school organizational practices is needed, promoting holistic approaches that foster science education oriented toward sustainability and social and planetary justice.

KEYWORDS: Education for Sustainable Development; school organization; Whole School Approach; TIMSS 2023; primary education

INTRODUCCIÓN

La educación científica transformadora constituye una herramienta clave para enfrentar retos globales como la crisis climática, la pérdida de biodiversidad, el agotamiento de recursos, la contaminación y la proliferación de desinformación, los cuales amenazan los ecosistemas, las economías y el bienestar humano (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, 2023). Alcanzar la sostenibilidad implica transformar la manera en que las sociedades piensan, aprenden y actúan frente al medio ambiente

(Comisión Europea, 2019). En este sentido, la educación proporciona a individuos y comunidades los conocimientos, valores y habilidades necesarios para tomar decisiones informadas, gestionar la incertidumbre y construir futuros resilientes (UNESCO, 2022, 2024).

Los marcos globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (especialmente los ODS 4.7 y 12.8) y el marco europeo de competencias para la sostenibilidad (*GreenComp*) subrayan el papel de la educación en el desarrollo de competencias ambientales y climáticas, incluyendo la internalización de valores de sostenibilidad, la comprensión de la complejidad, la visión de futuros sostenibles y la disposición para actuar de manera responsable (Bianchi et al., 2022; United Nations, 2015; Wals et al., 2024). En este contexto, las escuelas se conciben no solo como espacios de aprendizaje, sino como comunidades que fomentan comportamientos sostenibles desde edades tempranas.

Pese a su importancia creciente, la investigación empírica sobre cómo las prácticas escolares influyen en los resultados de los estudiantes sigue siendo limitada. Para dar respuesta a esta brecha, este estudio realiza un análisis secundario de los datos del Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS) 2023, con el objetivo de identificar las prácticas organizativas escolares que favorecen la educación para la sostenibilidad. La investigación se centra en cómo las características escolares vinculadas al Whole School Approach (WSA), tales como visión compartida, adaptabilidad, relaciones de apoyo y eficacia colectiva, pueden promover el desarrollo del conocimiento y las actitudes ambientales de los estudiantes.

A partir de este marco, la investigación se plantea las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo varían el conocimiento ambiental, las actitudes y el énfasis escolar en sostenibilidad entre los estudiantes de cuarto grado en distintos sistemas educativos?
2. ¿De qué manera se relacionan las variables de la organización escolar, según el marco de escuelas efectivas para la EDS, con el conocimiento ambiental de los estudiantes?
3. ¿De qué manera se relacionan las mismas variables con las actitudes ambientales de los estudiantes?

MARCO TEÓRICO

Las competencias sostenibles como la *GreenComp*, la competencia en cambio climático (C3) y *ActionComp,* ponen de manifiesto la necesidad de ir más allá del conocimiento teórico sobre sostenibilidad (Borgonovi et al., 2022; Fuertes et al., 2020; Sass et al., 2020). Aunque el conocimiento es un componente esencial, la investigación evidencia que las actitudes y emociones desempeñan un papel fundamental en la promoción de comportamientos sostenibles (Ballegeer et al., 2024). En este sentido, las escuelas deben integrar estas dimensiones afectivas con la participación activa y los valores, considerando que el entorno organizativo —incluidos el liderazgo, los recursos y la implicación de estudiantes y familias— condiciona el desarrollo de las competencias de sostenibilidad.

El WSA constituye un modelo transformador que integra la sostenibilidad en todas las dimensiones de la escuela: liderazgo y gobernanza, enseñanza y aprendizaje, participación comunitaria, operaciones escolares y cultura institucional. No se trata de una asignatura o un proyecto puntual, sino de una transformación integral orientada a abordar desafíos complejos, como el cambio climático o la pérdida de biodiversidad (Mathie & Wals, 2022).

Asimismo, el WSA promueve que las escuelas se conviertan en "laboratorios vivos" sostenibles, mediante reformas curriculares y transformaciones organizativas y relacionales. De este modo, las instituciones adoptan este enfoque alineando su infraestructura física —como el consumo de energía, la gestión de residuos y la alimentación— con su infraestructura social (Autor(es), 2024).

En este contexto, la didáctica de las ciencias experimentales desempeña un papel fundamental proporcionando un espacio concreto para implementar la educación para la sostenibilidad. A través de proyectos, experimentos y actividades contextualizadas, los estudiantes pueden aplicar conocimientos,

desarrollar actitudes responsables y fomentar el pensamiento sistémico, conectando la teoría con la práctica y promoviendo una comprensión profunda de los problemas ambientales (Calero Llinares et al., 2019).

Para operacionalizar el WSA, resulta esencial identificar las condiciones organizativas que facilitan su implementación. En este sentido, el marco *ESD-effective school* describe ocho características clave: liderazgo sostenible, recursos, comunicación pluralista, relaciones de apoyo, eficacia colectiva, adaptabilidad, toma democrática de decisiones y visión compartida (Autor(es), 2020). Estas dimensiones configuran una cultura escolar propicia para el desarrollo de competencias de sostenibilidad.

Por último, las evaluaciones a gran escala constituyen herramientas útiles para analizar cómo los conocimientos, actitudes y comportamientos ambientales de los estudiantes se relacionan con las condiciones organizativas de las escuelas, a través del marco de Actitudes y Comportamientos Ambientales (Reynolds & Komakhidze, 2022). Asimismo, factores externos, como el contexto socioeconómico y geográfico, pueden influir en la organización escolar generando brechas entre entornos urbanos y rurales en cuanto a la exposición a problemas ambientales, la disponibilidad de recursos y la relevancia de la educación para la sostenibilidad (Echazarra & Radinger, 2019; Strello et al., 2025).

METODOLOGÍA

Este estudio realiza un análisis secundario de los datos de TIMSS 2023 para examinar la relación entre factores organizativos escolares y el conocimiento y las actitudes ambientales de estudiantes de cuarto grado en 28 sistemas educativos de Europa y los Balcanes Occidentales (von Davier et al., 2024; Reynolds & Komakhidze, 2022). Se incluyeron variables de conocimiento y actitudes ambientales de los estudiantes, así como factores escolares relacionados con recursos, liderazgo, visión compartida y enfoque en sostenibilidad, operacionalizados según el marco de escuelas efectivas para la educación para el desarrollo sostenible (Autor(es), 2020). Las variables independientes incluyen: factores de contexto y del entorno escolar (personas en el área y alrededores de la escuela), recursos disponibles (laboratorios, equipamiento y limitaciones en la enseñanza de ciencias) y el énfasis de la escuela en sostenibilidad (visión compartida, enfoque de toda la escuela, enseñanza para valorar y actuar sobre la naturaleza, participación comunitaria y apoyo docente). Las variables dependientes incluyen los resultados ambientales de los estudiantes, evaluados mediante escalas de conocimiento ambiental (ítems cognitivos) y actitudes hacia la preservación ambiental.

Los análisis se realizaron mediante estadísticas descriptivas y correlaciones de Pearson, considerando diferencias entre áreas urbanas y rurales, e incorporando los procedimientos de ponderación y valores plausibles de TIMSS para garantizar la representatividad de la muestra y la validez de los resultados (Cohen, 1988).

RESULTADOS

El análisis comparativo de los 28 sistemas educativos europeos y de los Balcanes Occidentales revela diferencias significativas en el conocimiento y las actitudes ambientales de los estudiantes de cuarto grado. Dinamarca, Finlandia, Irlanda y Polonia destacan por sus altos niveles de conocimiento ambiental, mientras que Bosnia y Herzegovina, Kosovo y la República de Macedonia del Norte registran los más bajos. En contraste, las actitudes proambientales son más fuertes en Albania, Bulgaria y Rumania, mientras que los sistemas nórdicos, pese a su elevado conocimiento, muestran puntuaciones relativamente bajas en actitudes. Este hallazgo indica que conocimiento y actitudes no siempre se encuentran alineados (ver Figura 1).

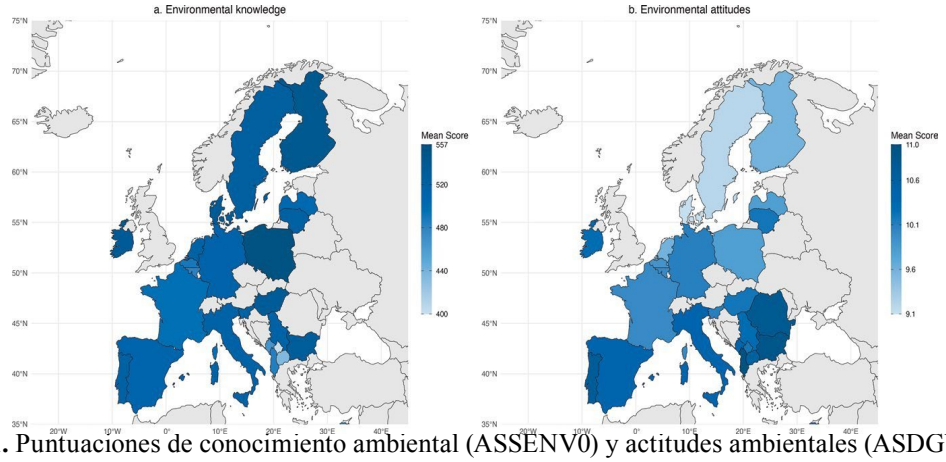


Figura 1. Puntuaciones de conocimiento ambiental (ASSENV0) y actitudes ambientales (ASDGVEP) por sistema educativo

El énfasis escolar en sostenibilidad presenta un patrón regional claramente diferenciado. Los sistemas de Europa del Este y Sureste muestran un mayor compromiso estratégico, con énfasis en prácticas institucionales, participación comunitaria y estudiantil, y revisión de iniciativas ambientales. Por el contrario, los sistemas de Europa Occidental y del Norte registran un menor énfasis en dimensiones estructurales e institucionales, incluyendo liderazgo docente, integración de la sostenibilidad en la infraestructura escolar y WSA. Aunque las distintas dimensiones del enfoque escolar se encuentran correlacionadas entre sí, estas apenas se relacionan con las actitudes ambientales de los estudiantes.

Respecto a la localización escolar, se observan brechas urbano-rurales heterogéneas. En varios países del Este, los estudiantes urbanos presentan mayor conocimiento ambiental, mientras que en ciertas zonas rurales de Serbia y partes de Europa Occidental, los estudiantes muestran actitudes más proambientales. Este patrón se representa en las brechas urbano-rurales (ver Figura 2).

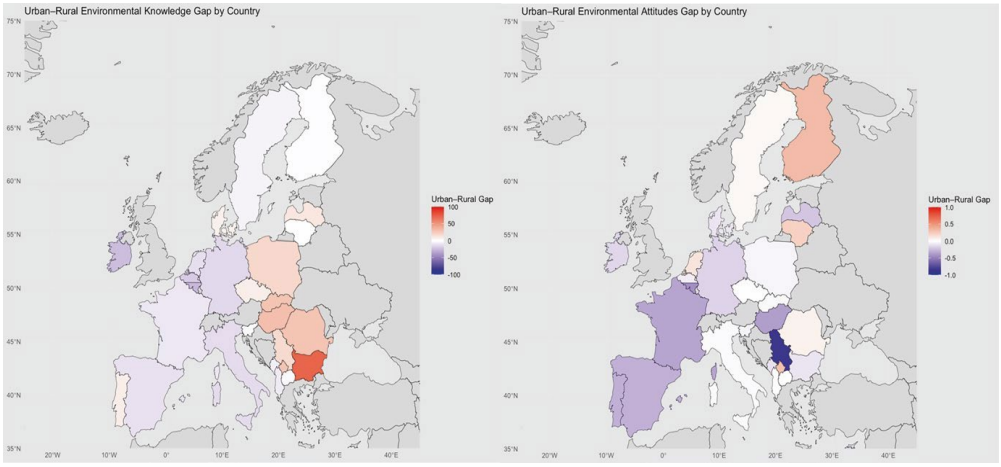


Figura 2. Brechas urbano-rurales en conocimiento (izqda.) y actitudes ambientales (dcha.) en los sistemas educativos europeos.

Nota: Los tonos rojos indican mejores resultados de estudiantes urbanos frente a rurales, y los tonos azules muestran que los estudiantes rurales obtienen mejores resultados que los urbanos.

Finalmente, la percepción de los recursos escolares se relaciona débilmente con el conocimiento ambiental y casi no se asocia con las actitudes. Los estudiantes de escuelas mejor dotadas tienden a mostrar un conocimiento ligeramente superior, pero la magnitud de estas asociaciones es baja. Esto sugiere que factores como la calidad de la enseñanza, las relaciones entre pares, el contenido curricular y la participación en proyectos sostenibles desempeñan un papel más relevante en el desarrollo de competencias y actitudes ambientales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis exploratorio de los datos de TIMSS 2023 permitió identificar patrones entre variables escolares y resultados de estudiantes en conocimiento y actitudes ambientales en los sistemas educativos del Área Europea y los Balcanes Occidentales. Se observó una variación significativa entre países, con una correlación débil y negativa entre conocimiento y actitudes, hallazgo consistente con investigaciones previas (Isac et al., 2025; Kollmuss & Agyeman, 2002). Esto sugiere que la adquisición de conocimiento científico no garantiza automáticamente actitudes proambientales, subrayando la necesidad de enfoques educativos que integren comprensión cognitiva, valores y aprendizaje contextualizado.

El análisis urbano-rural mostró un panorama heterogéneo: en varios sistemas de Europa del Este, los estudiantes urbanos presentaron mayores niveles de conocimiento ambiental, probablemente por un acceso más amplio a recursos educativos y programas extracurriculares, mientras que en algunas zonas rurales, como Serbia, se registraron actitudes más proambientales. Estas diferencias indican que factores contextuales, como la interacción directa con el entorno natural, influyen en la formación de conocimientos y actitudes, y que la disparidad no se relaciona directamente con los valores medios de cada sistema educativo.

Los factores organizacionales escolares, como el énfasis en sostenibilidad, visión compartida o fomento docente mostraron capacidad limitada para explicar la variabilidad en resultados estudiantiles (Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2018). De manera similar, la disponibilidad de recursos, como materiales científicos, mostró correlaciones positivas pero débiles, especialmente con el conocimiento, mientras que las actitudes parecen depender más de factores sociales, culturales y familiares (Autor(es), 2022).

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la enseñanza de la ciencia y la educación para la sostenibilidad. Es necesario promover experiencias que integren una alfabetización científica crítica y aprendizaje transformador (Barrón et al., 2010). En el ámbito de la formación docente, los resultados indican la necesidad de preparar a los educadores para implementar enfoques holísticos que vinculen contenidos de ciencias con competencias socioemocionales y éticas. Desde la perspectiva de las políticas escolares, éstas deben favorecer liderazgo para la sostenibilidad, colaboración docente y participación comunitaria, consolidando escuelas como ecosistemas educativos que desarrollen competencias científicas, conciencia ambiental y habilidades de agencia para enfrentar los retos del siglo XXI (Nusche et al., 2024).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballegeer, A. M., Ferrari, E., Corrochano, D., & Ruiz, C. (2024). The role of knowledge, attitude, and emotions in Spanish pre-service teachers' willingness to engage in climate change education. *European Journal of Teacher Education, 1–19*. https://doi.org/10.1080/02619768.2024.2370885

Barrón Á., Navarrete A., & Ferrer-Balas, D. (2010). Sostenibilización curricular en las universidades españolas. ¿Ha llegado la hora de actuar? *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 7*(nº extraordinario), 388–399.

Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera Giraldez, C. (2022). *GreenComp: The European sustainability competence framework*. European Commission: Joint Research Centre. https://doi.org/10.2760/13286

Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2018). Eco-school evaluation beyond labels: The impact of environmental policy, didactics and nature at school on student outcomes. *Environmental Education Research, 24*(9), 1250–1267. https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1307327

Borgonovi, F., Brussino, O., Seitz, H., Bertoletti, A., Biagi, F., Bitat, A., Karpinski, Z., & Montanari, M. (2022). The environmental sustainability competence toolbox: From leaving a better planet for our children to leaving better children for our planet. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 275*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/27991ec0-en

Calero Llinares, M., Mayoral García-Berlanga, O., Ull Solís, A., & Vilches Peña, A. (2019). La educación para la sostenibilidad en la formación del profesorado de ciencias experimentales en Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, 37*(1), 157–175. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2605

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203771587

Echazarra, A., & Radinger, T. (2019). Learning in rural schools. *OECD Education Working Papers, No. 196*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/8b1a5cb9-en

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report* [Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (Eds.)]. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Isac, M. M., Sandoval-Hernández, A., & Sass, W. (Eds.). (2025). *Knowledge and willingness to act pro-environmentally: Perspectives from IEA TIMSS 2019 and ICCS 2016 data* (Vol. 16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-76033-4

Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research, 8*(3), 239–260. https://doi.org/10.1080/13504620220145401

Mathie, R. G., & Wals, A. E. J. (2022). *Whole school approaches to sustainability: Exemplary practices from around the world*. Wageningen University. https://doi.org/10.18174/566782

Nusche, D., Rabella, M. F., & Lauterbach, S. (2024). Rethinking education in the context of climate change: Leverage points for transformative change. *OECD Education Working Papers, No. 307*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f14c8a81-en

Reynolds, K. A., & Komakhidze, M. (2022). *TIMSS 2023 environmental attitudes and behaviors framework*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. https://timssandpirls.bc.edu/timss2023/frameworks/pdf/T23-Environmental-Attitudes-and-Behaviors-Framework.pdf

Autor(es). (2020). Building a conceptual framework for an ESD-effective school organization. *The Journal of Environmental Education, 51*(6), 400–415. https://doi.org/10.1080/00958964.2020.1797615

Autor(es). (2022). Enabling effective education for sustainable development: Investigating the connection between the school organization and students' action competence. *The Journal of Environmental Education, 53*(4), 171–185. https://doi.org/10.1080/00958964.2022.2072797

Autor(es). (2024). Getting to a whole school approach: Lessons from school effectiveness and school improvement in ESD research. In Autor(es) (Eds.), *Whole school approaches to sustainability* (pp. 71–86). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56172-6_5

Wals, A. E. J., Bjønness, B., Sinnes, A., & Eikeland, I. (2024). *Whole school approaches to sustainability: Education renewal in times of distress*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56172-6

¿Cómo enseñamos sobre el agua? Concepciones de docentes en un proyecto de ciencia ciudadana

Alba Ramos-Solano[1], Daniel Cebrián-Robles[1], Isabel María Cruz-Lorite[2], Paloma España-Naveira[3]

[1]Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España.

[2] Departamento de Didáctica Específicas, Universidad de Zaragoza, España. [3] Departamento de Arte y Arquitectura, Universidad de Málaga, España

*Correspondencia: albaramsol@uma.es.

RESUMEN: Este estudio analiza las concepciones y prácticas del profesorado sobre la enseñanza del agua en el contexto del proyecto de ciencia ciudadana "Corrientes de Vida" (FCT-24-21671). Desde un enfoque cualitativo de carácter exploratorio, se analizan las respuestas de 16 docentes de Educación Infantil, Primaria y Secundaria mediante un cuestionario abierto centrado en qué se enseña, cómo se enseña y qué y cómo se considera deseable enseñar. El análisis se realiza a partir de categorías teóricas relativas a los contenidos, la cultura del agua y las metodologías de enseñanza. Los resultados muestran una clara divergencia entre la enseñanza actual y la deseada. Mientras que las prácticas docentes declaradas se sitúan en enfoques tradicionales, centrados en el ciclo del agua y en metodologías transmisivas, las aspiraciones del profesorado se orientan hacia modelos más complejos, integrados y participativos, alineados con la Nueva Cultura del Agua y con enfoques basados en la indagación y la acción. Se concluye que esta brecha evidencia la necesidad de apoyar procesos de transformación de la práctica docente, destacando el potencial de articular ciencia ciudadana y enseñanza formal para avanzar hacia una educación científica más contextualizada, crítica y orientada a la sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE: Cuestiones sociocientíficas; cultura del agua; sostenibilidad; educación ambiental; ciencia ciudadana

ABSTRACT: This study examines teachers' conceptions and practices regarding water education within the citizen science project "Corrientes de Vida" (FCT-24-21671). Adopting an exploratory qualitative approach, data from 16 teachers from Early Childhood, Primary, and Secondary Education were analyzed through an open-ended questionnaire focused on what is taught, how it is taught, and what and how should be taught. The analysis was conducted using theoretical categories related to content, water culture, and teaching methodologies. The results reveal a clear divergence between current teaching practices and desired approaches. While teaching practices are situated within traditional models, focused on the water cycle and transmissive methodologies, teachers' aspirations tend toward more complex, integrated, and participatory approaches, aligned with the New Water Culture and with inquiry- and action-based pedagogies. These findings highlight the need to support processes of pedagogical transformation, emphasizing the potential of articulating citizen science and formal education to promote more contextualized, critical, and sustainability-oriented science education.

KEYWORDS: Socioscientific issues; water culture; sustainability; environmental education; citizen science

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

En el contexto de crisis ecosocial (Ramos-Solano y García-Abenza, 2023), la enseñanza de las ciencias afronta el reto de formar una ciudadanía capaz de comprender, analizar y actuar ante problemas complejos. La alfabetización científica no puede reducirse a la adquisición de contenidos, sino que se orienta hacia la comprensión de cómo se construye y aplica el conocimiento científico en contextos socialmente relevantes (Osborne y Allchin, 2025). En paralelo, la educación para la sostenibilidad subraya la necesidad de abordar estos problemas desde enfoques sistémicos, críticos y orientados a la acción (Hodson, 2003; Reis, 2020).

En este marco se sitúa el proyecto "Corrientes de Vida" (FCT-24-21671), que propone un enfoque de ciencia ciudadana orientado a la implicación de la población en la indagación y análisis de las masas de agua, favoreciendo la conexión entre conocimiento científico, contexto local y participación social. La ciencia ciudadana se configura así como una práctica que promueve la producción colaborativa de conocimiento y la conexión entre ciencia y sociedad, entendida como la participación activa de la ciudadanía en los procesos de investigación científica y que contribuye a la democratización del conocimiento (Vohland *et al.*, 2021).

Para que estas iniciativas tengan impacto educativo, resulta clave su articulación con la enseñanza formal. La literatura muestra que el agua es un contenido central con gran potencial educativo, aunque su tratamiento sigue siendo parcial, fragmentado y centrado en enfoques conceptuales descontextualizados (Ramírez-Segado *et al.*, 2021), reforzados por materiales curriculares, que reproducen mayoritariamente una cultura del agua de carácter tradicional (Benarroch *et al.*, 2022). En este sentido, la alfabetización hídrica se configura como un objetivo clave, entendida como la integración de conocimientos, actitudes y comportamientos necesarios para una gestión sostenible del agua (McCarroll y Hamann, 2020). Esta perspectiva exige enfoques interdisciplinares y contextualizados que conecten el conocimiento científico con los problemas reales del entorno, favoreciendo la implicación ciudadana y la acción informada.

En este sentido, el agua puede entenderse como una cuestión sociocientífica, caracterizada por su complejidad, incertidumbre y la presencia de controversias que requieren procesos de razonamiento informal y toma de decisiones (Sadler, 2004). De acuerdo con Simonneaux (2014), la enseñanza de estas cuestiones puede orientarse hacia diferentes fines, desde la mera comprensión conceptual hasta el desarrollo del pensamiento crítico y el compromiso ciudadano, situándose los enfoques más transformadores en una educación orientada a la acción. Sin embargo, la investigación didáctica ha evidenciado que su enseñanza se ha centrado tradicionalmente en enfoques descontextualizados, con escasa atención a su dimensión social (Hodson, 2003; Guevara-Herrero *et al.*, 2025).

Por otra parte, avanzar hacia una alfabetización hídrica alineada con enfoques críticos y transformadores requiere situar en el centro al profesorado en ejercicio. Estudios previos señalan una brecha entre las intenciones docentes, orientadas hacia el pensamiento crítico, y las prácticas reales, que continúan siendo mayoritariamente transmisivas. Esto subraya la necesidad de reforzar la formación docente en educación ambiental, especialmente en relación con el diseño de propuestas didácticas coherentes con enfoques transformadores (Guevara-Herrero *et al.*, 2025). En este sentido, enfoques como el Activismo Colectivo Basado en la Indagación (ACBI) permiten articular conocimiento, acción y compromiso social (Ramos-Solano *et al.*, 2024), favoreciendo una educación científica más crítica y orientada a la transformación social.

El objetivo de este estudio es analizar las concepciones y prácticas del profesorado sobre la enseñanza del agua, así como la posible brecha entre lo que actualmente se enseña y lo que se considera deseable enseñar en el marco del proyecto "Corrientes de Vida".

METODOLOGÍA

El presente estudio adopta un enfoque cualitativo de carácter exploratorio (Creswell, 2014), orientado a analizar las concepciones y prácticas del profesorado en relación con la enseñanza del agua en el ámbito educativo. Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo intencional por conveniencia, escogiendo a docentes que participan en uno de los grupos de trabajo del proyecto "Corrientes de Vida". En total, participaron 15 docentes en ejercicio de Educación Infantil, Primaria y Secundaria,

pertenecientes a diferentes centros educativos públicos del Valle del Guadalhorce (Málaga). Asimismo, también cumplimentó el cuestionario una investigadora del proyecto y docente de Educación Infantil, que ha actuado como observadora externa en los centros donde se está implementando el proyecto.

La recogida de información se realizó mediante un cuestionario abierto. El diseño inicial del instrumento fue llevado a cabo por cuatro participantes del proyecto (tres docentes en ejercicio y una investigadora), tras las primeras sesiones de trabajo, en las que se presentaron los objetivos del proyecto y se compartieron experiencias profesionales previas. El cuestionario se configuró con preguntas abiertas con el fin de favorecer la obtención de respuestas amplias y reflexivas en torno a cuatro dimensiones: qué se enseña, cómo se enseña, qué se considera deseable enseñar y cómo se debería enseñar sobre el agua en los centros educativos.

Para el análisis de los datos se empleó un esquema de análisis propuesto por Ramírez-Segado *et al*., (2021), que distingue entre características físico-químicas del agua (D1), su relación con el medio físico (D2) y su relación con los seres vivos (D3), incluyendo, en cada una de estas categorías, diversas subcategorías más concretas. Por otro lado, se incorporó el modelo de diferenciación entre la Vieja Cultura del Agua (VCA) y la Nueva Cultura del Agua (NCA) desarrollado por Benarroch *et al*., (2022), lo que permitió interpretar las respuestas en términos de enfoques tradicionales, de transición o alineados con una perspectiva socioambiental compleja. Asimismo, para el análisis de las metodologías de enseñanza se realizó una codificación abierta, extrayendo categorías basadas en enfoques ampliamente reconocidos en la didáctica de las ciencias, que distingue entre enfoques transmisivos, reproductivos, activos/participativos, basados en la indagación y orientados a la transformación social (Ramos-Solano *et al*., 2024). Las respuestas fueron codificadas de forma simultánea por dos investigadores del proyecto, registrando la presencia o ausencia de las categorías. El análisis de datos consistió en el cálculo de frecuencias absolutas.

RESULTADOS

El análisis comparativo de los contenidos y metodologías permite identificar diferencias entre las prácticas docentes actuales y las intenciones educativas del profesorado. En primer lugar, en relación con los contenidos (Figuras 1 y 2), se observa que la enseñanza actual del agua se concentra fundamentalmente en la dimensión de relación con el medio físico (D2), con una frecuencia claramente superior al resto. Esta dimensión está dominada por categorías como el ciclo del agua y las aguas superficiales, que constituyen los ejes vertebradores del enfoque tradicional.

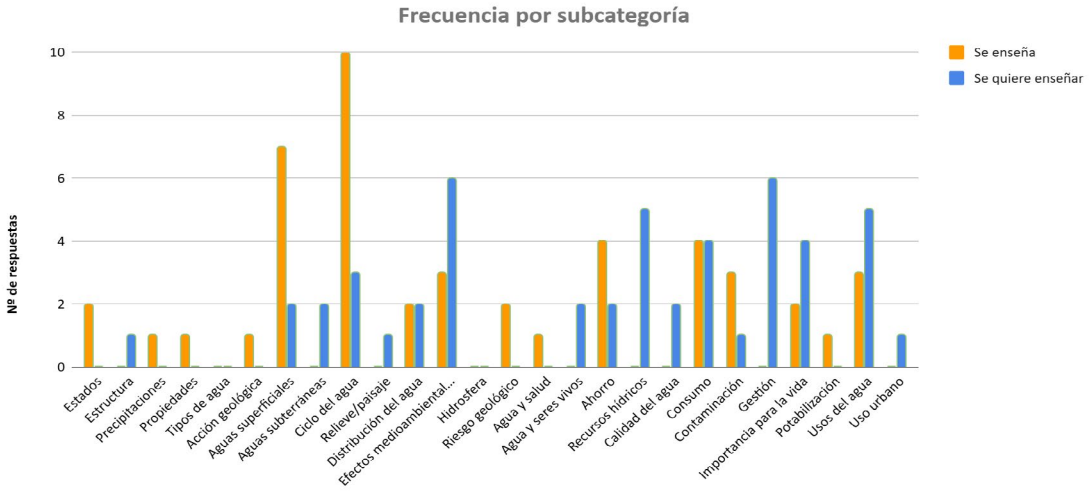


Figura 1. Frecuencias de aparición de cada subcategoría de contenidos.

En contraste, la dimensión físico-química (D1) presenta una presencia muy limitada, lo que indica un escaso desarrollo de aspectos conceptuales más profundos. Por su parte, la dimensión relativa a los seres vivos (D3) adquiere un peso intermedio en la enseñanza, aunque su tratamiento se centra principalmente en aspectos como el ahorro, el consumo o los usos cotidianos del agua. Sin embargo, cuando se analizan las respuestas sobre lo que el profesorado considera que debería enseñarse, se produce un cambio notable en la distribución de las dimensiones. La dimensión D3 (relación con los seres vivos) pasa a ser claramente predominante, con un incremento importante respecto a la enseñanza actual. Este aumento refleja una mayor integración de aspectos sociales, ambientales y de sostenibilidad, incorporando contenidos como la gestión del agua, la calidad del recurso, los efectos medioambientales, la contaminación o el consumo responsable, con una presencia muy limitada o inexistente en la enseñanza actual. Paralelamente, la dimensión D2 pierde peso relativo, lo que sugiere un desplazamiento desde un enfoque centrado en los procesos naturales hacia otro orientado a la comprensión de problemáticas complejas.

Este patrón se confirma en el análisis basado en el marco de la VCA y NCA (Figura 2). La enseñanza actual se sitúa mayoritariamente en posiciones intermedias (mixtas), con presencia aún de enfoques propios de la VCA, caracterizados por una visión descriptiva, tecnocrática o centrada en el consumo individual. En cambio, en las respuestas sobre lo que se quiere enseñar desaparecen completamente las referencias a la VCA y se observa un incremento notable de planteamientos alineados con la NCA, que pasan a ser mayoritarios. Este resultado pone de manifiesto un desplazamiento claro hacia una concepción más compleja del agua, que incorpora dimensiones como la sostenibilidad, la responsabilidad colectiva o la relación con el territorio.

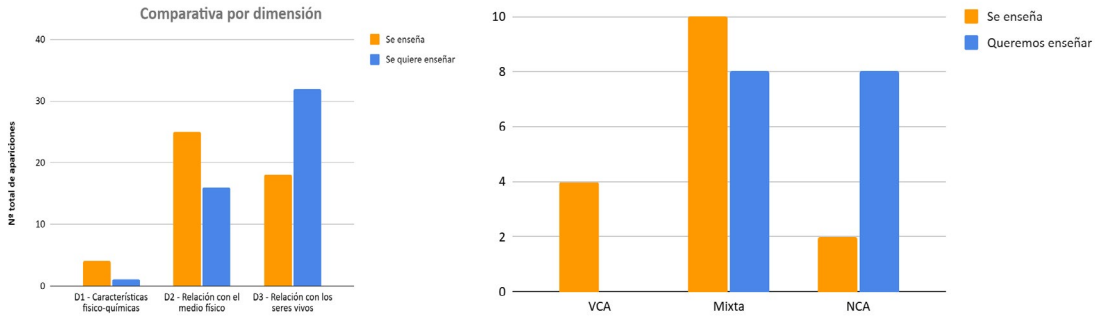


Figura 2. Frecuencias de aparición de cada dominio de contenidos (izquierda) y clasificación según el modelo de diferenciación entre Vieja Cultura del Agua, VCA, y Nueva Cultura del Agua, NCA (derecha).

En cuanto a las metodologías de enseñanza (Figura 3), las prácticas actuales se distribuyen principalmente entre enfoques tradicionales (M1) y reproductivos (M2), con un peso también relevante de metodologías activas (M3). Sin embargo, las metodologías basadas en la indagación (M4) y, especialmente, aquellas orientadas a la transformación social (M5) presentan una presencia muy limitada o inexistente en la enseñanza real. Por el contrario, cuando el profesorado describe cómo le gustaría enseñar, se observa una reconfiguración completa del panorama metodológico. Las categorías tradicionales y reproductivas desaparecen, mientras que aumentan considerablemente las metodologías basadas en la indagación (M4) y las orientadas a la transformación social (M5), junto con un mantenimiento elevado de enfoques activos y participativos (M3). En particular, destacan propuestas que incluyen investigación de problemas reales, aprendizaje basado en proyectos, trabajo cooperativo, conexión con el entorno y desarrollo del pensamiento crítico, así como la implicación del alumnado como agente de cambio.

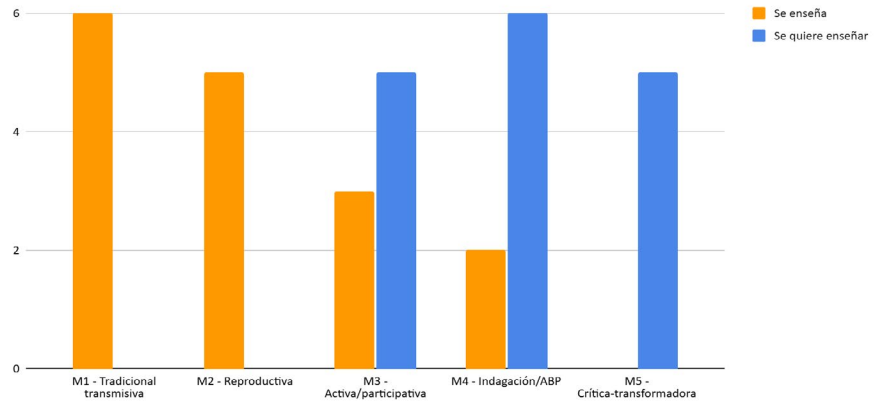


Figura 3. Clasificación de modelos metodológicos dominantes en las respuestas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La principal contribución de este estudio es la identificación de una brecha estructural entre las prácticas docentes declaradas y las aspiraciones pedagógicas del profesorado en relación con la enseñanza del agua. Esta brecha puede interpretarse como una tensión entre marcos aspiracionales y condiciones reales de práctica docente, y constituye un punto clave de intervención para el diseño de procesos de formación docente orientados a la transformación de la práctica.

Estudios recientes muestran que, aunque el profesorado manifiesta la intención de promover aprendizajes críticos y transformadores, sus propuestas de aula continúan centradas en enfoques conceptuales y transmisivos (Guevara-Herrero *et al.*, 2025). De manera similar, en el ámbito específico de la enseñanza del agua, se ha señalado que esta se aborda mayoritariamente desde perspectivas fragmentadas y descontextualizadas, centradas en el ciclo del agua y con escasa atención a sus dimensiones sociales y ambientales (Ramírez-Segado *et al.*, 2021; Benarroch *et al.*, 2022), lo que coincide con los patrones identificados en este estudio.

Asimismo, la orientación del profesorado hacia enfoques más complejos, participativos y contextualizados se alinea con las propuestas de la didáctica de las cuestiones sociocientíficas, que promueve el abordaje de problemas reales, controvertidos y socialmente relevantes para favorecer el desarrollo del pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas, así como para avanzar hacia enfoques educativos orientados a la acción y la implicación ciudadana (Sadler, 2004; Simonneaux, 2014). Los resultados también son consistentes con planteamientos que sitúan la educación científica en el marco de la acción sociopolítica y con enfoques que promueven una ciudadanía ambiental a través del activismo y la participación (Hodson, 2003; Reis, 2020), como el ACBI, que contribuye al desarrollo de la conciencia de sostenibilidad del profesorado al integrar conocimiento, reflexión crítica y acción (Ramos-Solano *et al.*, 2024).

Como limitación, cabe señalar el carácter exploratorio del estudio, el tamaño reducido de la muestra y la participación voluntaria del profesorado, lo que invita a interpretar los resultados con cautela y a plantear futuras investigaciones con mayor alcance.

Aunque el estudio sugiere que el profesorado participante dispone ya de un marco aspiracional alineado con enfoques críticos y transformadores, también revela que el profesorado necesita procesos de acompañamiento que faciliten su traducción en propuestas concretas de aula basadas en la indagación,

el análisis de problemáticas reales del agua, el trabajo con datos del entorno y la participación del alumnado en procesos de toma de decisiones informadas como agentes de cambio. En este sentido, el proyecto de ciencia ciudadana "Corrientes de Vida" (FCT-24-21671) se configura como un contexto privilegiado para impulsar este tipo de prácticas, al favorecer la conexión entre la investigación científica, la realidad local y la acción transformadora.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto FCT-24-21671 *Corrientes de Vida: Proyecto de Ciencia Ciudadana para la Indagación Colectiva sobre las Aguas del Valle del Guadalhorce en la provincia de Málaga*, financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, y programa de Formación del Profesorado Universitario (FPU22/01428), financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benarroch, A., Castro-Velásquez, F.E., Clavijo-Cuervo, V.J. y Ramírez-Segado, A. (2022). La cultura del agua en los libros de texto. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19*(1), 1501. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1501

Creswell, J.W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Guevara-Herrero, I., Pérez-Martín, J. M., y Bravo-Torija, B. (2025). *Lo que pides y lo que te llega: ¿qué aprendizajes promueve la Educación Ambiental?* En *Actas del XII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (pp. 96–99). Revista Enseñanza de las Ciencias.

Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education, 25*(6), 645-670. https://doi.org/10.1080/09500690305021

McCarroll, M., & Hamann, H. (2020). What We Know about Water: A Water Literacy Review. *Water, 12*(10), 2803. https://doi.org/10.3390/w12102803

Osborne, J. & Allchin, D. (2025) Science literacy in the twenty-first century: informed trust and the competent outsider, *International Journal of Science Education*, *47* (15-16), 2134-2155. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2331980

Ramírez-Segado, A., Rodríguez-Serrano, M. y Benarroch, A. (2021) El agua en la literatura educativa de las dos últimas décadas. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(1), 1107. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1107

Ramos-Solano, A., y García-Abenza, A. (2023). Experiencias educativas transformadoras frente a la crisis ecosocial. En P. Calvo León, M. J. Márquez García, V. Martagón Vázquez, & M. Mañas Olmo (Eds.), *Universidad, formación y compromiso social* (pp. 157–167). Dykinson.

Ramos-Solano, A., Martín-Gámez, C., y Cebrián-Robles, D. (2024). Activismo colectivo basado en la indagación: desarrollando la conciencia de sostenibilidad del profesorado. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social, 13*(1), 51–69. https://doi.org/10.15366/riejs2024.13.1.003

Reis, P. (2020). Environmental citizenship and youth activism. In M. S. Khine (Ed.), *Environmental discourses in science education* (pp. 139–148). Springer.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(5), 513–536. https://doi.org/10.1002/tea.20009

Simonneaux, L. (2014). From promoting the techno-sciences to activism: A variety of objectives involved in the teaching of socio-scientific issues. In B. Bencze & S. Alsop (Eds.), *Activist science and technology education* (pp. 99–111). Springer.

Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R., & Wagenknecht, K. (Eds.). (2021). *The science of citizen science*. Springer.

Educación científica frente al reto de la contaminación plástica en la formación inicial del profesorado

Laura Salahange-González [1], María Antonia Dávila-Acedo[1], Jesús Sánchez-Martín[1] y Florentina Cañada-Cañada[1]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: laurasg@unex.es

RESUMEN

Ante el creciente impacto negativo de la contaminación por plásticos, resulta imprescindible abordar esta problemática desde la educación científica. En este estudio, 115 estudiantes del segundo curso del Grado en Educación Primaria (53 % mujeres y 47 % hombres; edad media: 20,8 ± 2,8 años) participaron en una intervención educativa basada en la obtención de bioplásticos como actividad práctica para el aprendizaje de contenidos STEM y la exploración de alternativas sostenibles frente a la contaminación por plásticos. Para evaluar el impacto de la intervención, el alumnado completó antes y después de la actividad, un cuestionario basado en el paradigma de la Sostenibilidad Integral, que abarca las dimensiones cognitiva, sociocultural, cívica y emocional. Los resultados revelan mejoras significativas en el conocimiento del alumnado ($p < 0.001$; $d = 0.608$), así como en su conciencia sociocultural ($p < 0.001$; $d = 0.518$) y su compromiso cívico ($p < 0.001$; $d = 0.564$) en relación con el uso de los plásticos, con tamaños del efecto entre moderado a grande. En el aspecto emocional hubo un aumento de emociones positivas y reducción de emociones negativas. Estos resultados sugieren que la intervención no se limitó a la adquisición de contenidos, sino que favoreció un aprendizaje más holístico. Además, la experiencia práctica permitió al alumnado vivenciar estrategias didácticas activas, lo que incrementa la probabilidad de que sean incorporadas en su futuro desarrollo profesional.

PALABRAS CLAVE: bioplástico, educación científica, sostenibilidad

ABSTRACT: Given the increasing negative impact of plastic pollution, addressing this issue through science education is essential. In this study, 115 second-year students in the Primary Education degree program (53% women, 47% men; mean age: 20.8 ± 2.8 years) participated in an educational intervention involving the production of bioplastics as a hands-on activity to learn STEM content and explore sustainable alternatives to plastic pollution. To evaluate the intervention's impact, students completed a questionnaire before and after the activity, based on the Integral Sustainability paradigm, which encompasses cognitive, sociocultural, civic, and emotional dimensions. The results showed significant improvements in students' knowledge ($p < 0.001$; $d = 0.608$), sociocultural awareness ($p < 0.001$; $d = 0.518$), and civic engagement ($p < 0.001$; $d = 0.564$) regarding plastic use, with effect sizes ranging from moderate to large. In the emotional dimension, positive emotions increased while negative emotions decreased. These findings suggest that the intervention extended beyond mere content acquisition, promoting a more holistic learning experience. Furthermore, the hands-on approach enabled students to actively engage with active teaching strategies, increasing the likelihood that they will incorporate such practices into their future professional development as educators.

KEYWORDS: bioplastic, science education, sustainability

INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de avanzar hacia modelos sostenibles ha transformado los objetivos de la educación científica. En este contexto, las universidades emergen como agentes clave en la preparación de las futuras generaciones para promover una sostenibilidad integral, entendida como un nuevo

paradigma que no solo abarca los aspectos ambientales, sino que también implica inculcar valores cívicos, sociales, culturales y emocionales que preparen a los estudiantes para ser ciudadanos responsables y conscientes, mejorando de manera armoniosa las condiciones de vida de los seres humanos (Zamora-Polo & Sánchez-Martín, 2019).

Dado el contexto actual, las metodologías tradicionales, centradas en la transmisión unidireccional del conocimiento, resultan insuficientes para abordar los desafíos de la educación contemporánea. Por ello, es esencial replantear las estrategias educativas mediante un enfoque innovador y dinámico que no solo potencie la enseñanza de las ciencias, sino que también transforme profundamente la percepción y el compromiso del profesorado con esta disciplina. En este marco, las metodologías activas surgen como herramientas eficaces para fomentar un aprendizaje significativo (Albareda-Tiana et al., 2018).

Dada la creciente preocupación por los impactos ambientales, sociales y económicos derivados del uso indiscriminado de los plásticos, resulta fundamental abordar esta problemática en el ámbito educativo (Liu et al., 2023). En este contexto, el estudio de los problemas asociados a los plásticos y el desarrollo de bioplásticos como alternativa sostenible constituye una valiosa oportunidad para trabajar contenidos científicos de forma contextualizada y fomentar en el alumnado una actitud crítica y comprometida con la sostenibilidad. Asimismo, su integración en la formación inicial docente no solo representa una oportunidad para enriquecer su experiencia formativa, sino que también que aumenta la probabilidad de que lo implementen en sus futuras aulas como herramienta educativa (Flores & Day, 2006). Desde esta perspectiva, la presente propuesta didáctica se diseñó en consonancia con el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), con la doble finalidad de promover el interés del alumnado por las ciencias experimentales y de integrar la sostenibilidad bajo el paraguas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como eje articulador del aprendizaje. Desde esta perspectiva, la propuesta introduce una problemática socialmente relevante y ofrece una herramienta práctica vinculada a contenidos curriculares de Educación Primaria, como los cambios físicos y químicos, la formación de mezclas y los métodos de separación. En este marco, el objetivo del estudio es exponer y analizar los resultados derivados de la incorporación de la sostenibilidad, bajo el paraguas de los ODS, en una metodología didáctica para la enseñanza de las ciencias dirigida a estudiantes universitarios en formación docente. Concretamente, se pretende evaluar el impacto de la intervención en las dimensiones cognitiva, sociocultural, cívica y afectiva.

METODOLOGÍA

Participantes

Este estudio se llevó a cabo con dos grupos de estudiantes que cursaban el Grado en Educación Primaria, uno de 75 y otro de 45 participantes, para un total de 115 estudiantes. La Tabla 1 muestra las características demográficas de los participantes.

Tabla 1. Características demográficas de los participantes

N	Edad (M ± DE)	Género (%)		Estudios previos (%)		
		Femenino	Masculino	Bachillerato de Ciencias, Tecnología, Sanitarios, etc.	Bachillerato de Ciencias Sociales, Humanidades, Artes, etc.	Formación Profesional
115	20.8	53.9	46.1	24.3	68.8	6.9

Propuesta educativa

La actividad se realizó en una única sesión de 3h en los seminarios de la asignatura "Didáctica de la Materia y la Energía" del segundo curso del Grado de Maestro en Educación Primaria. Cada grupo se subdividió en tres subgrupos: en el primer caso, tres subgrupos de 25 estudiantes, y en el segundo, tres subgrupos de 15. Cada subgrupo participó en una sesión práctica de tres horas, trabajando en equipos de dos o tres estudiantes.

La actividad se organizó en tres etapas. En la primera etapa, se realizó un debate para reflexionar sobre los problemas ambientales, económicos y sociales asociados con los plásticos convencionales, así como para explorar los bioplásticos como una alternativa potencialmente sostenible. En la segunda etapa, se presentaron orientaciones para llevar a cabo los procedimientos experimentales, diseñados a partir de experiencias previas (Ocampo et al., 2024) que incluían la extracción de almidón de patatas, la elaboración de bioplásticos con dos formulaciones diferentes y la evaluación de las propiedades mecánicas de las muestras obtenidas. Durante este proceso, los estudiantes formularon hipótesis, realizaron experimentos, recogieron datos y analizaron los resultados. Este trabajo les permitió aplicar contenidos del currículo de Educación Primaria, como identificar métodos de separación, comprender mezclas y diferenciar cambios químicos y físicos. Finalmente, los estudiantes interpretaron los resultados y reflexionaron sobre la viabilidad de los bioplásticos como alternativa sostenible a los plásticos tradicionales derivados del petróleo.

Instrumento

Se utilizó un cuestionario, completado por el alumnado antes y después de la actividad, basado en estudios previos (Caminiti et al., 2025; Salahange et al., 2024).Tras validar el contenido con expertos y confirmar su fiabilidad (Alfa de Cronbach $\alpha = 0.793$), se estructuró en:

(a) Datos sociodemográficos (edad, género, estudios previos).

(b) Dimensión cognitiva: Esta dimensión mide el conocimiento científico relacionado con la actividad acerca de los cambios físicos y químicos, la formación de mezclas y los métodos de separación alineadas con los contenidos curriculares de Educación Primaria, con 7 preguntas de verdadero/falso (más "No sé"). Se analizó el promedio general calculado en una escala de 0 a 10. Además, se incluyó una pregunta abierta para conocer la interrelación de la actividad con los ODS, y los resultados se analizaron en función del porcentaje de ODS seleccionados por el alumnado.

(c) Dimensión sociocultural: Esta dimensión consta de 7 ítems y evalúa la conciencia de los estudiantes sobre la relevancia social, educativa e institucional de la contaminación por plásticos. Las respuestas se califican en una escala de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 5 (Totalmente de acuerdo). Los datos se analizaron utilizando los valores medios de los ítems de la escala Likert.

(d) Dimensión cívica: Esta dimensión consta de 7 ítems y evalúa la disposición de los estudiantes para participar en acciones individuales relacionadas con prácticas de consumo sostenible y en actividades orientadas a reducir la contaminación por plásticos. Las respuestas se califican en una escala de 1 (Nunca tengo la intención de hacerlo) a 5 (Lo hago con frecuencia). Los datos se analizaron utilizando los valores medios de los ítems de la escala Likert.

(e) Dimensión afectiva: los estudiantes seleccionaron las emociones experimentadas relacionadas con la actividad clasificadas según su valencia (positivas y negativas) y según su nivel de activación (activadoras y desactivadoras). Se calculó el porcentaje de emociones seleccionadas.

Los análisis se realizaron con jamovi 2.6 mediante pruebas no paramétricas, apropiadas cuando no se cumplen supuestos de normalidad u homogeneidad de varianzas. La significancia se estableció en $\alpha = 0.05$. Los tamaños del efecto se interpretaron según Cohen (1988) como pequeños (0.2), medianos (0.5) o grandes (0.8). Los *odds ratio* (OR) se interpretaron según Chen et al. (2010) como pequeños (1.68), medianos (3.47) y grandes (6.71).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este apartado recoge y analiza los principales resultados derivados de la intervención educativa basada en la obtención de bioplástico en la formación inicial del profesorado de Educación Primaria. Los datos obtenidos permiten valorar el impacto de la experiencia en las dimensiones cognitiva, sociocultural, cívica y emocional. En relación con la dimensión cognitiva, la Tabla 2 muestra la media global en una escala de 0 a 10 siendo el valor de 5 el umbral de aprobación. Los resultados revelan un incremento

significativo en el conocimiento del alumnado, con un tamaño del efecto de moderado a grande (d = 0.608) según Cohen (1988). Este resultado, junto con la significación y una potencia estadísticas del 99.9 %, refuerza la idea de que la intervención educativa tuvo un impacto positivo relevante, respaldando la eficacia de la estrategia implementada para la comprensión de los contenidos específicos abordados en esta actividad. No obstante, el análisis de los resultados pone de manifiesto que algunos conceptos clave, como la biodegradabilidad de los materiales y la distinción entre cambios químicos y físicos, continúan presentando dificultades para el alumnado, ya que, pese a observarse ciertos avances, no se alcanzaron niveles de comprensión plenamente satisfactorios.

Por otra parte, se evaluó la capacidad del alumnado para identificar conexiones entre distintos ODS a partir de la experiencia experimental. Los estudiantes relacionaron principalmente la práctica con la esfera del Planeta de la Agenda 2030, vinculándola con los ODS 12, 13, 14 y 15, lo que evidencia una comprensión más sistémica de los desafíos ambientales asociados al uso de plásticos convencionales. También establecieron relaciones con la dimensión de las Personas, especialmente con el ODS 3, al considerar los efectos de los plásticos sobre la salud humana, y con el ODS 4, destacando el valor educativo de la actividad. Aunque algunos mencionaron inicialmente el ODS 7, su presencia disminuyó al avanzar la intervención, lo que sugiere un refinamiento en la interpretación del problema. De forma más puntual, aparecieron referencias a los ODS 11 y 9, vinculadas a la gestión de residuos en entornos urbanos y a la búsqueda de soluciones tecnológicas sostenibles. En este sentido, cuando las experiencias de aprendizaje se contextualizan en problemas reales como la contaminación por plásticos, el alumnado es capaz de reconocer la complejidad del desarrollo sostenible y establecer conexiones significativas entre diferentes ODS.

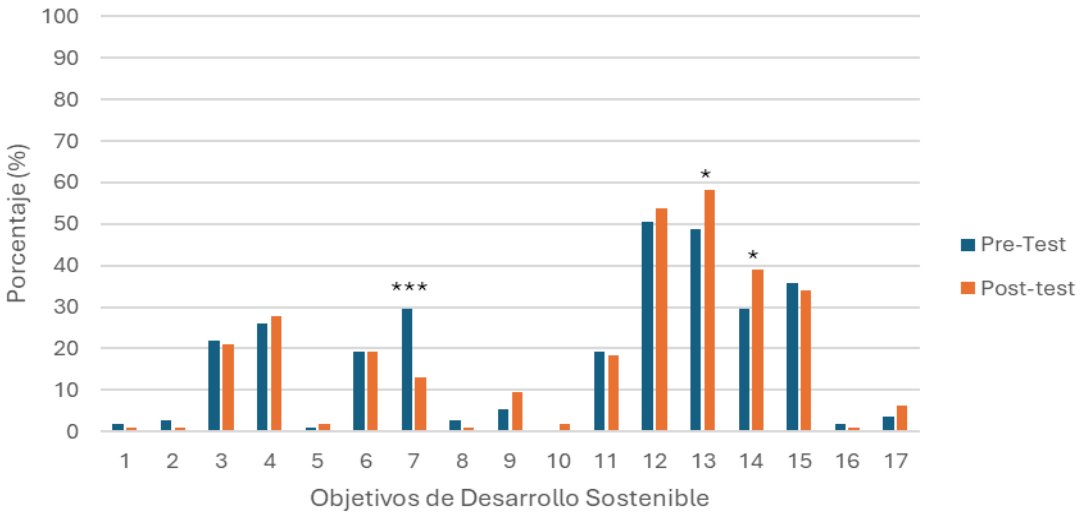


Figura 1. Dimensión cognitiva. Porcentaje de ODS seleccionados por el alumnado antes y después de la actividad. * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001. Prueba de McNemar

En cuanto a la dimensión sociocultural, la Tabla 2 muestra un incremento significativo en la media global de las respuestas tras la implementación de la actividad sobre bioplásticos, lo que sugiere que la intervención didáctica no solo proporcionó conocimientos específicos, sino que también generó un cambio global en las percepciones, creencias y actitudes relacionadas con el papel de los plásticos y su impacto en el medio ambiente desde una perspectiva social y cultural. De manera complementaria, estos avances se reflejan también en la dimensión cívica, evidenciando una mayor predisposición del alumnado hacia comportamientos responsables y sostenibles, lo que refuerza el potencial de este tipo de intervenciones para promover una ciudadanía ambientalmente comprometida desde la formación

inicial del profesorado. Aunque los tamaños del efecto obtenidos son de moderado a grande según Cohen (1988) estos adquieren una especial relevancia en el ámbito educativo, ya que incluso efectos moderados pueden reflejar avances significativos en el desarrollo de competencias complejas (Coe & Soto, 2003).

Tabla 2. Análisis Pre-test y Post-test de las dimensiones cognitiva, sociocultural y cívica

Dimensión	M ± DE		p-valor	d de Cohen
	Pre-test	Post- test		
Cognitivo	5.20 ± 1.99	6.39 ± 1.89	<0.001***	0.608
Sociocultural	4.03 ± 0.60	4.31 ± 0.66	<0.001***	0.518
Cívico	3.47 ± 0.64	3.83 ± 0.78	<0.001***	0.564

* p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

Para el análisis de las emociones experimentadas por los estudiantes, se compararon los porcentajes obtenidos antes y después de la intervención educativa. La Tabla 3 muestra un aumento significativo en emociones positivas con un tamaño del efecto de mediano a grande, asegurando el impacto positivo de la intervención en generar un ambiente positivo en el aula. En cuanto a las emociones negativas reportadas por los estudiantes, estas se seleccionaron en menos del 30% de los casos inicialmente, con una significativa reducción después de la actividad. La única excepción fue la incertidumbre, que inicialmente alcanzó un valor de 46.09%. Según Lamnina & Chase (2019), la incertidumbre puede estimular la curiosidad si se gestiona adecuadamente por lo que se resalta su valor en el contexto educativo. La reducción estadísticamente significativa observada sugiere que la intervención canalizó esta emoción hacia una experiencia más segura.

Tabla 3. Análisis comparativo del porcentaje de emociones en Pre-test y Post-test

Emociones			Pre-test	Post-test	p-valor	OR
Positivas	**Activadora**	Diversión	53.91	80.00	<0.001***	4.01
		Alegría	30.43	56.52	<0.001***	3.74
		Curiosidad	80.87	78.26	0.59	0.82
		Entusiasmo	46.96	61.74	0.01**	2.31
		Sorpresa	44.35	61.74	0.002**	2.83
	Desactivadora	Satisfacción	36.52	53.91	0.009**	2.05
		Confianza	20.00	37.39	0.002**	3.00
Negativas	**Activadora**	Nerviosismo	30.43	7.83	<0.001***	7.67
		Preocupación	22.61	9.57	0.04**	3.44
		Incertidumbre	46.09	28.70	0.002**	2.85
		Ansiedad	16.52	7.83	0.039*	2.78
	Desactivadora	Miedo	11.30	1.74	0.002**	11.90
		Tristeza	2.61	0	-	-
		Aburrimiento	3.48	2.61	0.71	1.33

* p < 0.05. ** p < 0.01. *** p < 0.001. Prueba Mc Nemar. OR = odds ratio.

CONCLUSIONES

La intervención mostró un impacto significativo en el aprendizaje integral del alumnado, promoviendo no solo un mayor conocimiento científico, sino también una mayor conciencia sociocultural. un compromiso cívico más activo y un clima emocional positivo. Estos resultados sugieren que la intervención no se limitó a la adquisición de contenidos, sino que favoreció un aprendizaje más holístico. Asimismo, se refuerza la importancia de incorporar metodologías activas y participativas en la formación inicial docente, ya que permiten a los futuros educadores experimentar de manera directa estrategias pedagógicas innovadoras, lo que aumenta la probabilidad de que estas prácticas se integren en su desarrollo profesional futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albareda-Tiana, S., Vidal-Raméntol, S., Pujol-Valls, M., & Fernández-Morilla, M. (2018). Holistic Approaches to Develop Sustainability and Research Competencies in Pre-Service Teacher Training. *Sustainability*, *10*(10). https://doi.org/10.3390/su10103698

Caminiti, C., Diodati, F., Puntoni, M., Balan, D., & Maglietta, G. (2025). Surveys of Knowledge and Awareness of Plastic Pollution and Risk Reduction Behavior in the General Population: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *22*(2), 177. https://doi.org/10.3390/ijerph22020177

Chen, H., Cohen, P., & Chen, S. (2010). How Big is a Big Odds Ratio? Interpreting the Magnitudes of Odds Ratios in Epidemiological Studies. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, *39*(4), 860–864. https://doi.org/10.1080/03610911003650383

Coe, R., & Soto, C. M. (2003). Magnitud del efecto: Una guía para investigadores y usuarios. *Revista de Psicología*, *21*(1), 145–177. https://doi.org/10.18800/psico.200301.006

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203771587

Flores, M. A., & Day, C. (2006). Contexts which shape and reshape new teachers' identities: A multi-perspective study. *Teaching and Teacher Education*, *22*(2), 219–232. https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.09.002

Lamnina, M., & Chase, C. C. (2019). Developing a thirst for knowledge: How uncertainty in the classroom influences curiosity, affect, learning, and transfer. *Contemporary Educational Psychology*, *59*, 101785. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101785

Liu, J., Hu, Z., Du, F., Tang, W., Zheng, S., Lu, S., An, L., & Ding, J. (2023). Environment education: A first step in solving plastic pollution. *Frontiers in Environmental Science*, *11*, 1130463. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1130463

Ocampo, A. L. C., Fierro, W. G., & Cedeño, E. F. A. (2024). Evaluación de la Eficacia de las Bolsas Biodegradables a partir del Almidón de la Papa (Solanum Tuberosum). *Erasmus Semilleros de Investigación*, *9*(1), 33–40. https://doi.org/10.25054/2590759X.4246

Salahange, L., Sánchez-Martín, J., Dávila-Acedo, M. A., & Cañada-Cañada, F. (2024). A new validated instrument to assess sustainability perception among university students. *Discover Sustainability*, *5*(1), 400. https://doi.org/10.1007/s43621-024-00623-6

Shuman, V., & Scherer, K. R. (2014). Concepts and structures of emotions. In *International handbook of emotions in education*. (pp. 13–35). Routledge/Taylor & Francis Group.

Zamora-Polo, F., & Sánchez-Martín, J. (2019). Teaching for a Better World. Sustainability and Sustainable Development Goals in the Construction of a Change-Maker University. *Sustainability*, *11*(15). https://doi.org/10.3390/su11154224

Revalorizar los Servicios Ecosistémicos en la formación inicial del profesorado de educación secundaria mediante diseño de propuestas ABP

Ana Cano-Ortiz[1], Juan Peña-Martínez[1], José Daniel Sánchez-Martínez[2], Eugenia García García[1], Ricardo del Toro[1], Blanca Ana García Yelo[1] y Elena García Buitrago[1]

[1]Departamento de Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid, España.

[2]Santa María de la Capilla, HH. Maristas, Jaén, España.

*Correspondencia: acano07@ucm.es

RESUMEN: La crisis socioecológica actual exige replantear la educación científica para promover una ciudadanía capaz de comprender las interdependencias entre sistemas naturales y bienestar humano. En este contexto, la enseñanza basada en los servicios ecosistémicos ofrece un marco potente para integrar sostenibilidad, salud y justicia social en el aula. Este trabajo presenta una experiencia formativa desarrollada en el Máster de Profesorado de Educación Secundaria en la que futuros docentes diseñaron propuestas didácticas basadas en Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) orientadas a la revalorización de los servicios ecosistémicos. El objetivo del estudio es explorar el potencial de estas propuestas para promover una educación científica orientada a la sostenibilidad. Metodológicamente se desarrolló un estudio cualitativo de carácter descriptivo basado en el análisis de los proyectos diseñados por el alumnado del máster, incluyendo memorias didácticas, recursos educativos y vídeos divulgativos producidos como parte de los mismos. Los resultados muestran que las propuestas diseñadas integran de manera notable contenidos ecológicos, problemáticas socioambientales y estrategias de participación comunitaria, generando productos educativos como campañas de sensibilización, materiales divulgativos o propuestas de mejora del entorno local. Asimismo, el ABP favoreció la conexión entre conocimiento científico y acción educativa, promoviendo enfoques didácticos orientados a la sostenibilidad y la ciudadanía crítica. Se concluye que la formación inicial del profesorado constituye un espacio clave para impulsar modelos de educación científica comprometidos con la sostenibilidad socioecológica.

PALABRAS CLAVE servicios ecosistémicos; aprendizaje basado en proyectos; educación para la sostenibilidad; formación del profesorado; didáctica de las ciencias.

ABSTRACT: The current socio-ecological crisis calls for a rethinking of science education in order to promote citizens capable of understanding the interdependence between natural systems and human well-being. In this context, ecosystem services provide a powerful framework for integrating sustainability, health, and social justice into science education. This study presents a teacher education experience developed in a Secondary Education Teacher Training Master's programme in which pre-service teachers designed Project-Based Learning (PBL) proposals aimed at revaluing ecosystem services. The aim of this study is to explore the educational potential of these proposals to foster sustainability-oriented science education. Methodologically, a qualitative descriptive study was conducted through the analysis of the projects designed by pre-service teachers, including teaching reports, educational materials and dissemination videos produced as part of the assignment. The results show that the proposals meaningfully integrate ecological knowledge, socio-environmental issues and community engagement strategies, generating educational outputs such as awareness campaigns, outreach materials and proposals for local environmental improvement. Moreover, PBL facilitated the connection between scientific knowledge and educational action, promoting sustainability-oriented pedagogical approaches and critical citizenship. The findings highlight the relevance of teacher education as a key space for fostering transformative science education aligned with socio-ecological sustainability.

KEYWORDS: ecosystem services; project-based learning; sustainability education; teacher education; science education.

INTRODUCCIÓN

Las crisis ambientales contemporáneas, como la pérdida de biodiversidad, el cambio climático o la degradación de los ecosistemas, ponen de relieve la necesidad de promover una educación científica orientada a la sostenibilidad y a la comprensión de la interdependencia entre sociedad y naturaleza (UNESCO, 2020). En este contexto, el concepto de servicios ecosistémicos, definido como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, constituye un marco conceptual relevante para analizar cómo estos sustentan el bienestar humano mediante funciones de provisión, regulación, soporte y valores culturales (MEA, 2005).

Desde la didáctica de las ciencias se ha destacado la importancia de integrar problemáticas socioambientales reales en los procesos de enseñanza para promover competencias científicas críticas y una ciudadanía comprometida con la sostenibilidad (Sadler, 2011; Hodson, 2014). Entre las metodologías que permiten avanzar en esta dirección, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) favorece la investigación, la colaboración y la resolución de problemas auténticos en contextos reales (Krajcik y Blumenfeld, 2006).

En este marco, el presente trabajo analiza una experiencia formativa con estudiantes del Máster de Profesorado de Educación Secundaria que diseñaron proyectos ABP orientados a la revalorización de los servicios ecosistémicos, con el objetivo de explorar el potencial educativo de dichas propuestas para abordar este enfoque en Educación Secundaria desde una perspectiva de sostenibilidad.

MARCO TEÓRICO

Educación científica para la sostenibilidad

La educación científica contemporánea se enfrenta al desafío de formar ciudadanos capaces de participar de manera informada en debates socioambientales complejos. Del mismo modo, una educación para la sostenibilidad eficaz requiere que los estudiantes evalúen críticamente cómo la ciencia interactúa con los desafíos sociales y medioambientales (Peña-Martínez et al., 2025). Por ende, diversos autores han defendido la necesidad de integrar cuestiones sociocientíficas y sostenibilidad en la enseñanza de las ciencias (Levinson, 2018; Sadler et al., 2017; Zeidler et al., 2005).

El enfoque de los servicios ecosistémicos permite comprender las relaciones entre sistemas ecológicos y bienestar humano, facilitando una visión sistémica de los problemas ambientales (Costanza et al., 2017). Su integración en el aula favorece la comprensión de conceptos ecológicos complejos y promueve actitudes proambientales (Frantz y Mayer, 2014).

Aprendizaje Basado en Proyectos en la didáctica de las ciencias

El ABP constituye una estrategia didáctica centrada en la investigación de problemas auténticos, como los servicios ecosistémicos, mediante procesos colaborativos que culminan en la elaboración de productos finales con impacto en los discentes (Krajcik y Shin, 2014). Esta metodología ha demostrado mejorar la motivación, la comprensión conceptual y el desarrollo de competencias científicas (Condliffe et al., 2017).

En el ámbito de la educación ambiental, el ABP permite conectar el conocimiento científico con la acción social, favoreciendo procesos de aprendizaje contextualizados en problemáticas reales.

Formación inicial del profesorado y sostenibilidad

La formación del profesorado representa un espacio estratégico para promover enfoques educativos transformadores. Según diversos estudios, las experiencias formativas basadas en metodologías activas facilitan el desarrollo de competencias didácticas y una mayor sensibilidad hacia los problemas socioambientales (Cebrián y Junyent, 2015; Evagorou et al., 2017).

METODOLOGÍA

La experiencia se desarrolló en el marco de una asignatura del Máster de Formación del Profesorado de Educación Secundaria vinculada a la didáctica de las ciencias experimentales. En este contexto formativo, el alumnado (en su condición de futuros docentes) debía diseñar una propuesta educativa basada en ABP orientada a la enseñanza-aprendizaje de los servicios ecosistémicos en Educación Secundaria. Aunque la actividad se planteó únicamente desde una perspectiva de diseño didáctico, debido a que los estudiantes no pudieron implementar su proyecto en el aula, hay que resaltar que elaboraron sus propuestas pedagógicas fundamentándose en literatura científica y siempre alineadas con el currículo educativo vigente.

Participaron ocho grupos de estudiantes del Máster (38 alumnos), que desarrollaron proyectos centrados en distintos ecosistemas y tipos de servicios ecosistémicos. El objetivo de la actividad consistía en trasladar conocimiento científico actualizado sobre los ecosistemas a un diseño didáctico capaz de favorecer la comprensión de las relaciones entre naturaleza, bienestar humano y sostenibilidad.

El diseño de las propuestas se estructuró siguiendo los principios del ABP, metodología que promueve la investigación de problemas auténticos mediante procesos de indagación y trabajo colaborativo (Krajcik y Blumenfeld, 2006). En este marco, cada grupo delimitó el proyecto seleccionando un ecosistema de referencia, identificando los servicios ecosistémicos asociados, definiendo el nivel educativo destinatario y formulando una pregunta guía orientada a abordar problemáticas ambientales reales. A partir de esta delimitación inicial, los estudiantes diseñaron su secuencia didáctica basada en la presentación de un desafío ambiental, el trabajo cooperativo en pequeños grupos y el desarrollo de actividades de indagación orientadas a la búsqueda, análisis y discusión de información científica. El diseño contemplaba asimismo la elaboración de un producto final destinado a sintetizar los aprendizajes del proyecto y favorecer la comunicación de los resultados en contextos educativos.

El estudio adoptó un enfoque metodológico mixto. Los datos en este trabajo presentados son exclusivamente los de carácter cualitativo. La recogida de información se basó en el análisis de los proyectos ABP elaborados por los estudiantes, cuyos productos finales incluían una memoria didáctica, materiales educativos dirigidos a su implementación en educación secundaria y un vídeo divulgativo sobre la propuesta de intervención educativa diseñada. Asimismo, se incorporó un cuestionario de reflexión grupal, compuesto por preguntas abiertas (Tabla 1), siendo los resultados mostrados en esta aportación. Este instrumento permitió explorar las percepciones del alumnado sobre el proceso de trabajo cooperativo, las dificultades encontradas durante el diseño del proyecto y la valoración del potencial educativo de las propuestas desarrolladas.

Tabla 1. Preguntas del cuestionario de reflexión grupal utilizadas para la recogida de información cualitativa

Nº	PREGUNTA CUALITATIVA	DIMENSIÓN ANALÍTICA
1	¿Qué factores consideráis que han facilitado el trabajo cooperativo durante el diseño del proyecto ABP?	D1-Trabajo cooperativo y organización del grupo
2	¿Qué dificultades habéis encontrado durante el proceso de diseño del proyecto y cómo las habéis abordado?	D2-Gestión del proceso de trabajo y coordinación
3	¿En qué aspectos consideráis que vuestro proyecto responde a las características de un Aprendizaje Basado en Proyectos auténtico?	D3-Coherencia metodológica del ABP
4	¿De qué manera pensáis que el proyecto puede contribuir a que el alumnado de secundaria comprenda la importancia de los servicios ecosistémicos?	D4-Educación científica para la sostenibilidad
5	¿Qué cambios o mejoras introduciríais si el proyecto se implementara en un aula real de educación secundaria?	D5-Mejora del diseño didáctico

Las respuestas fueron analizadas mediante un procedimiento de análisis temático cualitativo (Braun y Clarke, 2006), orientado a identificar categorías emergentes relacionadas con el proceso de diseño didáctico y con la integración de la sostenibilidad en la enseñanza de las ciencias. La fiabilidad del

análisis se reforzó mediante la triangulación de las distintas fuentes documentales recogidas (memorias didácticas, materiales educativos, vídeos divulgativos y respuestas al cuestionario de reflexión grupal) y mediante un proceso de revisión cruzada entre los investigadores, en el que se contrastaron las categorías emergentes y los patrones identificados con el fin de garantizar la coherencia interpretativa del análisis. Paralelamente, los proyectos elaborados se analizaron atendiendo a tres dimensiones principales: la integración del conocimiento científico sobre los servicios ecosistémicos, la coherencia pedagógica del diseño basado en ABP y la conexión establecida entre ciencia, sociedad y sostenibilidad en las propuestas educativas.

RESULTADOS

El análisis temático cualitativo de las respuestas al cuestionario de reflexión grupal se estructuró en torno a las cinco dimensiones analíticas previamente definidas (Tabla 1), vinculadas tanto al proceso de diseño del ABP como a la integración de los servicios ecosistémicos en la enseñanza de las ciencias. A partir de este proceso se identificaron patrones recurrentes que permiten comprender los procesos de trabajo desarrollados por los estudiantes, sus percepciones sobre el potencial educativo de las propuestas elaboradas y las dificultades encontradas durante el proceso.

Los resultados se presentan a continuación organizados según las dimensiones analíticas consideradas. En primer lugar, una de las dimensiones más recurrentes en las respuestas del alumnado se relaciona con el trabajo cooperativo (D1). La mayoría de los grupos destacan que la organización del trabajo en equipo, la comunicación y el reparto de responsabilidades fueron factores clave para el desarrollo del proyecto. Los estudiantes señalan que estas dinámicas facilitaron la integración de diferentes perspectivas en el diseño didáctico y favorecieron la construcción colectiva de las propuestas educativas.

En segundo lugar, el análisis de las respuestas revela la presencia de dificultades organizativas, especialmente vinculadas a la gestión del tiempo y a la coordinación de agendas (D2). No obstante, los grupos desarrollaron estrategias para afrontarlas, como la redistribución de tareas, la planificación de reuniones adicionales o la toma de decisiones consensuada. Estas acciones reflejan procesos de autorregulación que contribuyeron a consolidar el trabajo cooperativo y a fortalecer la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje.

Otro aspecto destacado en las respuestas del alumnado es la valoración positiva del enfoque metodológico basado en proyectos (D3). Los estudiantes identifican varios elementos característicos de un ABP auténtico, entre los que destacan la formulación de una pregunta guía abierta, la secuenciación del proyecto en fases, la autonomía progresiva del alumnado, el desarrollo de procesos de investigación sobre problemas ambientales reales y la elaboración de productos finales con potencial impacto educativo o social. En este sentido, el ABP fue percibido como una metodología capaz de conectar el aprendizaje científico con problemáticas relevantes para la sociedad.

En relación con los contenidos científicos trabajados (D4), las reflexiones del alumnado subrayan el potencial del enfoque de servicios ecosistémicos para favorecer una comprensión integrada de los problemas ambientales. Los estudiantes consideran que este enfoque permite relacionar los conceptos ecológicos con cuestiones sociales como la calidad de vida, la salud o la sostenibilidad de los sistemas socioecológicos. Asimismo, varios grupos destacan que el diseño de proyectos centrados en los servicios ecosistémicos puede contribuir a promover una mayor conciencia ambiental en el alumnado de Educación Secundaria.

Por otra parte, el análisis de los proyectos elaborados evidencia que el proceso de diseño didáctico (D5) favoreció el desarrollo de aprendizajes significativos en el propio alumnado del máster. Los estudiantes señalan que la necesidad de traducir conocimiento científico complejo a propuestas educativas comprensibles para estudiantes de secundaria les obligó a profundizar en los contenidos ecológicos y a reflexionar sobre las estrategias pedagógicas más adecuadas.

En conjunto, los resultados ponen de manifiesto que el diseño de proyectos ABP centrados en los servicios ecosistémicos favorece la integración de dimensiones científicas, pedagógicas y sociales en la formación inicial del profesorado.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que el diseño de proyectos basados en ABP centrados en los servicios ecosistémicos constituye una estrategia pertinente para integrar la educación científica con la sostenibilidad en la formación inicial del profesorado. Las reflexiones del alumnado evidencian que este enfoque facilita la conexión entre los contenidos científicos y problemáticas socioambientales reales, favoreciendo un aprendizaje contextualizado. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que destacan el potencial del ABP para promover aprendizajes significativos y el desarrollo de competencias científicas (Krajcik y Blumenfeld, 2006; Condliffe et al., 2017).

Asimismo, los participantes consideran relevante el trabajo cooperativo y los procesos de indagación establecidos, alineado con estudios que señalan que las metodologías basadas en proyectos favorecen la construcción activa del conocimiento y el desarrollo de habilidades colaborativas (Krajcik y Shin, 2014). La valoración de los servicios ecosistémicos coincide con trabajos que destacan su utilidad para promover una comprensión de los problemas ambientales y su relación con el bienestar humano (Costanza et al., 2017).

Las propuestas de mejora planteadas por los participantes, especialmente la incorporación de salidas de campo y actividades experimentales, refuerzan la relevancia de las experiencias de aprendizaje situadas en contextos reales, consideradas clave para fortalecer la educación ambiental y científica (Stevenson et al., 2013). En conjunto, estos resultados respaldan la idea de que la formación inicial del profesorado constituye un contexto privilegiado para promover enfoques de educación científica orientados a la sostenibilidad.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto el potencial del ABP como enfoque didáctico para integrar la sostenibilidad y el concepto de servicios ecosistémicos en la formación inicial del profesorado de ciencias. El análisis cualitativo de las respuestas al cuestionario de reflexión grupal nos permite determinar la valoración de los alumnos del máster en relación con la implementación de esta metodología activa. Los resultados evidencian que dicha implementación favorece la conexión entre el conocimiento científico y las problemáticas socioambientales presentes en el entorno, permitiendo desarrollar propuestas educativas contextualizadas y orientadas a la comprensión de la relación entre los ecosistemas y el bienestar humano. En este sentido, varios grupos señalan que las propuestas elaboradas podrían contribuir a promover una mayor sensibilización ambiental y a trabajar en el aula la interdependencia entre los sistemas naturales y las actividades humanas.

En conjunto, las percepciones recogidas sugieren que la incorporación de actividades formativas basadas en el diseño de proyectos ABP puede constituir un espacio relevante dentro de la formación inicial del profesorado para abordar la enseñanza de la sostenibilidad y explorar el potencial educativo del enfoque de los servicios ecosistémicos en la educación científica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.

Cebrián, G., & Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' views. *Sustainability*, *7*(3), 2768–2786.

Condliffe, B., Quint, J., Visher, M., Bangser, M., Drohojowska, S., Saco, L. & Nelson, E. (2017). *Project-Based Learning: A Literature Review*. MDRC.

Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S. & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, *28*, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008

Evagorou, M., Dillon, J., Viiri, J. & Albe, V. (2017). Pre-service science teacher preparation to teach socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, *39*(5), 1–21.

Frantz, C. M., & Mayer, F. S. (2014). The importance of connection to nature in assessing environmental education programs. *Studies in Educational Evaluation*, *41*, 85–89.

Hodson, D. (2014). Becoming part of the solution: Learning about activism, learning through activism, learning from activism. *International Journal of Science Education*, *36*(18), 1–28.

Krajcik, J. & Blumenfeld, P. (2006). Project-Based Learning. En R. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge University Press.

Krajcik, J. & Shin, N. (2014). Project-Based Learning. En R. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Levinson, R. (2018). Socio-scientific issues and the challenges of teaching controversial science. *International Journal of Science Education*, *40*(1), 1–14.

Peña-Martínez, J., Beltrán-Martínez, J., Cano-Ortiz, A., & Rosales-Conrado, N. (2025). Teaching the Nature of Science Through Biodiesel Synthesis from Waste Cooking Oil: A Literature Review with Experimental Insights. *Sustainable Chemistry*, *6*(2), 15. https://doi.org/10.3390/suschem6020015

Sadler, T. (2011). *Socio-scientific issues in the classroom*. Springer.

Sadler, T., Foulk, J., & Friedrichsen, P. (2017). Evolution of a model for socioscientific issue teaching and learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *5*(2), 75–87.

Stevenson, R. B., Brody, M., Dillon, J., & Wals, A. (2013). *International Handbook of Research on Environmental Education*. Routledge.

Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M. & Howes, E. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, *89*(3), 357–377.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and Human Well-Being*. Island Press.

UNESCO (2020). *Education for Sustainable Development: A roadmap*. UNESCO.

Evolución de las emociones en Alfabetización Ambiental

Alicia Guerrero Fernández[1], Rocío Jiménez Fontana [2] y Emilio Solís Ramírez[3]

[1 3] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España
[2] Departamento de Didáctica (Didáctica de las Ciencias Experimentales), Universidad de Cádiz, España.

* Correspondencia: aliciaguerrero@us.es

RESUMEN: La presencia y el estudio de las emociones en el campo de la investigación de los problemas socioambientales en el ámbito educativo es una línea de trabajo e investigación cada vez más presente. En este trabajo hacemos una aproximación a la temática, a partir de nuestra experiencia en el estudio de la Alfabetización Ambiental y de la lectura de trabajos en esta línea. Proponemos la posible evolución de las emociones ante el trabajo en el aula con problemáticas concretas, así como la relación con el resto de las dimensiones ambientales desde una perspectiva de decrecimiento.

PALABRAS CLAVE: emociones; alfabetización ambiental; evolución.

ABSTRACT: The consideration and study of emotions within the field of research into socio-environmental issues in education is an increasingly prominent area of work and research. In this paper, we explore the subject, drawing on our experience in the study of Environmental Literacy and our review of the literature in this field. We propose a possible evolution of emotions in response to specific issues, as well as their relationship with other environmental dimensions from a degrowth perspective.

KEYWORDS: emotions; environmental literacy; evolution.

INTRODUCCIÓN

Poniendo el acento en el tratamiento de los problemas socioambientales en el ámbito educativo, terreno en el que se sitúa este estudio, las emociones pueden servir de resortes a la hora de desarrollar actitudes y comportamientos específicos en temáticas vinculadas al medio ambiente (Brosch, 2021; Schneider et al., 2021), ya que el problema no reside en la falta de conocimientos o de información, sino en las actitudes (Heras y Meira, 2016). Desde una perspectiva más general, Scherer (2009) contempla la emoción como un proceso dinámico y emergente, con una función adaptativa, generado a partir de la evaluación subjetiva (appraisal) de eventos significativos donde entran en juego mecanismos psicobiológicos y culturales que organizan la conducta. Según Izard (2007), existen emociones básicas (alegría, tristeza, ira, miedo) que emergen de forma "natural" y sostiene que la mayoría de las experiencias emocionales humanas son esquemas emocionales donde la emoción va ligada a la cognición. Las emociones básicas se activan automáticamente, mientras que los esquemas dependen del aprendizaje. En esta línea los últimos estudios de Feldman (2017), en su hipótesis de las emociones construidas, nos da a entender que las emociones son construcciones del mundo y no reacciones a él y que debemos intentar abordarlas y estudiarlas en todos sus ámbitos.

Algunos autores, como Schneider y Van der Linden (2023) mencionan que, a la hora de hacer frente a la crisis ambiental, es imprescindible atender a aquellos comportamientos que requieren de una mayor implicación y complejidad (ej.: reducir el consumo de carne), pues resultan más difíciles de llevar a cabo en relación con otros que precisan de un menor coste (ej.: separar y clasificar residuos), ya que las emociones positivas de carácter anticipatorio predicen estrategias de acción de baja implicación/coste, pero no las de un impacto mayor. Es decir, como los comportamientos de mayor coste/implicación requieren de una toma de decisiones más compleja, la gestión emocional y su papel también es, por ende, más complejo (Schneider et al., 2021; Van der Linden, 2018).

Por otro lado, algunas emociones que podríamos denominar "incómodas" o negativas adquieren un papel como vehículos para generar cambios, ya que las emociones pueden incidir en los comportamientos y

en el grado de compromiso proambiental (Shipley y Van Riper, 2022). Por ejemplo, a la hora de abordar el cambio climático, en el estudio de Meira y Arto (2013), aparecieron emociones negativas (como el pesimismo) en los individuos que participaron. Otro estudio (Calixto y Terrón, 2018), concluyó que el conjunto de emociones manifiestas por el alumnado universitario tiene un alto componente negativo, de desesperanza, y conducen a los estudiantes a la apatía por actuar. Por ello, es necesario buscar estrategias en el ámbito de la alfabetización ambiental para trabajar con los estudiantes y que éstos puedan canalizar las emociones hacia acciones favorables al medio ambiente.

EMOCIONES Y ALIMENTACIÓN SOSTENIBLE

El trabajo que aquí presentamos está vinculado a dos proyectos de investigación. Uno de ellos, terminado el año 2024 (Alfabetización ambiental: un desafío para la formación del profesorado del siglo XXI) y otro que está previsto que comience a lo largo de 2026 (Alfabetización ambiental en educación infantil, primaria y secundaria: secuencias de enseñanza-aprendizaje y prácticas clave para promover progresiones de aprendizaje). En ambos proyectos se trabaja la Alfabetización Ambiental (ALFAM) a partir de la investigación en torno a una problemática socioambiental concreta: cómo garantizar una alimentación ecológica y justa, desde una perspectiva decrecentista y resiliente. En ambos proyectos se han definido las dimensiones de la ALFAM que consideramos deben estar presentes en el proceso formativo: Conocimientos y Habilidades, Actitudes y Emociones y Comportamientos. En ambos se trabaja desde una perspectiva educativa. El primero de ellos se desarrolló en Educación Superior con profesorado en formación inicial de Infantil y Primaria y, el segundo, en los niveles de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria con profesorado en activo.

El primer proyecto tenía dos grandes objetivos: establecer un estado de la cuestión sobre el grado de ALFAM en el profesorado en formación inicial en Andalucía, y trabajar una Propuesta Didáctica (PD) en torno a la temática mencionada con el profesorado en formación inicial en las universidades de Sevilla y Cádiz. Los resultados que obtuvimos a partir de la aplicación de un cuestionario ad hoc (Guerrero-Fernández et al., 2022a; Guerrero-Fernández et al., 2022b), en relación con las Emociones, (Rivero García et al., 2024), reflejan que las emociones que experimentan los estudiantes parece que son un elemento imprescindible que debemos tener en cuenta. El futuro profesorado andaluz experimenta emociones "negativas" (preocupación, frustración y ansiedad) respecto al conocimiento de los efectos del cambio climático y "positivas" respecto a la identificación de los problemas y sus soluciones (esperanza) y a la participación en estas (satisfacción y alegría). En estudios similares (Ojala, 2012) se indica que la ansiedad puede deberse a una fuerte incertidumbre sobre la estabilidad del planeta, lo que puede llevar a un estado de parálisis en la acción proambiental. En otro estudio (Ojala, 2008), esta autora plantea que la esperanza se relaciona negativamente con el comportamiento.

Entre los futuros docentes de Andalucía, destacan la preocupación (elegida por un 33,3 % de los participantes) y la esperanza (elegida por un 44,2 %). Parece ser una combinación favorable, en principio, para el desarrollo de la ALFAM. Pero podría tratarse de una esperanza ilusoria, dado que es más elegida que la preocupación y aparece acompañada de frustración y ansiedad y, como se detectó en el ámbito de las actitudes, predomina un optimismo tecnológico acrítico.

Ligado al segundo objetivo del proyecto, se elaboró una PD, validada por expertos (Jiménez Fontana et al., 2024) en la que se diseñó una secuencia de actividades basada en un modelo de investigación escolar en torno a la problemática del impacto de la alimentación. Una de las conclusiones que pudimos extraer, en relación con las Emociones, es que éstas no habían sufrido grandes cambios, antes y después de la aplicación de la PD (Jiménez Fontana et al., 2024), como parece ser que sí ha ocurrido con otras de las dimensiones de ALFAM, en mayor o menor medida.

Estas conclusiones nos han llevado a plantearnos la importancia de tener en cuenta las Emociones en el diseño e implementación de las propuestas didácticas, de ahí que en el nuevo proyecto, actualmente en curso, estamos incorporando el trabajo con las emociones en la Secuencias de Enseñanza Aprendizaje (SEAs) que se puedan diseñar para los niveles de Infantil, Primaria y Secundaria.

Partiendo de la bibliografía que estamos manejando sobre esta temática, parece deducirse que hay un acuerdo en considerar que, al abordar el decrecimiento en contextos educativos, las emociones más frecuentes son: ansiedad, miedo, culpa y sensación de impotencia. Estas emociones surgen al confrontar la gravedad de la crisis ecológica y social, la percepción de amenaza o pérdida, y la dificultad de imaginar soluciones efectivas (Dunlop y Rushton, 2022; Kovács, et al., 2024). La sensación de presión, aislamiento y falta de control también es común, especialmente cuando se percibe que las acciones individuales tienen poco impacto (Dunlop y Rushton, 2022; Kovács et al., 2024).

La otra cara de la moneda es que hay estudios que plantean que, ante determinadas estrategias formativas, las emociones pueden evolucionar y ser palanca de cambio en el terreno de las actitudes y los comportamientos, ligados a un conocimiento más adecuado. En un estudio de Muñoz-García et al. (2022), indican que existe una brecha entre conocimiento, emoción y acción y que la preocupación no se traduce en participación. Proponen que para conseguir una educación transformadora y superar la brecha antes indicada, se deben trabajar actividades que integren la educación emocional para fomentar la motivación, el trabajo cooperativo y en contacto con la naturaleza, de tal forma que se favorezca la afectividad, el pensamiento crítico y la participación de agentes externos en las actividades escolares, con el fin de evitar el catastrofismo que puede ser paralizante, promoviendo actitudes proambientales en la vida cotidiana.

En Grecia, analizando un programa para alumnado de primaria de salidas al aire libre y de conexión emocional con la naturaleza, Kosta et al. (2022), proponen diseñar programas de frecuencia y duración adecuadas, combinadas con actividades prácticas y considerar al alumnado como agentes educativos para sus familias.

En un estudio longitudinal en España, con 215 estudiantes, Robina-Ramírez et al. (2020), llegan a la conclusión de que las emociones son un motor del cambio, ya que potencian la acción del conocimiento. Son preferibles acciones prolongadas que acciones puntuales, que cuenten con la implicación de la comunidad (familia, empresas locales…) y que tengan una aplicación práctica (análisis de aguas, huerto escolar, reciclaje, etc.).

Finalmente, Grund et al. (2024), en una revisión sistemática sobre emociones y aprendizaje transformativo para la sostenibilidad, destacan como tendencias generales que las emociones negativas son más frecuentes al inicio, pero disminuyen con la acción y el apoyo social; que las emociones positivas refuerzan la motivación y la adopción de conductas sostenibles; y que existe una falta de marcos teóricos sólidos (75% de los estudios no referencian teorías vinculadas a las emociones).

PROPUESTA DE EVOLUCIÓN DE LAS EMOCIONES

A partir de las lecturas realizadas, y con fin de tener una estructura que sirva de soporte a la hora de incluir las emociones en las SEAs, estamos tratando de establecer una posible propuesta de evolución de las emociones, aunque está resultando ser una tarea compleja. Según la literatura, la mayoría de las veces las emociones al empezar a trabajar problemas socioambientales son de valencia negativa, aunque también la bibliografía nos indica qué estrategias pueden hacer evolucionar a ese tipo de emociones y utilizarlas como palancas para el cambio.

Como herramienta de trabajo, para el diseño de las SEAs y el proceso formativo en el aula, proponemos la posible evolución de las emociones que montamos en la figura 1.

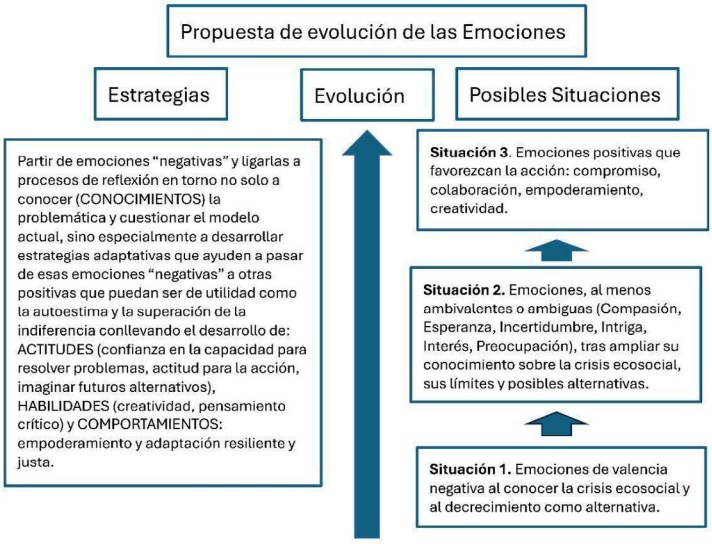


Figura 1. Posible evolución de las emociones y estrategias de trabajo que facilitarían esa evolución.

A la hora plantear la evolución de las emociones y sus estrategias de trabajo, consideramos relevante ligar las emociones a procesos de reflexión y aprendizaje y vinculados a actitudes y habilidades encaminadas al desarrollo de comportamientos adaptativos basados en la resiliencia. En un primer "nivel", es posible que a la hora de conocer la crisis ecosocial y la situación de decrecimiento emerjan emociones de valencia "negativa", como el miedo o la preocupación. En un segundo "nivel", si las emociones se ligan a estrategias de acción y/o alternativas, esas emociones "negativas" pueden hacer de vehículo para que emerjan otras más "ambiguas", como el interés, algo que podría incidir en conocimientos, habilidades, actitudes y comportamientos. Por último, se podría acceder a un tercer "nivel" donde las emociones adquieren un carácter más "positivo", algo que podría impulsar la acción, el compromiso y el empoderamiento, generando cambios de comportamiento.

CONCLUSIONES Y EXPECTATIVAS FUTURAS

Actualmente nos encontramos en proceso de construcción de la evolución de las emociones debido a su complejidad y a los diferentes factores que están presentes y al desconocimiento respecto a cómo se relacionan. Asimismo, se trata de un campo incipiente en el ámbito de la ALFAM.

En cualquier caso, debido a la necesidad de trabajar con problemáticas socioambientales y la influencia emocional que de estas se deriva, parece interesante acometer este asunto. Intuimos que las emociones se construyen a partir de conocimientos y habilidades y condicionan el desarrollo de actitudes y comportamientos en determinadas situaciones.

Ante esta realidad, nos planteamos los siguientes interrogantes: ¿cuál podría ser una forma pertinente de categorizar emociones?; ¿podemos establecer niveles de progresión como en el resto de las dimensiones (conocimientos, habilidades, actitudes y comportamientos) y aislados de estas?

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto de I+D+i PID2024-158589NB-I00 financiado por el Ministerio de Ciencias, Innovación y Universidades.

REFERENCIAS

Brosch, T. (2021). Affect and emotions as drivers of climate change perception and action: a review. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 42, 15–21. https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.02.001

Calixto, R. y Terrón, E. (2018). Las emociones en las representaciones sociales del cambio climático. *Educando en Resumen*, *34*(68), 217-233. https://doi.org/10.1590/0104-4060.55684

Dunlop, L. y Rushton, E. A. C. (2022). Education for environmental sustainability and the emotions: Implications for educational practice. *Sustainability*, *14*(8), 4441. https://doi.org/10.3390/su14084441

Feldman Barrett, L. (2017). The theory of constructed emotion: an active inference account of interoception and categorization. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1–23. https://doi.org/10.1093/scan/nsw154

Grund, J., Singer-Brodowski, M. y Büssing, A. G. (2024). Emotions and transformative learning for sustainability: A systematic review. *Sustainability Science*, *19*(1), 307–324. https://doi.org/10.1007/s11625-023-01439-5

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., López Lozano, L. y Solís Ramírez, E. (2022a). Alfabetización ambiental en la formación inicial docente: diseño y validación de un cuestionario. *Enseñanza de las Ciencias*, *40*(1),25-46. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3517

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., Solís Ramírez, E. y García Díaz, J.E. (2022b). Validación de un cuestionario sobre Alfabetización Ambiental mediante juicio de expertos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *19*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3101

Heras, F. y Meira, P. (2016). Cuando lo importante no es relevante: la sociedad española ante el cambio climático. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 136, 43-53.

Izard, C.E. (2007). Basic Emotions, Natural Kinds, Emotion Schemas, and a New Paradigm. *Perspectives on Psychological Science, Vol. 2*, No. 3. pp. 260-280.

Jiménez Fontana, R., Guerrero Fernández, A., Solís Ramírez, E. y Rodríguez Pérez, L. (2024). El papel de las emociones en la alfabetización ambiental de futuros docentes. En M. Díez Ojeda, S. Martínez Juste, R. Bogdan Toma, M. E. Dies Álvarez, A. Ramírez Segado, R. Jiménez Fontana, & E. García González (Coords.), *Sobre la educación científica y el cuidado de la casa común: Necesidades y perspectivas* (pp. 596–618). Dykinson.

Kosta, A. D., Keramitsoglou, K. M. y Tsagarakis, K. P. (2022). Exploring the effect of environmental programs on primary school pupils' knowledge and connectedness toward nature. *SAGE Open*, *12*(4), 1–11. https://doi.org/10.1177/21582440221140288

Kovács, L. N., Jordan, G., Berglund, F., Holden, B., Niehoff, E., Pohl, F., Younssi, M., Zevallos, I., Ágoston, C., Varga, A. y Kökönyei, G. (2024). Acting as we feel: Which emotional responses to the climate crisis motivate climate action? *Journal of Environmental Psychology*, 96, 102327. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2024.102327

Meira Cartea, P. y Arto Blanco, M. (2009). A sociedade española ante o cambio climático: coñecementos e valoración do potencial de amenaza. *AmbientalMente sustentable*, *1*(7), 7-38. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3083996

Muñoz-García, J., Hernández-Bravo, J. A. y Cardona-Moltó, M. C. (2022). Emotional dimension in climate change education: Bridging the gap between knowledge, concern, and action. *Sustainability*, *14*(9), 5429. https://doi.org/10.3390/su14095429

Ojala, M. (2008). Recycling and ambivalence: Quantitative and qualitative analyses of household recycling among young adults. *Environment and Behavior,* 40, 777-797.

Ojala, M. (2012). Hope and climate change: the importance of hope for environmental engagement among young people. *Environmental Education Research*, *18*(5), 625-642, https://doi.org/10.1080/13504622.2011.637157

Rivero García, A., Solís Ramírez, E., Jiménez Fontana, R. y Rodríguez Pérez, L. (2024). La alfabetización ambiental del futuro profesorado de infantil y primaria en Andalucía. *Enseñanza de las Ciencias*, *42*(3), 159-184. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6130

Robina-Ramírez, R., Merodio, J. y McCallum, S. (2020). What role do emotions play in transforming students' environmental behaviour at school? *Journal of Cleaner Production*, 258, 120638. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120638

Rodríguez-Marín, F., García-González, E. y Rivero García, A. (2024). *Alimentación ecológica y justa ante el decrecimiento*. Barcelona: Octaedro

Scherer, K. R. (2009). The dynamic architecture of emotion: Evidence for the component process model. *Cognition y Emotion, 23*(7), 1307–1351. https://doi.org/10.1080/02699930902928969

Shipley, N. J. y Van Riper, C. J. (2022). El orgullo y la culpa predicen comportamientos proambientales: un metaanálisis de evidencia correlacional y experimental. *Journal of Environmental Psychology*, 79, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101753

Schneider, C. R. y Van der Linden, S. (2023). An emotional road to sustainability: how affective science can support pro-climate action. *Emotion Review*, *15*(4), 284–288. https://doi.org/10.1177/17540739231193742open_in_new

Schneider, C. R. Zaval, L. y Markowitz, E. M. (2021). Positive emotions and climate change. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 42, 114–120. https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.04.009

Van der Linden, S. (2018). Warm glow is associated with low-but not highcost sustainable behaviour. *Nature Sustainability*, *1*(1), 28–30. https://doi.org/10.1038/s41893-017-0001-0

Innovación social educativa y educación STEAM transdisciplinar: orientaciones didácticas para abordar problemas sociales

Miguel Ángel Merino-Fernández[1a] *y Jairo Ortiz-Revilla*[1b]

[1]Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Educación, Universidad de Burgos, España.

*Correspondencia: [a]mamfernandez@ubu.es

RESUMEN: La Innovación Social Educativa (ISE) se configura como un enfoque incipiente que busca formar estudiantes capaces de transformar la sociedad mediante el desarrollo de competencias basadas en el trabajo colaborativo, la proactividad, la autonomía, la creatividad y el pensamiento crítico y sistémico. El objetivo de este estudio es analizar, desde un diseño teórico, los puntos de convergencia entre la ISE y la educación STEAM en su nivel de integración transdisciplinar. A partir de una revisión narrativa estructurada de literatura académica se han analizado varios estudios que adoptan estos dos enfoques, observándose que ambos pueden funcionar de manera combinada. Se han extraído cuatro dimensiones usadas recurrentemente en ambos enfoques: habilidades de resolución de problemas socialmente relevantes, la colaboración comunitaria para satisfacer una necesidad social, la educación en valores cívicos, éticos y democráticos y el desarrollo del pensamiento innovador, crítico, creativo y reflexivo. Esta investigación teórica busca explorar orientaciones didácticas para el diseño de situaciones de aprendizaje que interrelacionen ISE y educación STEAM transdisciplinar.

PALABRASCLAVE: educación STEAM integrada; Innovación Social Educativa; transdisciplinariedad; problemas socialmente relevantes; orientaciones didácticas.

ABSTRACT: Social Innovation Education (SIE) is an emerging approach that aims to educate students capable of transforming society by developing skills based on collaborative work, proactivity, autonomy, creativity, and critical and systemic thinking. The aim of this study is to analyse, from a theoretical perspective, the points of convergence between SIE and STEAM education in terms of their level of transdisciplinary integration. Based on a structured narrative review of academic literature, several studies adopting these two approaches have been analysed, revealing that both can function in combination. Four dimensions frequently used in both approaches have been identified: socially relevant problem-solving skills, community collaboration to meet a social need, education in civic, ethical and democratic values, and the development of innovative, critical, creative and reflective thinking. This theoretical research seeks to explore pedagogical approaches for the design of learning situations that interrelate SIE and transdisciplinary STEAM education.

KEYWORDS: integrated STEAM education; Social Innovation Education; transdisciplinarity; socially relevant issues; teaching guidelines.

INTRODUCCIÓN

La Innovación Social (IS) consiste en un conjunto de ideas nuevas (productos, servicios o modelos) diseñadas para implementar soluciones que satisfagan las necesidades de la sociedad, en materia de salud, educación, inclusión, sostenibilidad, a través de la colaboración comunitaria (Manzini, 2015). Así, la IS suele englobar diversos sectores de la sociedad, como gobiernos, empresas, sindicatos, comunidades vecinales, etc. (Kalemaki et al., 2021), aunque existen pocos estudios que hayan investigado su implicación en el ámbito educativo (Alden Rivers, 2016). En este ámbito, la IS fomenta el pensamiento crítico y el compromiso cívico en los estudiantes, facilitándoles valores y habilidades de resolución de problemas sociales y de colaboración, mediante una educación transdisciplinar que trasciende las barreras del currículo (Lyons y Bender-Salazar, 2023). Por ello, se debe investigar la relevancia educativa de la IS, lo que consideramos podría ser desarrollado en convergencia con uno de

los enfoques de integración educativa que mejores resultados competenciales está reportando, esto es, la educación STEAM integrada (Ortiz-Revilla et al., 2023).

En síntesis, hoy existe una abundante afluencia de estudios que investigan tanto la IS como la educación STEAM integrada y existen diversos estudios que tratan la transdisciplinariedad junto a la IS (Barbieri et al., 2025; Betancourt, 2025; Echaubard et al., 2020; Kee et al., 2025; Wao et al., 2022). Sin embargo, no encontramos evidencias de investigaciones que aborden ambos enfoques de manera interrelacionada. Por ello, este estudio tiene por objetivo analizar los puntos de convergencia entre ambos enfoques educativos en pro de formular orientaciones didácticas que ayuden en el diseño de situaciones de aprendizaje (SA) dirigidas a la comprensión de problemas socialmente relevantes que se aborden a través de la integración de contenidos de diversas disciplinas y en colaboración con la sociedad como agente de cambio y mejora de esta.

La investigación se ha estructurado en cinco apartados. En primer lugar, se han presentado los fundamentos teóricos de la innovación social educativa y después de la educación STEAM integrada. Seguidamente, se ha establecido el enfoque metodológico basado en una revisión narrativa y posteriormente se han analizado las convergencias reportadas en la literatura entre ambos enfoques traduciéndolas en dimensiones a abordar. Por último, se discuten los resultados en pro de concluir con unas orientaciones didácticas en el abordaje de problemas sociales.

LA INNOVACIÓN SOCIAL EDUCATIVA

Según Alden Rivers (2016) la Innovación Social Educativa (ISE) consiste en un proceso de transformación social y educativa, que tiene por objetivo formar a las personas como agentes de cambio, comprometidas con la resolución de problemas sociales. Barbieri et al. (2025) han establecido la capacidad de la ISE para mejorar las interrelaciones entre los agentes de la comunidad en la que incida, promoviendo la participación de la institución educativa, fomentando la innovación, la sostenibilidad, la iniciativa emprendedora y los valores cívicos y democráticos. Por su parte, Kalemaki et al. (2021) han indicado que la ISE se debe centrar en el empoderamiento de estudiantes proactivos y autónomos en la toma de decisiones en su escuela y comunidad, en la activación sociopolítica para generar habilidades de pensamiento crítico y reflexivo. En este contexto, el proyecto European Social Innovation & Democratic Education (EU-SIDE) ha elaborado un marco de cuatro competencias en IS a favorecer en el profesorado: la colaboración (empatía, interculturalidad), la acción de cambio (proactividad, autonomía, resiliencia), la investigación (pensamiento crítico y sistémico) y la innovación (creatividad, habilidades de diseño, diálogo) (European Commission, 2024).

La ISE adquiere sus bases teóricas de marcos como el aprendizaje crítico, el transformacional y el desarrollo epistemológico (Alden Rivers, 2016). Estos tres marcos teóricos proporcionan competencias en el alumnado para comprender problemas sociales mediante distintos enfoques, lo que favorece su formación en valores éticos y cívicos (Maynard y Symonds, 2024), generando habilidades de liderazgo, innovación, comunicación de ideas, responsabilidad y gestión emocional (Alden Rivers, 2016). Así, el objetivo de la ISE es formar a estudiantes en la reflexión crítica para la transformación de su propio barrio o localidad (Coma-Roselló et al., 2022).

LA EDUCACIÓN STEAM INTEGRADA

La educación STEAM integrada, en adelante educación STEAM, es un enfoque educativo entendido como la integración disciplinar para la resolución de problemas y el favorecimiento de habilidades en iniciativa emprendedora e innovación, creatividad, pensamiento flexible y crítico y educación ética y cívica (Merino-Fernández et al., 2023; Ortiz-Revilla et al., 2023). Este enfoque surgió de su predecesor STEM (acrónimo inglés de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), disciplinas a las que se agregó posteriormente la palabra *Arts* (implicando Artes y Humanidades) para formar STEAM.

La educación STEAM permite la integración de contenidos de distintas áreas, a través de la resolución de problemas significativos para el alumnado, lo que puede mejorar la motivación y predisposición hacia un mayor abanico de disciplinas (Ortiz-Revilla et al., 2023). Diversos autores han establecido diferentes

niveles de integración de los contenidos, destacándose como más sofisticado el transdisciplinar, que trasciende las barreras artificiales del currículo (Ortiz-Revilla et al., 2023). Aunque existen diversidad de referenciales teóricos y discusión sobre este asunto, el nivel transdisciplinar tiene el objetivo de emplear cualquier disciplina para solucionar problemas a través de la colaboración entre escuela, familias y servicios sociales (Wickson et al., 2006).

Ortiz-Revilla et al. (2023) han alertado sobre la importancia de los docentes en la implementación de propuestas STEAM, avalando mayor colaboración docente y autoconfianza en el nivel transdisciplinar. En este contexto, Lage-Gómez y Ros (2021) han llevado a cabo un proyecto en Educación Primaria a través de la educación STEAM transdisciplinar, obteniéndose beneficios en su aprendizaje competencial. Y Rahmawati et al. (2022) han diseñado un modelo STEAM de historias con dilemas éticos, lo que ha demostrado una mejora en el pensamiento crítico y en la colaboración activa para un desarrollo sostenible.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación teórica adopta una metodología de revisión narrativa estructurada de literatura académica. Para ello se investigó en las bases de datos científicas *Web of Science (WoS) Core Collection* y en *Scopus* las convergencias entre dos enfoques educativos próximos, pero habitualmente estudiados por separado: la ISE y la educación STEAM en su nivel de integración transdisciplinar. Se ha optado por este tipo de estudio con el objetivo de condensar y reinterpretar información diversa en campos emergentes (Green et al., 2006) como son estos dos enfoques.

El proceso de investigación comprendió dos búsquedas: en primer lugar, se introdujeron los términos de búsqueda "social innovation" AND educat* y posteriormente STEAM AND transdisciplinar* AND educat*, los cuales debían aparecer en el título, resumen o palabras clave. Tras la lectura de estos tres aspectos en varios estudios se decidió seleccionar un corpus de 5 estudios por enfoque, esto es, 10 estudios que cumplieron 2 criterios de selección.

Estos dos criterios de selección de estudios fueron: a) debían definir la ISE o sus competencias; b) propuestas didácticas de educación STEAM en su nivel transdisciplinar. Este análisis exploratorio se desarrolló en tres fases. Primeramente, se elaboró una matriz de extracción de información por cada estudio: nivel educativo, objetivos educativos, actores implicados y competencias abordadas. Posteriormente se llevó a cabo un análisis comparativo entre la ISE y la educación STEAM transdisciplinar. Este análisis se codificó en dimensiones recurrentes en estos dos bloques, esto es, atender a problemas socialmente relevantes, colaboración con la comunidad, aprendizaje en valores cívicos, éticos y democráticos y generación de competencias en pensamiento crítico, reflexivo, creativo e innovador. Y, por último, se establecieron unas orientaciones didácticas relacionadas con las dimensiones observadas en la literatura, en pro de facilitar el diseño de SA que implementen ambos enfoques de manera interrelacionada.

DIMENSIONES DE CONVERGENCIA ENTRE LA INNOVACIÓN SOCIAL EDUCATIVA Y LA EDUCACIÓN STEAM TRANSDISCIPLINAR

Esta revisión narrativa estructurada propone una convergencia entre la ISE y la educación STEAM transdisciplinar. En la Tabla 1 se analizan las relaciones entre los estudios recopilados.

Tabla 1. Convergencia de dimensiones abordadas entre la ISE y la educación STEAM transdisciplinar.

DIMENSIONES ABORDADAS	ISE	EDUCACIÓN STEAM TRANSDISCIPLINAR
Resolución de problemas socialmente relevantes	Aprendizaje crítico orientado a la acción (Alden Rivers, 2016) integrando distintas disciplinas para concienciar en necesidades sociales (Wang y Horta, 2024).	El punto de partida del aprendizaje integrado y transdisciplinar de contenidos debe estar contextualizado en problemas reales basados en los intereses del alumnado (Quigley et al., 2017), con el objetivo de comprenderlos y resolverlos de manera colaborativa (Trott et al., 2020).

Colaboración con personal comunitario (escuela, familias, servicios sociales, etc.)	Docentes, estudiantes, familias, profesionales de la IS y personal de la comunidad local colaboran en pro de resolver problemas reales (Coma-Roselló et al., 2022; Kalemaki et al., 2021).	Lage-Gómez y Ros (2021) ha hecho partícipes a estudiantes, docentes (de distintas etapas educativas y disciplinas), profesionales de diversas **áreas** y familias, lo que ha generado motivación y significatividad en el aprendizaje.
Educación en valores cívicos, éticos y democráticos	Educación de la ciudadanía global crítica, en justicia social (Alden Rivers, 2016; Coma-Roselló et al., 2022), inclusión, desarrollo sostenible, igualdad, etc. (Maynard y Symonds, 2024).	Rahmawati et al. (2022) ha demostrado el uso coherente de dicho enfoque con la pedagogía basada en historias de dilemas éticos para resolver problemas medioambientales de su comunidad, generando en el alumnado una conciencia ética por la sostenibilidad y por el bienestar humano.
Pensamiento crítico, reflexivo, creativo e innovador	Responsabilidad para gestionar y movilizar los recursos materiales y personales (Coma-Roselló et al., 2022). Atributos por desarrollar como agentes de cambio en la sociedad (Alden Rivers, 2016).	Costantino (2018) ha establecido 13 competencias a desarrollar, por ejemplo, observar, imaginar, formar patrones, sintetizar, modelar y jugar. Dicho enfoque favorece la reflexión en valores, así como el razonamiento crítico, la colaboración y el compromiso activo (Rahmawati et al., 2022).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Es evidente que la ISE requiere de niveles integrados transdisciplinares que permitan abordar cuestiones como, por ejemplo, el cambio climático, la pobreza y la desigualdad, que precisan de multitud de campos de investigación y disciplinas. Prueba de ello, Kee et al. (2025) han abordado dos proyectos comunitarios, en los que el alumnado se ha asociado con profesionales de la industria, favoreciendo su compromiso por problemas de sostenibilidad; Barbieri et al. (2025) han desarrollado un laboratorio educativo 5.0 a través de una metodología transdisciplinar que unifica el pensamiento de diseño con la IS y la gestión de activos, lo que ha favorecido la colaboración, la creatividad, la toma de decisiones y la resiliencia; Betancourt (2025) ha investigado las intenciones en emprendimiento social, las habilidades en IS, la metacognición y la autoeficacia en la resolución de problemas sociales a través de prácticas en ISE, que han favorecido el pensamiento reflexivo e integrado y la colaboración comunitaria; Wao et al. (2022) han organizado un taller de aprendizaje-servicio en estudiantes de máster de disciplinas STEM para investigar su implicación en la lucha contra la pobreza, evaluando su mejora en pensamiento crítico y sensibilidad a las diferencias sociales, a través de la transdisciplinariedad; Echaubard et al. (2020) han llevado a cabo un proyecto que ha reunido a 100 docentes, directores, funcionarios y 500 estudiantes con el objetivo de mitigar la enfermedad del dengue, colaborando con miembros de la comunidad y diseñando material de sensibilización (carteles, canal de YouTube…).

En este aspecto, se van a establecer unas orientaciones didácticas interrelacionadas con las dimensiones de convergencia extraídas en la revisión, con el objetivo de guiar en el diseño de SA que implementen la ISE junto a la educación STEAM transdisciplinar. Para ello, a continuación, se presenta la Tabla 2 en la que se establecen cinco orientaciones didácticas.

Tabla 2. Orientaciones didácticas para guiar el diseño de SA en ISE y educación STEAM transdisciplinar.

ORIENTACIÓN DIDÁCTICA	CONCRECIÓN EN UNA SA	DIMENSIONES VINCULADAS
Aprendizaje basado en problemas o retos	En primer lugar, se debe partir de una necesidad real del entorno basada en los intereses del alumnado, estableciendo un reto o problema a resolver.	Resolución de problemas socialmente relevantes.
Organizar procesos de creación colaborativa con agentes externos en pro de sensibilizar a la comunidad	Incorporar la participación de familias, organizaciones sociales, profesionales, colectivos vulnerables, entre otros, tanto como colaboradores como destinatarios.	Colaboración con personal comunitario (escuela, familias, servicios sociales, etc.).

Integrar contenidos de diferentes disciplinas con el objetivo de impactar en la sociedad	Se debe presentar la conexión entre las diferentes disciplinas necesarias para abordar el problema, así como las metodologías didácticas para ello (Quigley et al., 2017).	Resolución de problemas socialmente relevantes. Pensamiento crítico, reflexivo, creativo e innovador.
Incorporar dilemas éticos a resolver	Interrelacionar dicho problema con un dilema ético (pobreza, salud, vivienda, etc.), en pro de generar reflexión en el aprendizaje, a través de un pensamiento social crítico (Rahmawati et al., 2022).	Educación en valores cívicos, éticos y democráticos. Pensamiento crítico, reflexivo, creativo e innovador.
Evaluación formativa y procesual sobre el aprendizaje y la colaboración, así como del impacto social	Establecer un proceso de autoevaluación, heteroevaluación y coevaluación entre todos los implicados, midiendo aspectos cognitivos, emocionales, conductuales y de compromiso activo (Kalemaki et al., 2021).	Pensamiento crítico, reflexivo, creativo e innovador

Por lo tanto, estas orientaciones pueden establecerse en tres fases de diseño de SA. Fase inicial, en la que se identifica el problema y necesidad social, escuchando a los destinatarios de su comunidad en pro de colaborar con estos en su resolución. Seguidamente en la fase de desarrollo, se trabaja en el diseño y creación los productos que integren aprendizajes de cualquier disciplina, a través, por ejemplo, de una campaña de sensibilización sobre un dilema ético relevante (reciclaje y contaminación). Por último, en la fase final, se comunican las propuestas a los destinatarios, para lo cual se ha debido realizar una evaluación formativa y sumativa durante todo el proceso, considerando a todos los implicados (estudiantes, docentes y personal externo) en pro de valorar tanto los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como el impacto social repercutido.

Nos planteamos la profundización de esta investigación preliminar, en la que ya estamos trabajando, en pro de diseñar, implementar y evaluar una SA sobre ISE y educación STEAM transdisciplinar que favorezca las dimensiones explicitadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alden Rivers, B. (2016). Social innovation education: Designing learning for an uncertain world. En P.M. Papadopoulos, R. Burger y A. Faria (Eds.), *Advances in Digital Education and Lifelong Learning, Innovation and Entrepreneurship in Education* (Vol. 2, pp. 75-90). Emerald Group Publishing Limited. https://doi.org/10.1108/S2051-229520160000002004

Barbieri, G., Zapata, F., y Roa De La Torre, J. D. (2025). Transforming Learning Environments: Asset Management, Social Innovation and Design Thinking for Educational Facilities 5.0. *Education Sciences*, *15*(8), 967. https://doi.org/10.3390/educsci15080967

Betancourt, I. O. (2025). Fostering Changemakers: The Impact of Transdisciplinary Social Entrepreneurship Education on Student Intentions and Skills in Mexican Higher Education. *European Journal of Social Science Education and Research*, *12*(3), 129-147. https://doi.org/10.26417/b4wqkr56

Coma-Roselló, T., Blasco-Serrano, A. C., y Echevarría del Álamo, A. B. (2022). Developing Critical Global-Citizenship through a Social Innovation project in an Elementary School. *International Journal of Sociology of Education*, *11*(2), 185-211. https://doi.org/10.17583/rise.9161

Costantino, T. (2018). STEAM by another name: Transdisciplinary practice in art and design education. *Arts Education Policy Review*, *119*(2), 100–106. https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1292973

Echaubard, P., Thy, C., Sokha, S., Srun, S., Nieto-Sanchez, C., Grietens, K. P., Juban, N. R., Mier-Alpano, J., Deacosta, S., Sami, M., Braack, L., Ramirez, B., y Hii, J. (2020). Fostering social innovation and building adaptive capacity for dengue control in Cambodia: a case study. *Infectious diseases of poverty*, *9*(1), 126. https://doi.org/10.1186/s40249-020-00734-y

European Commission. (2024). *EU-SIDE: European Social Innovation & Democratic Education*. Project Proposal 101196213. https://eu-side.eu/

Green, B. N., Johnson, C. D., y Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. *Journal of Chiropractic Medicine*, *5*(3), 101–117. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6

Kalemaki, I., Garefi, I., y Protopsaltis, A. (2021). Assessing the Impact of Social Innovation Education on Student's Engagement. *European Journal of Sustainable Development*, *10*(1), 389. https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p389

Kee, T., Kuys, B., y King, R.B. (2025). Foregrounding Design Thinking in Project-Based Learning amid the Transition to the New Normal. *The Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 19*(1). https://doi.org/10.14434/ijpbl.v19i1.34520

Lage-Gómez, C., y Ros, G. (2021). Transdisciplinary integration and its implementation in primary education through two STEAM projects. *Journal for the Study of Education and Development: Infancia y Aprendizaje*, *44*(4), 801-837. https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925474

Lyons, R. y Bender-Salazar, R. (2023). *Social Innovation Pedagogies and Sustainable Models for Future Entrepreneurs, Intrapreneurs, and Citizens*. Oxford Research Encyclopedia of Education. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.1812

Manzini, E. (2015). *Design, when everybody designs. An introduction to design for social innovation*. The MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/9873.001.0001

Maynard, A., y Symonds, J. E. (2024). Engaging in social innovation education: Reciprocal relations between student wellbeing and programme wellbeing outcomes. *European Journal of Education*, *59*, e12745. https://doi.org/10.1111/ejed.12745

Merino-Fernández, M. A., Ortiz-Revilla, J., y Greca, I. M. (2023). Diseño universal para el aprendizaje en educación STEAM* integrada: una experiencia en educación primaria. *Revista De Enseñanza De La Física*, *35*(2), 223-235. https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43733

Ortiz-Revilla, J., Ruiz-Martín, A. y Greca, I. M. (2023). Conceptions and Attitudes of Pre-School and Primary School Teachers towards STEAM Education in Spain. *Education Sciences, 13*(4), 377. https://doi.org/10.3390/educsci13040377

Quigley, C. F., Herro, D., y Jamil, F. M. (2017). Developing a Conceptual Model of STEAM Teaching Practices. *School Science and Mathematics*, *117*(1–2), 1–12. https://doi-org.ubu-es.idm.oclc.org/10.1111/ssm.12201

Rahmawati, Y., Taylor, E., Taylor, P. C., Ridwan, A., y Mardiah, A. (2022). Students' Engagement in Education as Sustainability: Implementing an Ethical Dilemma-STEAM Teaching Model in Chemistry Learning. *Sustainability, 14*(6), 3554. https://doi.org/10.3390/su14063554

Trott, C. D., Even, T. L., y Frame, S. M. (2020). Merging the arts and sciences for collaborative sustainability action: a methodological framework. *Sustainability Science*, *15*(4), 1067–1085. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00798-7

Wang, Y., y Horta, H. (2024). Teaching and Learning Social Innovation and Entrepreneurship in Higher Education: A Scoping Review. *Journal of Social Entrepreneurship*, 1–30. https://doi.org/10.1080/19420676.2024.2370837

Wao, H., Otendo, C.O., Syonguvi, J., Muriithi, P., Kadengye, D.T., y Brodin, E.M. (2022). Encouraging social innovation for combating poverty: master's students' gendered experiences with a service-learning intervention in Kenya and Uganda. *Studies in Graduate and Postdoctoral Education*, *13*(2), 171–187. https://doi.org/10.1108/SGPE-07-2021-0054

Wickson, F., Carew, A. L., y Russell, A. W. (2006). Transdisciplinary research: Characteristics, quandaries and quality. *Futures, 38*(9), 1046–1059. https://doi.org/10.1016/j.futures.2006.02.011

La identidad STEM en Educación Primaria: análisis del interés, la autoeficacia, las aspiraciones y la autoidentificación STEM del alumnado de 5º y 6º del País Vasco

Unai Coronel-Gastiain[1], Eider Goñi[2] y Arantza Rico[1]

[1] Departamento Didáctica de las Matemáticas, Ciencias Experimentales y Sociales; [2] Departamento Psicología Evolutiva y de la Educación. Universidad del País Vasco (EHU), España.

*Correspondencia: unai.coronel@ehu.eus

RESUMEN: La literatura reciente sitúa la identidad STEM del alumnado como un factor fundamental en el aprendizaje STEM. Aunque diversos estudios consideran la infancia como un momento decisivo en la formación de la identidad STEM, hasta ahora la mayoría de las investigaciones han prestado menor atención a la etapa de Educación Primaria. El presente estudio tiene como objetivo analizar la identidad STEM del alumnado de Educación Primaria, prestando especial atención a las dimensiones de *interés*, *autoeficacia* y *aspiraciones*, así como a la autoidentificación STEM. Para ello, se administró un cuestionario en proceso de validación a estudiantes de 5º y 6º de Educación Primaria (N = 213). Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y pruebas no paramétricas, para examinar posibles diferencias en función del género y del curso, y las diferencias en las dimensiones estudiadas según el nivel de autoidentificación STEM del alumnado. Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en las tres dimensiones analizadas en función del nivel de autoidentificación con STEM. A medida que aumenta la autoidentificación del alumnado con el ámbito STEM, también lo hacen los niveles de interés, autoeficacia y aspiraciones hacia estas áreas, siendo la asociación especialmente intensa en el caso de las aspiraciones. Los avances en la caracterización y evaluación de la identidad STEM abren nuevas vías para mejorar la educación STEM y hacerla más inclusiva.

PALABRAS CLAVE: identidad científica; identidad matemática; identidad en ingeniería; género

ABSTRACT: Recent literature places students' STEM identity as a fundamental factor in STEM learning. Although several studies consider childhood a critical stage in the development of STEM identity, most research has paid less attention to Primary Education. The present study aims to analyse the STEM identity of primary school students, paying particular attention to the dimensions of *interest*, *self-efficacy*, and *aspirations*, as well as to the variable of STEM self-identification. To this end, a questionnaire currently undergoing validation was administered to students in the 5th and 6th grades of Primary Education (N = 213). The data were analysed using descriptive statistics and non-parametric tests to examine possible differences according to gender and grade level, as well as differences in the studied dimensions according to students' level of STEM self-identification. The results show statistically significant differences in the three dimensions analysed according to students' level of STEM self-identification. As students' self-identification with STEM increases, their levels of interest, self-efficacy, and aspirations towards these areas also increase, with the association being particularly strong in the case of aspirations. Advances in the characterization and assessment of STEM identity open new avenues for improving STEM education and making it more inclusive.

KEYWORDS: scientific identity; mathematics identity; engineering identity; gender

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el interés por la educación STEM ha aumentado a nivel global, especialmente en el ámbito de la investigación y la innovación en didáctica de las ciencias (Grimalt-Álvaro y Couso, 2022). Además de su estrecha relación con las demandas del mundo laboral actual, la necesidad de la

educación STEM también está vinculada con aspectos fundamentales de todas las personas (Marrero et al., 2014), como, por ejemplo, la toma de decisiones en la vida cotidiana (Tate et al., 2012). En este contexto, la literatura reciente sitúa la identidad STEM del alumnado como un factor fundamental en el aprendizaje STEM.

Grimalt-Álvaro y Couso (2022) proponen entender la identidad STEM como un constructo paraguas que agrupa identidades específicas relacionadas con las diferentes áreas y disciplinas STEM, como la identidad matemática o la identidad vinculada a la biología. De hecho, diferentes investigaciones han puesto de manifiesto que el alumnado mantiene relaciones distintas con cada una de las áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), y que también existen diferencias dentro de las disciplinas que conforman cada una de estas áreas, por ejemplo, entre química o biología dentro la ciencia (Grimalt-Álvaro et al., 2022).

En cuanto a su estructura interna, en su revisión sobre los constructos más frecuentemente citados como componentes de la identidad STEM, Grimalt-Álvaro y Couso (2022) identificaron cuatro variables psicológicas principales: interés personal, capacidad, autoeficacia y aspiraciones. Partiendo de esa base, Grimalt-Álvaro et al. (2022) proponen un modelo de constelación compuesto por estas cuatro variables motivacionales y cognitivas con el objetivo de comprender mejor las relaciones entre las identidades asociadas a los distintos ámbitos y disciplinas STEM y la identidad STEM global. Las autoras plantean una relación recíproca entre *interés*, *capacidad*, *autoeficacia* y *aspiraciones* y sitúan, por encima de la constelación formada por estas dimensiones, la autoidentificación con STEM como una variable general y central (Grimalt-Álvaro et al., 2022). Grimalt-Álvaro y Couso (2022) sostienen que identificarse a uno mismo como una persona STEM resulta esencial para el desarrollo de la identidad STEM.

En este sentido, una identificación negativa con STEM no solo perjudica la diversidad de perfiles académicos y profesionales en este ámbito, sino que también condiciona el desarrollo de la alfabetización STEM del alumnado (Grimalt-Álvaro y Couso, 2022). Ante este riesgo, la investigación sobre identidad STEM resulta clave para mejorar la educación STEM y promover la equidad. Sin embargo, aunque diversos estudios consideran la infancia como un momento decisivo en la formación de la identidad STEM, hasta ahora la mayoría de las investigaciones se han centrado en etapas educativas posteriores a los 14 años, prestando menor atención a la etapa de Educación Primaria.

El objetivo general de este estudio es analizar la identidad STEM del alumnado de 5º y 6º de Educación Primaria en el País Vasco. A partir de este objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Describir los niveles de interés, autoeficacia y aspiraciones hacia las áreas STEM, así como los niveles de autoidentificación STEM del alumnado.
2. Analizar las diferencias en el interés, la autoeficacia, las aspiraciones y la autoidentificación STEM en función del género y del nivel educativo.
3. Examinar las diferencias en el interés, la autoeficacia y las aspiraciones STEM en función del nivel de autoidentificación STEM del alumnado.

MÉTODO

Participantes

En esta investigación participaron dos escuelas públicas de Álava seleccionadas mediante un muestreo por conveniencia, una situada en Vitoria-Gasteiz y otra, en un municipio de la Llanada Alavesa. Participaron un total de 213 estudiantes. De ellos, 131 pertenecían al centro de Vitoria-Gasteiz y 82, al centro del municipio de la Llanada Alavesa. La edad del alumnado se situó entre 10 y 13 años. En relación con el curso escolar, 104 estudiantes (48.8 %) cursaban 5º de Educación Primaria y 109 (51.2 %), 6º de Educación Primaria. En cuanto al género, 107 participantes (50.2 %) se identificaron como chicos y 100 (47 %), como chicas. Dos estudiantes (0.9 %) indicaron no identificarse ni como chico ni como chica, mientras que cuatro (1.9 %), prefirieron no proporcionar información sobre su identidad de género.

Instrumento

Para la recogida de datos se utilizó el "Cuestionario piloto para la evaluación de la identidad STEM del alumnado de Educación Primaria" (LH-STEMidG-P), actualmente en proceso de validación (Coronel-Gastiain et al., en prensa). Este instrumento se desarrolló a partir de la traducción y adaptación del QIDSTEM_12-18 (Grimalt-Álvaro y Couso, 2019; Grimalt-Álvaro et al., 2022). A partir de este instrumento se elaboró una versión en euskera para Primaria. La versión piloto utilizada en este estudio se estructuró en tres secciones principales:

(1) Un conjunto de ítems destinados a medir las cuatro dimensiones de la identidad STEM. La dimensión de *interés* se evaluó mediante siete ítems con escala Likert de cuatro puntos. Cinco de ellos hacían referencia al interés por diferentes temas y disciplinas del ámbito STEM, mientras que los dos restantes se referían al interés por asignaturas relacionadas con estas áreas en Educación Primaria: Conocimiento del medio natural, social y cultural y Matemáticas. La *autoeficacia* se evaluó mediante siete ítems con escala Likert de cuatro puntos orientados a valorar hasta qué punto el alumnado se percibía capaz de realizar con éxito actividades relacionadas con diferentes disciplinas STEM y de aprender contenidos vinculados a las asignaturas de Conocimiento del medio y Matemáticas. Las *aspiraciones* se midieron mediante cuatro ítems en escala Likert de cuatro puntos que recogían el grado de acuerdo del alumnado con afirmaciones relacionadas con la posibilidad de continuar estudiando o trabajar en el futuro en ámbitos vinculados a distintas disciplinas STEM. El cuestionario piloto también incluye dos ítems correspondientes a la dimensión de *capacidad*: uno relativo a la calificación en Conocimiento del medio natural, social y cultural y otro a la de Matemáticas. No obstante, estos ítems no se han incluido en los análisis presentados en este estudio, ya que en el proceso de validación preliminar no mostraron indicadores psicométricos adecuados.

(2) Un ítem específico para evaluar el nivel de autoidentificación del alumnado con el ámbito STEM, en el que se pedía al alumnado seleccionar la afirmación que mejor describe su relación con el ámbito STEM entre cuatro opciones que representaban distintos niveles de identificación: muy negativa, moderadamente negativa, moderadamente positiva y muy positiva.

(3) Un bloque de preguntas para recoger información sociodemográfica de los participantes, relativas a la edad, centro educativo, curso y género del alumnado.

Procedimiento

Tras obtener la autorización de los centros y el consentimiento informado de las familias o tutores legales del alumnado participante, se llevó a cabo la administración piloto del cuestionario durante el horario escolar. Para garantizar la uniformidad del procedimiento, tres investigadores acudieron a los centros y el alumnado completó el cuestionario de forma simultánea y guiada en una única sesión, utilizando los ordenadores del aula, mediante Google Forms. El profesorado tutor permaneció en el aula para ofrecer apoyo en caso necesario. Asimismo, se aseguró el anonimato de las respuestas y el carácter voluntario de la participación.

Análisis

En primer lugar, se realizaron análisis descriptivos para examinar los niveles de interés, autoeficacia, aspiraciones del alumnado hacia las áreas STEM, así como su nivel de autoidentificación con STEM. Para las primeras tres variables se calcularon medias y desviaciones típicas, mientras que para la variable de autoidentificación STEM se calcularon frecuencias y porcentajes.

Dado el carácter ordinal de las escalas utilizadas y la ausencia de normalidad en algunas variables, se optó por emplear pruebas no paramétricas para analizar las diferencias entre grupos. En concreto, se aplicó la prueba U de Mann–Whitney para comparar dos grupos independientes (género y nivel educativo) y la prueba H de Kruskal–Wallis con el fin de analizar las diferencias en interés, autoeficacia y aspiraciones en función del nivel de autoidentificación STEM del alumnado, y se hizo un análisis post hoc para identificar entre qué pares de grupos existen diferencias. Todos los análisis se realizaron mediante el software IBM SPSS Statistics (v.29).

RESULTADOS

1. Niveles de interés, autoeficacia, aspiraciones y autoidentificación STEM

Las puntuaciones obtenidas en las dimensiones analizadas muestran una tendencia general hacia valoraciones positivas. En la dimensión de interés, las medias de los ítems oscilaron entre 2.94 y 3.37, con desviaciones estándar comprendidas entre .80 y 1.01. En autoeficacia, las medias se situaron entre 2.90 y 3.25, con desviaciones estándar entre .70 y .99. Por su parte, las aspiraciones presentaron medias entre 2.83 y 3.12, con desviaciones estándar superiores a 1 en todos los casos. En conjunto, las medias de todos los ítems se situaron por encima del punto medio de la escala, lo que indica una tendencia general hacia valoraciones positivas en las tres dimensiones analizadas. No obstante, las puntuaciones más bajas se observaron en la dimensión de aspiraciones.

En relación con la autoidentificación con STEM, los resultados muestran que el 6.1 % del alumnado manifestó una identificación muy negativa, el 35.7 % una identificación moderadamente negativa, el 34.3 % una identificación moderadamente positiva y el 23.9 % una identificación muy positiva.

2. Diferencias en las dimensiones de la identidad STEM y en la autoidentificación con STEM según género y curso

En relación con el género (Tabla 1), en los resultados de la prueba U de Mann-Whitney se observaron diferencias estadísticamente significativas en la dimensión de autoeficacia. Los chicos presentaron rangos medios más altos que las chicas. En cambio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las dimensiones de interés ni aspiraciones, aunque en ambos casos los chicos mostraron rangos medios ligeramente superiores. En cuanto a la autoidentificación con STEM, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre chicos y chicas, si bien los chicos presentaron nuevamente rangos medios algo más elevados.

En cuanto al curso (5º y 6º de EP), no se observaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las dimensiones analizadas, ni tampoco en la autoidentificación con STEM.

Tabla 1. Resultados de la prueba U de Mann–Whitney en función del género

Género	Interés		Autoeficacia		Aspiraciones		Autoidentificación	
	RM	U(p)	RM	U(p)	RM	U(p)	RM	U(p)
Chico	110.44	4660.50	116.19	4045.50	110.90	4611.50	111.28	4571,50
Chica	96.22	(p=.107)	90.96	(p = .002)	96.62	(p = .084)	96.22	(p = .057)

Nota. RM = Rango Medio, U = U de Mann–Whitney

3. Diferencias en las dimensiones de la identidad STEM en función del nivel de autoidentificación STEM

Los resultados de la prueba H de Kruskal-Wallis mostraron diferencias estadísticamente significativas en las tres variables analizadas: interés ($H(3) = 39.94$, $p < .001$), autoeficacia ($H(3) = 23.30$, $p < .001$) y aspiraciones ($H(3) = 47.05$, $p < .001$). Los rangos medios muestran una tendencia clara: a medida que aumenta el nivel de autoidentificación con STEM, también aumentan los niveles de interés, autoeficacia y aspiraciones hacia las áreas STEM (Tabla 2), mostrando las aspiraciones la asociación más fuerte con la autoidentificación STEM.

Tabla 2. Rangos medios de interés, autoeficacia y aspiraciones por nivel de autoidentificación STEM

Autoidentificación	N	Interés	Autoeficacia	Aspiraciones
		RM	RM	RM
Muy negativa	13	66.73	71.77	71.04
Moderadamente negativa	76	82.55	88.99	77.54
Moderadamente positiva	73	111.62	111.12	114.92
Muy positiva	51	147.09	136.92	148.74

Nota. RM = Rango Medio

Además, los análisis post hoc indican que las diferencias entre el nivel de autoidentificación son significativas en todas las dimensiones, a excepción de las existentes entre la autoidentificación muy negativa y moderadamente negativa.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados muestran niveles relativamente altos de interés y autoeficacia hacia las áreas STEM en los últimos cursos de la Educación Primaria, lo que coincide con investigaciones previas que señalan que el alumnado suele mostrar niveles elevados de interés (Archer et al., 2010) y niveles adecuados de autoeficacia (Carrasco y del Barrio, 2002; Del Rosal y Bermejo, 2018) en esta etapa. En cambio, las aspiraciones relacionadas con STEM presentan puntuaciones más bajas. Este resultado es coherente con lo descrito por Grimalt-Álvaro y Couso (2022), quienes identifican las aspiraciones relacionadas con STEM como una variable especialmente determinante. En cuanto a la autoidentificación con STEM, la mayoría del alumnado se sitúa en niveles moderados de identificación, un resultado similar al observado en estudios previos con alumnado de Educación Secundaria (Grimalt-Álvaro et al., 2022), aunque en esta otra etapa se observa una mayor polarización de las identidades.

En relación con el género, los resultados muestran una tendencia a rangos más elevados en los chicos en todas las dimensiones analizadas y en la autoidentificación con STEM, con diferencias estadísticamente significativas únicamente en la autoeficacia. Este resultado es coherente con estudios previos que han identificado diferencias de género en las creencias de capacidad, también en las áreas STEM (Mamnoun et al., 2023). Por otra parte, no se observan diferencias significativas entre el alumnado de 5º y 6º de Educación Primaria, lo que podría explicarse por la proximidad entre ambos cursos, siendo el paso de Educación Primaria a Secundaria el momento en el que la literatura ha identificado cambios más marcados en variables como el interés (Archer et al., 2010) o la autoeficacia (Carrasco y del Barrio, 2002).

Finalmente, el resultado más relevante del estudio es la relación entre el nivel de autoidentificación con STEM y las tres dimensiones analizadas. En línea con el modelo propuesto por Grimalt-Álvaro y Couso (2022), los resultados muestran que, a medida que aumenta la autoidentificación del alumnado con el ámbito STEM, también aumentan sus niveles de interés, autoeficacia y aspiraciones. Además, las aspiraciones son la dimensión que presenta la asociación más intensa con la autoidentificación, lo que refuerza la idea de que la proyección del alumnado hacia posibles trayectorias STEM desempeña un papel especialmente relevante en el desarrollo de una identidad STEM positiva (Grimalt-Álvaro y Couso, 2022).

Para finalizar, conviene señalar que estos datos proceden de un estudio preliminar, ya que el instrumento utilizado se encuentra todavía en proceso de validación y se ha aplicado a una muestra relativamente pequeña seleccionada por conveniencia. Además, en esta ocasión no se ha incluido la dimensión de capacidad en los análisis debido al funcionamiento no óptimo de los ítems en la validación piloto (Coronel-Gastiain et al., en prensa). Una vez se complete el proceso de validación, el siguiente paso será aplicar

el cuestionario completo con una muestra más amplia y diversa, seleccionada mediante procedimientos de muestreo aleatorio. En cualquier caso, este trabajo contribuye a avanzar en la caracterización y evaluación de la identidad STEM aportando una herramienta de diagnóstico y evaluación del impacto de propuestas didácticas STEM en dicha identidad en el tercer ciclo de Educación Primaria, lo que permitirá mejorar la educación STEM y hacerla más inclusiva.

AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo se ha desarrollado gracias a la ayuda FPU 24/04680, de la que es beneficiario el primer autor, y la ayuda PID2024-159566NB-I00, ambas financiadas por MICIU/AEI/10.13039/501100011033.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Archer, L., Dewitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., y Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, *94*(4), 617–639. https://doi.org/10.1002/sce.20399

Carrasco, M. A., y del Barrio, M. V. (2002). Evaluación de la autoeficacia en niños y adolescentes. Psicothema, 14(2), 323–332. http://hdl.handle.net/11162/5025

Coronel-Gastiain, U., Goñi, E., y Rico, A. (en prensa). Lehen Hezkuntzako ikasleen STEM identitatea: galdetegi baten diseinua eta baliozkotze pilotua. En *Actas de las XXXII Jornadas de Psicodidáctica*. Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU).

Del Rosal, I., y Bermejo, M. L. (2018). Autoestima y autoeficacia de los alumnos de Educación Primaria en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, *2*(1), 329–336. https://doi.org/10.17060/ijodaep.2018.n1.v2.1322

Grimalt-Álvaro, C., Couso, D., Boixadera-Planas, E., y Godec, S. (2022). "I see myself as a STEM person": Exploring high school students' self-identification with STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, *59*(5), 720–745. https://doi.org/10.1002/tea.21742

Grimalt-Álvaro, C., y Couso, D. (2019). *Qüestionari per a la Caracterització de la Identitat en l'àmbit STEM a l'Educació Secundària (QIDSTEM_12-18)* [Cuestionario]. Universitat Autònoma de Barcelona. https://ddd.uab.cat/record/308892

Grimalt-Álvaro, C., y Couso, D. (2022). ¿Qué sabemos del posicionamiento STEM del alumnado? Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Investigación Educativa*, *40*(2), 531–547. http://dx.doi.org/10.6018/rie.467901

Mamnoun, S., Nfissi, A., y Naguim, M. (2023). Students' perceived academic self-efficacy by gender and subject domain. *Journal of Gender, Culture and Society*, *3*(1), 57–65. https://doi.org/10.32996/jgcs.2023.3.1.6

Marrero, M. E., Gunning, A. M., y Germain-Williams, T. (2014). What is STEM education?. *Global Education Review*, *1*(4), 1–7.

Tate, W. F., Jones, B. D., Thorne-Wallington, E., y Hogrebe, M. C. (2012). Science and the City: Thinking Geospatially about Opportunity to Learn. *Urban Education*, *47*(2), 399–433. https://doi.org/10.1177/0042085911429974

Riesgo percibido y compromiso ante la emergencia climática

Isabel Banos González [1], Carlos Martínez Román [2], Francisco Sánchez López [2], Moisés Birruezo Gutiérrez [3], Antonio González Carrión [3], María Ángeles García Fortes [1], Magdalena Valverde Pérez [1], Ana Navarro Ruiz [1]

[1] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España.

[2] IES Francisco Ros Giner, Lorca, España.

[3] IES Floridablanca, Murcia, España

* Correspondencia: ibbg1@um.es

RESUMEN: El trabajo analiza la relación entre la percepción del riesgo de la ciudadanía ante la emergencia que plantea el cambio climático (CC) y su disposición a actuar. Para ello, se ha desarrollado un estudio descriptivo no experimental, mediante encuesta en línea a 224 personas de 12 años en adelante, que incluía variables sociodemográficas, un índice de percepción del riesgo y una escala de disposición a actuar. Los datos se analizaron con estadística descriptiva e inferencial no paramétrica. Los resultados indican que la mayoría reconoce el problema, pero la percepción del riesgo es mayoritariamente moderada, mientras que un 41% muestra alta disposición a actuar. Se observa una relación positiva y significativa entre percepción del riesgo y disposición a actuar, de modo que quienes presentan mayor percepción del riesgo tienden a mostrar también una mayor disposición. Ni el género ni el lugar de residencia se relacionan con estas variables, pero las diferencias sí son estadísticamente significativas con la edad (mayor disposición en jóvenes-adultos y personas de mayor edad) y con el nivel educativo (percepción del riesgo y disposición a actuar más altas en quienes poseen estudios universitarios o de posgrado). Estos resultados refuerzan la relevancia de la educación y de las percepciones de riesgo como elementos clave para diseñar intervenciones educativas que favorezcan el compromiso climático individual y colectivo.

PALABRAS CLAVE: cambio climático; percepción del riesgo; disposición a actuar; ciudadanía

ABSTRACT: This study analyzes the relationship between citizens' perception of risk in the face of the emergency posed by climate change (CC) and their willingness to take action. To this end, a non-experimental descriptive study was conducted using an online survey of 224 people aged 12 and over. The survey included sociodemographic variables, a risk perception index, and a scale indicating willingness to act. The data were analyzed using non-parametric descriptive and inferential statistics. The results indicate that the majority recognize the problem, but their perception of risk is mostly moderate, while 41% show a high willingness to act. A positive and significant relationship was observed between risk perception and willingness to act, such that those with a higher risk perception also tended to show a greater willingness to act. Neither gender nor place of residence was related to these variables, but statistically significant differences were found with age (greater willingness among young adults and older adults) and with educational level (higher risk perception and willingness to act among those with university or postgraduate studies). These results reinforce the relevance of education and risk perceptions as key elements for designing educational interventions that promote individual and collective climate commitment.

KEYWORDS: climate change; risk perception; willingness to act; citizenship

INTRODUCCIÓN

La emergencia que plantea el cambio climático (CC) constituye uno de los principales desafíos socioambientales del siglo XXI. Sus múltiples impactos sobre los sistemas naturales, las sociedades humanas y las economías a escala global comprometen el futuro de nuestro planeta. El consenso científico acerca de su origen antropogénico y la necesidad urgente de adoptar medidas de mitigación

y adaptación ha sido ampliamente documentado en numerosos informes científicos desde el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023). Sin embargo, numerosos estudios señalan que estas medidas no dependen únicamente de transformaciones estructurales, sino también de las decisiones cotidianas de la ciudadanía (Matasci et al., 2021; Scherer et al., 2025). Desde los hogares se contribuye de manera decisiva a las emisiones globales y, por tanto, el comportamiento individual se considera en un factor clave en su reducción.

En este contexto, estudios recientes, como el de Andre et al. (2024), revelan que, si bien la mayoría de la ciudadanía reconoce la existencia del CC y apoya medidas para afrontarlo, con alta frecuencia existe una tendencia bastante generalizada a subestimar el grado de apoyo social real a las políticas climáticas, dificultando la acción colectiva. Lo que pondría de manifiesto que la respuesta social a este problema y el grado de compromiso adoptado para afrontarlo no depende únicamente de la evidencia científica disponible, sino también de la forma en que la ciudadanía percibe la problemática y el cómo se está actuando para mitigarla (Sinclair et al., 2025).

Entonces, la educación se convertiría en un elemento clave para ayudar a la población a establecer relaciones adecuadas entre las causas y consecuencias del CC y sus propios estilos de vida, favoreciendo la adopción de compromisos colectivos e individuales (UNESCO, 2021). Sin embargo, generar compromisos sostenidos y acciones sostenibles en la ciudadanía sigue siendo un desafío. Diversas investigaciones ponen de manifiesto la existencia de una brecha entre las actitudes ambientales y los comportamientos reales, conocida como 'value–action gap' (Portus et al., 2024).

El estudio de los factores que inciden en esta brecha señala la existencia de barreras de tipo cognitivo, como la percepción de que las acciones individuales tienen un impacto limitado, la incertidumbre sobre las consecuencias de las decisiones cotidianas o la idea de que otros actores no están actuando en la misma dirección (Hu et al., 2025). Asimismo, otros factores de tipo psicológico, como las normas sociales percibidas, las emociones ambientales o la identificación con valores proambientales, también estarían modulando significativamente la disposición de las personas a implicarse en acciones climáticas individuales y colectivas (Vieira et al., 2023). En este sentido, Ojala (2022) subraya que emociones como la preocupación, la esperanza o la ansiedad climática influyen en el grado de compromiso ambiental, especialmente entre la población joven. Evidenciándose que aquellos que no se preocupan por el CC, lo afrontan de manera menos constructiva, al menos desde la perspectiva del compromiso (Geraci et al., 2024). Y, al contrario, cuanto más preocupadas están las personas por el CC, mayor es la probabilidad de adoptar y apoyar acciones climáticas (Bouman et al., 2020). Por lo que estas emociones podrían actuar como motivadores de la acción climática. Sin embargo, no es menos cierto que si no se acompañan de percepciones de eficacia y de oportunidades reales de participación, también podrían generar sentimientos de impotencia (Hanss et al., 2025).

Entonces, comprender cómo estos factores cognitivos y psicológicos intervienen en la generación de compromisos en la ciudadanía ayudaría en el diseño de intervenciones educativas que promoviesen cambios de comportamiento y avanzar hacia sociedades más sostenibles. Entre estos factores, el riesgo percibido parece jugar un papel clave al articular dimensiones cognitivas y emocionales en la interpretación de la amenaza climática (Bouman et al., 2020). Incorporando a la valoración racional de la probabilidad o severidad de sus impactos, aspectos afectivos como la preocupación, la incertidumbre o la sensación de vulnerabilidad personal y colectiva. Como señalan estos autores, la percepción del riesgo, actuaría como un mediador que traduce el conocimiento científico sobre el CC en actitudes y comportamientos concretos, articulando la relación entre comprensión científica, juicio crítico y acción ciudadana.

Por lo que, en este trabajo, nos planteamos las siguientes preguntas de investigación:

i) ¿El riesgo percibido por la ciudadanía frente al CC está relacionado con su disposición a actuar para mitigarlo?

ii) ¿Las variables anteriores -riesgo percibido y disposición a actuar- tienen relación con el género, la edad, los estudios que han cursado y el lugar de residencia?

METODOLOGÍA

El estudio, enmarcado en el programa PROMETEO[1], responde a un diseño descriptivo no experimental con análisis cuantitativo de los datos, basado en una encuesta en línea distribuida a través de redes sociales y administrada mediante la plataforma Google Forms entre enero y marzo de 2026. La población objetivo fueron 224 habitantes de una localidad del sur de España. Por la dificultad del cuestionario, se decidió incluir participantes a partir de los 12 años, que completaron el cuestionario de forma íntegra. El muestreo fue no probabilístico e incidental, basado en la participación voluntaria en el cuestionario.

La encuesta abordaba, por un lado, factores sociodemográficos, como el género, la edad, estudios y lugar de residencia; y, por otro, preguntas encaminadas a medir:

- La percepción del riesgo frente al CC a través de 6 ítems adaptados del índice de precepción del riesgo de DeBono et al. (2012). Frente a cada uno de estos ítems se debían de posicionar en una escala tipo Likert de cuatro niveles (desde muy improbable hasta muy probable). Los ítems evaluaban tanto impactos a escala global como impactos percibidos a nivel personal o local. Para poder operacionalizar este índice, se estableció para cada participante un solo valor, sumando los distintos valores que habían marcado en cada uno de los ítems. De tal manera que establecimos que el índice de percepción del riesgo tendría un valor mínimo de 6 y un valor máximo de 24. El índice mostró una buena consistencia interna (α de Cronbach = 0,872). Adicionalmente, se utilizaron con fines descriptivos categorías relativas de percepción del riesgo dentro de la muestra analizada basadas en criterios normativos: bajo, medio y alto (Kaplan & Saccuzzo, 2001).

- La disposición de los participantes a adoptar conductas orientadas a la mitigación del cambio climático. A partir de DeBono et al. (2012) se adaptó una batería de 7 ítems que exploran el grado de disposición a realizar diferentes acciones cotidianas relacionadas con el consumo energético, la movilidad y la alimentación. Indicando en qué medida llevarían a cabo cada acción utilizando una escala tipo Likert de cuatro niveles (desde definitivamente no, hasta definitivamente sí). Para poder operacionalizar, se procedió como en el caso anterior. Para este caso, el valor mínimo se estableció en 7, y el máximo en 28. El índice mostró consistencia interna aceptable (α de Cronbach = 0,740). Igualmente se establecieron tres categorías de disposición actuar: bajo, medio y alto.

Los datos recogidos se analizaron mediante estadística descriptiva e inferencial no paramétrica, con un valor p<,05. En concreto, se usó rho de Spearman para correlacionar la percepción del riesgo y la disposición a actuar y Kruskal-Wallis para evaluar la relación entre estas variables y los grupos establecidos según los distintos factores sociodemográficos.

RESULTADOS

Respecto a la percepción del riesgo y la disposición a actuar

Los datos nos indican que, aunque la mayor parte del grupo reconoce la existencia del problema, la intensidad con la que se percibe el riesgo es más bien moderada, y sólo el 19% de la población participante tiene una percepción del riesgo alta. Mientras que, en general, existe una actitud relativamente favorable hacia la acción, presentando el 41 % una alta disposición a actuar.

Sin embargo, a medida que aumenta la percepción del riesgo, también se incrementa el porcentaje de población que manifiesta una alta disposición a actuar. Si bien, entre los que tienen un bajo y medio nivel de percepción de riesgo, en su mayoría presentan una disposición media a actuar. Los que tienen un nivel alto de percepción del riesgo en su mayoría tienen una alta disposición a actuar y, entre ellos, son muy minoritarios los que tienen una baja disposición. Esta relación positiva entre ambas variables -percepción del riesgo y la disposición a actuar- es estadísticamente significativa (r=,300; p <,001).

Respecto a los factores sociodemográficos

1 El programa Prometeo tiene como objetivo desarrollar la vocación investigadora y emprendedora del alumnado de primero de Bachillerato, participando en proyectos de investigación de las universidades (Fuente: https://programaseducativos.es/programa-prometeo/)

De los resultados obtenidos se desprende que tanto el género como el lugar de residencia -urbanos o rural- no guarda relación ni con cómo se percibe el riesgo frente al CC ni con la disposición a actuar frente a él. Sin embargo, cuando analizamos la relación que estas variables tienen con la edad, observamos que los niveles más altos de disposición a actuar tienden a concentrarse especialmente en los grupos de edad adulta-joven (19-29 años) y en los grupos de mayor edad. De hecho, entre 19 y 29 es donde más porcentaje con alta disposición a actuar (casi 9 de cada 10). Mientras que, en población menor de 18, apenas 2 de cada 10 muestra esta alta disposición. Así mismo, señalar que nadie entre los de 30 y 44 presenta una baja disposición a actuar. Esta relación entre la edad y la disposición a actuar es estadísticamente significativamente ($H(4)=19{,}908$; $p<{,}001$). Sin embargo, no existe relación entre la edad y el nivel de percepción del riesgo ($H(4)=6{,}969$; $p={,}138$)

Con respecto al nivel de estudios, se observa que es entre los universitarios donde mayor porcentaje de alta percepción del riesgo, más que entre los de posgrado, si bien entre estos últimos no hay ninguno que tenga una percepción baja (Figura 1). Mientras que, entre los de secundaria es donde menos porcentaje encontramos con una alta percepción del riesgo, la mitad que en formación profesional; aunque este grupo presenta un mayor porcentaje con un nivel bajo de percepción del riesgo. Esta relación entre los estudios y la percepción del riesgo es estadísticamente significativa ($H(3)= 12{,}636$; $p={,}005$).

Respecto a la disposición a actuar y el nivel de estudios, se observa que, a más nivel de estudios, mayor disposición a actuar frente al CC (Figura 1). De tal manera que, entre los que hay un mayor porcentaje de alta disposición es entre universitarios y con estudios de posgrado. De hecho, lo presenta en su mayoría. Sin embargo, entre los de posgrado hay más porcentaje con baja disposición que entre universitarios. Y, esta relación es estadísticamente significativa ($H(3)=13{,}215$; $p={,}004$).

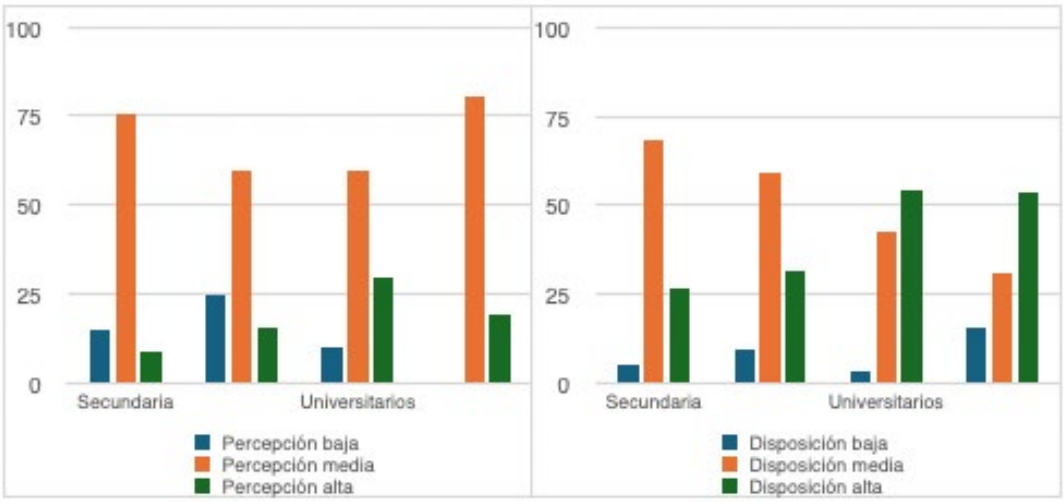


Figura 1. Percepción del riesgo y disposición a actuar según el nivel educativo

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que, aunque la mayoría de quienes participaron reconoce la existencia del problema del CC, la intensidad con la que se percibe el riesgo es predominantemente moderada. A pesar del creciente consenso científico sobre la gravedad de la crisis climática, la percepción social del riesgo suele situarse en niveles intermedios, especialmente cuando los impactos se perciben como lejanos o difusos en el tiempo y el espacio (Bouman et al., 2020; Sinclair et al., 2025). Una forma de distancia psicológica, que puede limitar la intensidad de la percepción del riesgo incluso cuando existe conciencia del problema. No obstante, los resultados muestran una relación positiva y significativa entre la percepción del riesgo y la disposición a actuar. A medida que aumenta la percepción del riesgo, también se incrementa la proporción de participantes que manifiestan una alta disposición a actuar. De hecho, numerosos estudios identifican la percepción del riesgo como un predictor muy consistente del comportamiento proambiental (Bouman et al., 2020; van Valkengoed et al., 2021).

Por otro lado, ni el género ni el lugar de residencia muestran una relación significativa con la percepción del riesgo o con la disposición a actuar. De hecho, aunque estas variables pueden influir en determinados contextos, su efecto suele ser menos consistente que el de factores psicológicos o educativos relacionados con valores, conocimientos o percepciones del riesgo (van Valkengoed et al., 2021). Sin embargo, sí es significativo que niveles más elevados de disposición a actuar se concentran especialmente entre los jóvenes-adultos y en los grupos de mayor edad. Precisamente, estudios recientes sugieren que el compromiso ambiental puede variar a lo largo de la vida, con mayores niveles en personas jóvenes, asociados a una mayor preocupación por el futuro, y en personas de mayor edad, vinculados a valores de responsabilidad intergeneracional y conservación de los recursos (Geraci et al., 2024). Por último, el nivel educativo se relaciona significativamente tanto con la percepción del riesgo como con la disposición a actuar, con niveles más elevados en participantes con estudios universitarios o de posgrado. La UNESCO (2021) señala que la educación desempeña un papel fundamental en la comprensión de los problemas socioecológicos y en el desarrollo de actitudes y comportamientos proambientales. En este sentido, el sistema educativo y el papel del profesorado adquieren una relevancia clave para promover procesos de alfabetización que contribuyan a fortalecer la relación entre conocimiento, percepción del riesgo y acción.

En conjunto, los resultados del estudio refuerzan la idea de que la transición hacia comportamientos más sostenibles no depende únicamente del acceso a información sobre el CC, sino también de factores relacionados con la percepción del riesgo y determinadas características educativas y generacionales. Estaríamos ante un modelo de interpretación multidimensional, donde la educación actuaría como catalizador del procesamiento de información y de la percepción del riesgo, mientras que la edad contribuiría de manera independiente a la disposición a actuar, probablemente modulando la motivación y la responsabilidad percibida hacia la acción. Por tanto, las estrategias educativas y comunicativas efectivas deberían combinar información clara y accesible sobre el CC con metodologías activas como el análisis de casos reales, la resolución de problemas socioambientales, el debate argumentado o el trabajo con noticias científicas, que favorezcan la reflexión crítica en situaciones de aprendizaje contextualizadas y cercanas a la realidad del alumnado, adaptadas a las distintas etapas educativas. Resultando pertinente, promover en la formación del profesorado el diseño de actividades que integren conocimiento científico, análisis del riesgo y toma de decisiones informadas, con el fin de fortalecer tanto la percepción del riesgo como la disposición a actuar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andre, P., Boneva, T., Chopra, F., y Falk, A. (2024). Globally representative evidence on the actual and perceived support for climate action. *Nature Climate Change*, *14*(3), 253-259. https://doi.org/10.1038/s41558-024-01925-3

Bouman, T., Verschoor, M., Albers, C. J., Böhm, G., Fisher, S. D., Poortinga, W., ... y Steg, L. (2020). When worry about climate change leads to climate action: How values, worry and personal responsibility relate to various climate actions. *Global environmental change*, *62*, 102061. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102061

DeBono, R., Vincenti, K., y Calleja, N. (2012). Risk communication: climate change as a human-health threat, a survey of public perceptions in Malta. *The European Journal of Public Health*, *22*(1), 144-149. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckq181

Geraci, A., Giordano, G., Cucinella, N., Cannavò, M., Cavarretta, M. V., Alesi, M., Caci, B., D'Amico, A., Gentile, A., Iannello, N. M., Ingoglia, S., Inguglia, C., Liga, F., Manna, G., Monzani, D., Polizzi, C., De Grazia, L., Vinci, I. M., y Papa, F. (2024). Psychological dimensions associated with youth engagement in climate change issues: A person-centered approach. *Current Psychology: A Journal for Diverse Perspectives on Diverse Psychological Issues, 43*(31), 25836–25846. https://doi.org/10.1007/s12144-024-06263-3

Hanss, D., Charles, A. O., Doran, R., Renkel, J. E., Müller, H., Albzour, M., ... y Yadav, R. (2025). Evidence for Motivated Control? Climate Change Related Distress is Positively Associated with Domain-specific Self-Efficacy and Climate Action. *Journal of Environmental Psychology, 106*, 102695. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2025.102695

Hu, C., Pan, W., Wen, L., y Pan, W. (2025). Can climate literacy decrease the gap between pro-environmental intention and behaviour?. *Journal of Environmental Management*, *373*, 123929. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123929

IPCC (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/

Kaplan, R. M., y Saccuzzo, D. P. (2001). *Psychological testing: Principles, applications, and issues* (5th ed.). Wadsworth/Thomson Learning.

Matasci, C., Gauch, M., Böni, H., y Wäger, P. (2021). The influence of consumer behavior on climate change: *The case of Switzerland*. *Sustainability, 13*(5), 2966. https://doi.org/10.3390/su13052966

Ojala, M. (2022). Commentary: Climate change worry among adolescents—on the importance of going beyond the constructive–unconstructive dichotomy to explore coping efforts—a commentary on Sciberras and Fernando (2021). *Child and Adolescent Mental Health*, *27*(1), 89-91. https://doi.org/10.1111/camh.12530

Portus, R., Aarnio-Linnanvuori, E., Dillon, B., Fahy, F., Gopinath, D., Mansikka-Aho, A., … y McEwen, L. (2024). Exploring the environmental value action gap in education research: a semi-systematic literature review. *Environmental Education Research*, *30*(6), 833–863. https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2314060

Scherer, L., van Sluisveld, M. A., Van Den Berg, N. J., Cap, S., Fuortes, A., de Jager, L., ... y van Valkengoed, A. M. (2025). Lifestyle change modelling for climate change mitigation: Complementary strengths, policy support, and research avenues. *Environmental Science & Policy*, *173*, 104256. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2025.104256

Sinclair, A.H., Cosme, D., Lydic, K., Reinero, D.A., Carreras-Tartak, J., Mann, M.E., y Falk, E.B. (2025). Behavioral interventions motivate action to address climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(20), e2426768122. https://doi.org/10.1073/pnas.2426768122

UNESCO. (2021). *Learn for our planet: A global review of how environmental issues are integrated in education*. Paris: UNESCO.

Van Valkengoed, A. M., Steg, L., y Perlaviciute, G. (2021). Development and validation of a climate change perceptions scale. *Journal of Environmental Psychology*, *76*, 101652. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101652

Vieira, J., Castro, S. L., y Souza, A. S. (2023). Psychological barriers moderate the attitude-behavior gap for climate change. *Plos one*, *18*(7), e0287404. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287404

Revisión sistemática de cuestionarios sobre conciencia oceánica. Resultados preliminares

Isabel María Cruz Lorite[1], Blanca Puig[2], Ángel Blanco López[3] y Maria Evagorou[4]*

[1*]Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza, España.

[2]Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela, España.

[3]Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España.

[4]Department of Education, University of Nicosia, Chipre

*Correspondencia: icruz@unizar.es

RESUMEN: El medio marino continúa siendo relativamente desconocido, tanto desde el ámbito científico como para la ciudadanía. Esto hace que conceptos relevantes en el ámbito educativo, como el de conciencia oceánica, estén aún poco desarrollados, limitando la disponibilidad de instrumentos específicos para su medida y análisis. Este trabajo muestra los resultados preliminares de una revisión sistemática de cuestionarios sobre conciencia oceánica, con el objetivo de identificar un instrumento adecuado para su uso en la enseñanza de la cultura oceánica en la educación formal. La revisión siguió el protocolo PRISMA y los documentos incluidos se analizaron mediante un sistema de categorías basado en el modelo de Chuliá (1995). Los resultados muestran que los instrumentos existentes se centran en aspectos cognitivos y afectivos, mientras que los conductuales reciben una atención menor y los actitudinales están prácticamente ausentes. Estos resultados ponen de manifiesto un desequilibrio en las dimensiones de la conciencia oceánica que suelen ser evaluadas y subrayan la necesidad de enfoques más amplios.

PALABRAS CLAVE: conciencia oceánica; cultura oceánica; revisión sistemática; cuestionarios

ABSTRACT: The marine environment remains relatively unknown, both within the scientific community and among the public. As a result, key educational concepts, such as ocean awareness, remain underdeveloped, limiting the availability of specific tools for their measurement and analysis. This work presents the preliminary results of a systematic literature review of questionnaires on ocean awareness, with the aim of identifying a suitable instrument for use in teaching ocean literacy within formal education. The review followed the PRISMA protocol, and the included documents were analysed using a categorisation system based on Chuliá's model (1995). The results show that existing instruments focus on cognitive and affective aspects, whilst behavioural aspects receive less attention, and attitudinal aspects are practically absent. These results highlight an imbalance in the dimensions of ocean awareness that are typically assessed and underscore the need for broader approaches.

KEYWORDS: ocean awareness; ocean literacy; systematic review; questionnaires

INTRODUCCIÓN

La cultura oceánica es un concepto que pone de relieve la interdependencia entre las sociedades humanas y el océano (NMEA, 2024), articulada en siete principios fundamentales:

1. La Tierra tiene un gran océano con muchas características.
2. El océano y la vida en el océano dan forma a las características de la Tierra.
3. El océano tiene una gran influencia en el tiempo y el clima.
4. El océano hace que la Tierra sea habitable.
5. El océano alberga una gran diversidad de vida y ecosistemas.

6. El océano y los seres humanos están inextricablemente interconectados.
7. El océano está en gran parte inexplorado.

La promoción de estos principios es un aspecto clave para la sostenibilidad del océano, la conservación de la biodiversidad marina y la salud del medio ambiente global, especialmente ante las crecientes amenazas derivadas del cambio climático (IPCC, 2021). Por ello, en los últimos años se han elaborado y difundido recursos para educadores, como la *OceanTeacher Global Academy* (UNESCO, 2024), aunque no han trascendido al ámbito de la educación formal ya que el océano es un tema que pasa desapercibido en los currículos (Fauville *et al.*, 2026). Por otro lado, los estudios en psicología ambiental llevan décadas apuntando a que la relación entre conocimiento y comportamiento es limitada (Murga, 2008), por lo que la promoción de la conciencia ambiental (y oceánica), debe considerar otros aspectos más allá de los cognitivos (valores, actitudes, comportamientos, etc.). Por ello, este trabajo se enmarca en una investigación más amplia sobre el diseño de propuestas didácticas para el fomento de la cultura oceánica en la enseñanza de las ciencias que integren aspectos cognitivos, afectivos, actitudinales y comportamentales. No obstante, esta integración requiere de instrumentos, todavía escasos, que permitan analizar la conciencia oceánica, tanto para el diseño de las propuestas didácticas como para el estudio de su efectividad en la mejora de la cultura oceánica del alumnado. Por ello, se ha realizado una revisión sistemática de la literatura sobre cuestionarios de conciencia oceánica, con el objetivo de identificar instrumentos que pueda ser aplicados en el ámbito educativo.

MARCO TEÓRICO

La conciencia ambiental es un concepto complejo en constante construcción. Por ello, se han desarrollado numerosos modelos que intentan definirla y operacionalizarla, proponiendo diferentes factores que la determinarían y sus posibles relaciones causales. La mayoría de los modelos propuestos coinciden en que la conciencia ambiental integra aspectos relacionados con los afectos, los conocimientos, las actitudes y los comportamientos, como el modelo planteado por Chuliá (1995) que propone cuatro dimensiones: afectiva (AF), cognitiva (COG), conativa (CON) y activa (AC). La autora hipotetizó una posible relación de dependencia entre estas dimensiones, en la que cada una se construiría sobre las anteriores de forma que: las personas que adoptan comportamientos públicos proambientales se comportarían individualmente de manera respetuosa con el medio ambiente (AC), mostrarían una propensión a hacer sacrificios para protegerlo (CON), serían capaces de identificar y relacionar causalmente los principales problemas ambientales (COG) y albergarían valores y sentimientos propicios para la conservación de la naturaleza (AF). Sin embargo, como indica Chuliá (1995), esto no implicaría necesariamente la secuencia inversa. En cualquier caso, los estudios empíricos parecen indicar que la formación de la conciencia ambiental no seguiría un proceso unidireccional ni fijo. Con independencia de la relación existente entre las dimensiones, algunos autores han propuesto indicadores específicos para operacionalizarlas. En la tabla 1 se exponen los indicadores propuestos por Jiménez y Lafuente (2006) para las dimensiones establecidas por Chuliá (1995).

Tabla 1. Modelo de conciencia ambiental basado en las dimensiones de Chuliá (1995) y los indicadores de Jiménez y Lafuente (2006).

DIMENSIÓN	INDICADOR
Afectiva	AF1. Adherencia a valores proambientales
	AF2. Grado en que el medio ambiente se percibe como un problema que requiere una intervención más o menos urgente
	AF3. Preocupación personal por el estado del medio ambiente
	AF4. Prioridad de los problemas medioambientales (clasificación jerárquica)
Cognitiva	COG1. Conocimiento especializado sobre causas y consecuencias de los problemas ambientales
	COG2. Conocimiento y opiniones sobre política ambiental
	COG3. Grado de información general de la persona sobre cuestiones ambientales (interés mostrado y grado en que se informa)

Conativa	CON1. Disposición a sumir costes de políticas ambientales
	CON2. Disposición a involucrarse en comportamientos proambientales
	CON3. Percepción de la acción individual como efectiva y de la responsabilidad individual
Activa	AC1. Comportamientos proambientales privados
	AC2. Conductas proambientales públicas o simbólicas

Finalmente, la conciencia ambiental es un constructo poco explorado en contextos específicos como el oceánico (Umuhire y Fang, 2016), por lo que no se encuentran muchos trabajos que desarrollen su conceptualización y operacionalización en dichos contextos. Desde la perspectiva del modelo de conciencia ambiental expuesto en este trabajo, definimos la conciencia oceánica como el conjunto de afectos, conocimientos, actitudes y comportamientos o acciones proambientales hacia el medio oceánico que desarrolla un individuo.

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una revisión sistemática de la literatura sobre instrumentos para evaluar la conciencia oceánica, planteándose los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar instrumentos sobre conciencia oceánica existentes en la literatura que integren distintas dimensiones de la conciencia ambiental.

2. Analizar la adecuación de los instrumentos recopilados para el contexto de la enseñanza de la cultura oceánica, utilizando un sistema de categorías basado en las dimensiones e indicadores propuestos por Chuliá (1995) y Jiménez y Lafuente (2006).

METODOLOGÍA

La revisión sistemática se realizó siguiendo el protocolo PRISMA (2024). Los criterios de elegibilidad incluyeron estudios teóricos y empíricos revisados por pares, publicados entre el 1 de enero de 2015 y el 7 de febrero de 2025, con el fin de abarcar principalmente el periodo posterior al impulso del concepto de cultura oceánica por parte de la UNESCO (2018), además de algunos años previos por si hubiera trabajos precursores pertinentes. Se consideraron documentos de todos los campos, poblaciones y contextos, siempre que el título o el resumen hicieran referencia explícita a la conciencia oceánica o marina, a dimensiones específicas de la conciencia ambiental (emociones, conocimientos, actitudes, comportamientos, etc.) o a problemáticas marinas concretas (contaminación por plásticos u otras sustancias, pérdida de biodiversidad, acidificación, etc.). No se aplicaron filtros iniciales de idioma, aunque finalmente solo se incluyeron trabajos en inglés o español. La fase de identificación se llevó a cabo realizando búsquedas en las bases de datos *ERIC*, *Web of Science* y *Scopus–ScienceDirect*. En cada una se efectuaron dos búsquedas con las palabras clave "ocean awareness" y "marine awareness". La fase de cribado se desarrolló en dos etapas. En la primera, uno de los autores realizó el cribado a partir de los títulos y los resúmenes utilizando la herramienta de inteligencia artificial *ASReview* (van de Schoot *et al.*, 2021). En la segunda, se leyeron los textos completos y se establecieron seis motivos de exclusión, resumidos a continuación: 1) ausencia de cuestionarios cuantitativos; 2) evaluación de una sola dimensión (p. ej., solo cognitiva); 3) cuestionarios sobre conciencia ambiental general tipo escala NEP (Dunlap *et al.*, 2000); 4) excesiva especificidad temática o territorial (p. ej., conciencia sobre cetáceos en Grecia); 5) falta de relación con la conciencia ambiental (p. ej., trabajos sobre comercio marítimo); y 6) idioma (ni inglés ni español). Para la recopilación y análisis de datos, cada pregunta de los cuestionarios incluidos en la revisión fue categorizada según el sistema de categorías basado en las dimensiones de Chuliá (1995) y los indicadores de Jiménez y Lafuente (2006) (tabla 1). La categorización fue realizada por un investigador en dos rondas separadas por más de dos meses, con el fin de evaluar la fiabilidad intraevaluador (Krippendorff, 2004). Se identificaron 192 unidades de análisis a las que inicialmente se les asignaron 198 códigos (las categorías no son mutuamente excluyentes). El grado de acuerdo alcanzó el 90,31%, con un coeficiente Kappa de Cohen de 0,90 ($p = 0.000$), considerado

casi perfecto (Landis y Koch, 1997). Tras discusiones entre los autores para resolver los desacuerdos, los códigos finales fueron 194. El análisis cualitativo se realizó con *Taguette 1.4.1* (Rampin y Rampin, 2021) y los análisis estadísticos con *Excel* y *Epidat v.4.2*.

RESULTADOS

La fase de identificación dio como resultado 175 registros, que finalmente fueron 157 tras eliminar los duplicados. En la primera etapa de selección se excluyeron 71 registros, por lo que los informes que se buscaron para su recuperación fueron 86. Se eliminó un registro duplicado que no se había detectado anteriormente y cuatro registros no fueron encontrados. Se evaluó la elegibilidad de 81 registros, tras lo cual 10 documentos fueron incluidos en la revisión: Gelcich *et al.* (2014), Chan y Tsai (2016), Littlejohn *et al.* (2016), Umuhire y Fang (2016), Andrews *et al.* (2018), Easman *et al.* (2018), Giovos *et al.* (2020), Fox *et al.* (2021), O'Halloran y Silver (2022) y Wootton *et al.* (2024) (por motivos de espacio no se incluyen las referencias de todos los trabajos analizados). En cuanto a la población objetivo de los cuestionarios, 3 fueron diseñados para público general adulto, 5 para alumnado de diferentes etapas (2 para universitarios, 1 para secundaria, 1 para primaria y 1 tanto para primaria como para secundaria), 1 para adultos en viajes en barcos turísticos y 1 para surfistas adultos. En cuanto al contenido de los cuestionarios, se categorizaron un total de 192 preguntas, de las cuales 137 eran relativas a las diferentes dimensiones de la conciencia oceánica (figura 1) y 55 eran sobre información demográfica. El número de preguntas de los cuestionarios oscila entre 40 y 4, siendo la mediana 11,5.

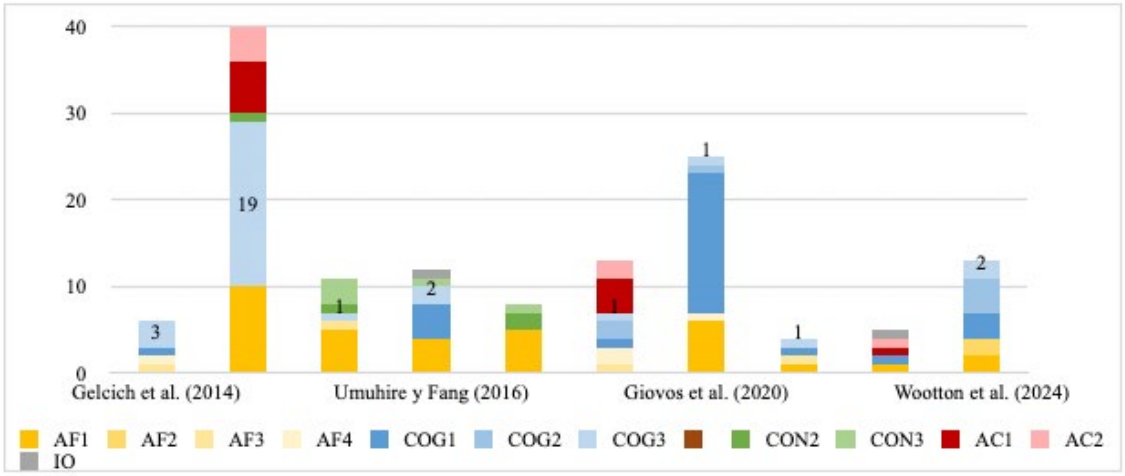


Figura 1. Resultados de las categorías encontradas en el análisis de los cuestionarios. Las etiquetas de datos para frecuencias iguales a 1 no se han incluido. No se representan las preguntas demográficas.

Considerando en conjunto todos los cuestionarios, se han encontrado preguntas sobre todos los indicadores contemplados en el modelo, excepto CON1, y, por tanto, sobre todas las dimensiones. Se identificaron algunas preguntas que no pudieron clasificarse en ningún indicador, ya que hacían referencia al posible efecto del océano en las personas, aspecto no contemplado en el esquema de análisis. Se decidió entonces incluir la nueva dimensión «Influencia del océano en las personas» (IO), aspecto que consideramos relevante registrar al tratarse de un punto clave del marco de cultura oceánica (UNESCO, 2018). El peso relativo de los indicadores dentro de cada dimensión muestra que la mayoría de las preguntas de la dimensión cognitiva se concentran en los indicadores COG1 (conocimiento especializado sobre problemas ambientales) y COG3 (grado de información y fuentes utilizadas). Ambos indicadores están presentes en prácticamente todos los cuestionarios, mientras que COG2 (conocimiento sobre política ambiental) solo aparece en dos de ellos. La dimensión afectiva está representada principalmente por el indicador AF1 (adherencia a valores proambientales), mientras que el resto de los indicadores afectivos (AF2, AF3 y AF4) tienen una presencia muy limitada. En cuanto a la dimensión activa, predomina el indicador AC1 (comportamientos proambientales de naturaleza privada) frente a AC2 (conductas públicas o simbólicas), aunque ambos aparecen solo en tres cuestionarios. Por último, la dimensión conativa se reduce a los indicadores CON3 (percepción de

la eficacia y la responsabilidad del comportamiento individual) y CON2 (disposición a involucrarse en varios comportamientos proambientales), presentes también en tres cuestionarios.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En términos generales, los cuestionarios analizados se centran en aspectos cognitivos, seguidos de los afectivos, mientras que los comportamentales y los actitudinales (que ocupan el último lugar) son los menos considerados. Además, solo uno de los cuestionarios incluyó preguntas correspondientes a las cuatro dimensiones contempladas en nuestro modelo de conciencia oceánica, aunque, al igual que ocurre en el resto, dichas dimensiones no tienen un peso equilibrado en los cuestionarios. Esto, sumado a que muchos de ellos no fueron diseñados para su uso en la educación formal, hace que no se haya considerado ninguno de ellos adecuado para su administración directa en las aulas. Como se indicó en la introducción, el potencial que presentan los aspectos cognitivos de la conciencia ambiental de los individuos para explicar la adopción de conductas ambientales responsables por parte de estos es limitado y factores como las emociones morales (Rees *et al.*, 2015), los costes percibidos (Hunecke *et al.*, 2001) o la eficacia atribuida a la acción individual (He y Zhan, 2018), considerados en otras dimensiones de la conciencia ambiental, se han visto más relevantes en relación con los comportamientos. Por ello, consideramos necesario diseñar un instrumento que: 1) atienda a todas las dimensiones que mayor consenso acumulan en la literatura sobre conciencia ambiental; 2) pueda ser administrado directamente en el ámbito educativo o ser fácilmente adaptable a diferentes etapas; y 3) sea coherente con un modelo de enseñanza que promueva la cultura oceánica desde un marco de pensamiento crítico integrador (p. ej., González-Costa *et al.*, 2025). Por ello, los resultados de esta revisión se utilizarán para generar una base de datos de preguntas, que serán revisadas para su posible inclusión, con o sin modificaciones, en el futuro instrumento.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la ayuda Bolsa de Viaje Posdoctoral 2025 de la Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales (APICE).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrews, S., Stocker, L. y Oechel, W. (2018). Underwater Photo-Elicitation: A New Experiential Marine Education Technique. *Australian Journal of Environmental Education, 34*(1), 33–60. doi:10.1017/aee.2018.17

Chen, C.-L. y Tsai, C.-H. (2016). Marine environmental awareness among university students in Taiwan: a potential signal for sustainability of the oceans. *Environmental Education Research, 22*(7), 958-977. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106159

Chuliá, E. (1995). La conciencia ambiental de los españoles en los noventa. *Analistas socio-políticos, 12*(a), 1-32. https://www.asp-research.com/es/node/412

Dunlap, R. E., Van Liere, K. D., Mertig, A. G. y Emmet Jones, R. (2000). Measuring endorsement of the new ecological paradigm: A revised NEP scale. *Journal of Social Issues, 56*(3), 425-442. https://doi.org/10.1111/0022-4537.00176

Easman, E. S., Abernethy, K. E. y Godley, B. J. (2018). Assessing public awareness of marine environmental threats and conservation efforts. *Marine Policy, 87*, 234-240. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.030.

Fauville, G., Strang, C., Skantz, E., Bjelvenmark, J. y Solli, A. (2026). Ocean Literacy in Science Curriculum: A Quantitative Content Analysis in Sweden. In: Kennedy, T.J. (eds.), *Ocean Literacy: The Foundation for the Success of the Ocean Decade, Volume I. Sustainable Development Goals Series.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-98145-6_15

Fox, N., Marshall, J. y Dankel, D. J. (2021). Ocean literacy and surfing: Understanding how interactions in coastal ecosystems inform blue space user's awareness of the ocean. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*, 5819. https:// doi.org/10.3390/ijerph18115819

Gelcich, S., Buckley, P., Pinnegar, J. K., Chilvers, J., Lorenzoni, I., Terry, G., Guerrero, M., Castilla, J. C., Valdebenito, A. y Duarte, C. M. (2014). Public awareness, concerns, and priorities about anthropogenic impacts on marine environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) of the United States of America, 111*(42), 15042-15047. https://doi.org/10.1073/pnas.1417344111

Giovos, I., Moutopoulos, D. K., Charitou, A. y Gonzalvo, J. (2020). Primary school students' awareness about cetaceans in Greece. *Applied Environmental Education & Communication, 19*(1), 101-115. https://doi.org/10.1080/1533015X.2018.1523694

González-Costa, I., Puig, B. y Blanco-Anaya, P. (2025). Investigación basada en el diseño para la promoción de Criticality: una propuesta Una Salud. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 23*(1), 1801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1801

He, X. y Zhan, W. (2018). How to activate moral norm to adopt electric vehicles in China? An empirical study based on extended norm activation theory. *Journal of Cleaner Production, 172*, 3546–3556. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.088

Hunecke, M., Blöbaum, A., Matthies, E. y Höger, R. (2001). Responsibility and environment: Ecological norm orientation and external factors in the domain of travel mode choice behavior. *Environment and Behavior, 33*(6), 830-852. https://doi.org/10.1177/00139160121973269

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2021). *Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896

Jiménez, M. y Lafuente, R. (2006). La operacionalización del concepto de conciencia ambiental en las encuestas. In R. de Castro (Coord.) *Persona, Sociedad y Medio Ambiente* (pp. 121-150). Junta de Andalucía. http://bitly.ws/u3RD

Krippendorff K., (2004). Reliability in Content Analysis: Some Common Misconceptions and Recommendations. *Human Communication Research, 30*(3), 411-433. https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2004.tb00738.x

Landis, J. R. y Koch, G. G. (1997). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*, 159-174. https://doi.org/10.2307/2529310

Littlejohn, K., Needham, M. D., Szuster, B. W., & Jordan, E. J. (2016). Pre-trip expectations and post-trip satisfaction with marine tour interpretation in Hawaii: Applying the norm activation model. *The Journal of Environmental Education, 47*(3), 202-212. https://doi.org/10.1080/00958964.2016.1162132

Murga, M. A. (2008). Percepciones, valores y actitudes ante el desarrollo sostenible. Detección de necesidades educativas en estudiantes universitarios. *Revista Española de Pedagogía, 66*(240), 327-344. https://doi.org/10.22550/2174-0909.2415

National Marine Educators Association [NMEA]. (2024). The essential principles and fundamental concepts of ocean science. https://www.marine-ed.org/ocean-literacy/essential-principles

O'Halloran, C. y Silver, M. (2022). Awareness of ocean literacy principles and ocean conservation engagement among American adults. *Frontiers in Marine Science, 9*, 976006. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.976006

PRISMA. (2024). PRISMA for systematic review protocols (PRISMA-P). https://www.prisma-statement.org/protocols

Rampin, R. y Rampin, V. (2021). Taguette: open-source qualitative data analysis. *Journal of Open Source Software, 6*(68), 3522. https://doi.org/10.21105/joss.03522

Rees, J. H., Klug, S. y Bamberg, S. (2015). Guilty conscience: Motivating pro-environmental behavior by inducing negative moral emotions. *Climatic Change, 130*, 439-452. https://doi.org/10.1007/s10584-014-1278-x

Umuhire, M. L. y Fang, Q. (2016). Method and application of ocean environmental awareness measurement: Lessons learnt from university students of China. *Marine Pollution Bulletin, 102*(2), 289-294. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.067

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (2018). Ocean literacy portal. https://oceanliteracy.unesco.org/

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (2024). OceanTeacher Global Academy. https://classroom.oceanteacher.org/

van de Schoot, R., de Bruin, J., Schram, R., Zahedi, P., de Boer, J., Weijdema, F., Kramer, B., Huijts, M., Hoogerwerf, M., Ferdinands, G., Harkema, A., Willemsen, J., Ma, Y., Fang, Q., Hindriks, S., Tummers, L. y Oberski, D. (2021). An open source machine learning framework for efficient and transparent systematic reviews. *Nature Machine Intelligence, 3*, 125-133 (2021). https://doi.org/10.1038/s42256-020-00287-7

Wootton, N., Nursey-Bray, M., Holland, S. y Gillanders, B. M. (2024). Better understanding ocean awareness: Insights from young people. *Marine Policy, 164*, 106159. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106159

Cuestionario para analizar el grado de alfabetización ambiental que tiene el profesorado en activo y su modelo de enseñanza

Sandra María Ramos Ballesteros[1], Emilio Solís Ramirez[2], Soraya Hamed Al-Lal[3], Alicia Guerrero Fernández[4] Lidia López Lozano[5]

[1, 2, 3, 4, 5] Departamento de Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España

* Correspondencia: sramos1@us.es

RESUMEN: Este trabajo[1] presenta el diseño y la validación de contenido de un cuestionario elaborado para analizar el grado de alfabetización ambiental (en adelante ALFAM) del profesorado en activo y el modelo de enseñanza con el que se identifica en su práctica docente. El instrumento se basa en un marco conceptual que integra conocimientos y habilidades, actitudes y emociones, comportamientos ambientales y dimensiones vinculadas a los enfoques de enseñanza.

El estudio comenzó con una revisión bibliográfica sobre ALFAM del profesorado en activo y sobre la validación de cuestionarios afines. Para garantizar su adecuación, se sometió a un proceso de validación de contenido mediante juicio de expertos. Seguidamente, se elaboró un primer cuestionario que fue evaluado por ocho especialistas mediante una escala tipo Likert, valorando la claridad y pertinencia de cada ítem.

Para el análisis de los datos se emplearon estadísticos descriptivos y diversos índices psicométricos, entre los que destacan el coeficiente V de Aiken, el Índice de Validez de Contenido (IVC) y el Coeficiente de Validez de Contenido (CVC), con el fin de estimar el grado de acuerdo y adecuación de los ítems a las dimensiones teóricas definidas, respectivamente.

Estos resultados servirán de base para introducir mejoras en el instrumento, que se pondrá a prueba en una fase piloto posterior.

PALABRAS CLAVE: alfabetización ambiental; profesorado en activo; validación de cuestionarios; juicio de expertos; educación ambiental

ABSTRACT: This study presents the design and content validation of a questionnaire developed to analyse the level of environmental literacy (hereafter ALFAM) among in-service teachers and the teaching model with which they identify in their professional practice. The instrument is based on a conceptual framework that integrates knowledge and skills, attitudes and emotions, environmental behaviours, and dimensions linked to teaching approaches.

The study began with a literature review on ALFAM in in-service teachers and on the validation of related questionnaires. To ensure the adequacy of the instrument, a content validation process was carried out through expert judgment. Subsequently, an initial version of the questionnaire was developed and evaluated by eight specialists using a Likert-type scale, assessing the clarity and relevance of each item.

For data analysis, descriptive statistics and several psychometric indices were employed, including Aiken's V coefficient, the Content Validity Index (CVI) and the Content Validity Coefficient (CVC), with the aim of estimating the degree of agreement and the adequacy of the items to the theoretical dimensions defined.

These results will serve as a basis for introducing improvements into the instrument, which will be tested in a subsequent pilot phase.

1 Este trabajo es parte del Proyecto de I+D+i "Alfabetización ambiental en educación infantil, primaria y secundaria: Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje y Prácticas Clave para promover Progresiones de Aprendizaje (PID2024-158589NB-I00)" financiado por el Ministerio de Ciencias, Innovación y Universidades.

KEYWORDS: environmental literacy; in-service teachers; questionnaire validation; expert judgment; environmental education.

INTRODUCCIÓN

La actual crisis socioecológica plantea importantes desafíos para los sistemas educativos, que deben preparar a la ciudadanía para comprender la complejidad de los problemas ambientales y actuar ante ellos. En este contexto, la educación ambiental se considera una herramienta clave para promover procesos educativos orientados hacia la sostenibilidad, la resiliencia socioecológica y la transformación ecosocial (García Díaz et al., 2019).

Un concepto clave dentro de este ámbito es la ALFAM, entendida como el conjunto de conocimientos, actitudes, habilidades y comportamientos que permiten reconocer las relaciones entre sociedad y entorno, así como actuar de forma responsable ante los desafíos ambientales (Roth, 1992; Coyle, 2005). Desde este enfoque, la ALFAM va más allá de la mera adquisición de contenidos; integra también aspectos emocionales y conductuales relacionados con la toma de decisiones y la participación en la mejora del medio.

En el contexto educativo, el profesorado desempeña un papel decisivo en el desarrollo de la ALFAM del alumnado. Sus conocimientos, creencias, valores y prácticas influyen directamente en cómo los estudiantes interpretan los problemas ambientales y en las actitudes que adoptan hacia su entorno. Por esta razón, distintos estudios subrayan la importancia de analizar el grado de ALFAM del profesorado e impulsar su desarrollo a lo largo de la formación docente (Álvarez-García, Sureda-Negre y Comas-Forgas, 2015).

A pesar de su relevancia, la literatura evidencia que aún son escasos los instrumentos validados que permiten evaluar adecuadamente la ALFAM docente. En los últimos años se han elaborado algunos cuestionarios, sobre todo en formación inicial, como los trabajos de Álvarez-García et al. (2018) y el cuestionario diseñado por Guerrero Fernández et al. (2022a; 2022b; 2024). Estos estudios muestran la necesidad de contar con herramientas fiables que permitan avanzar en la comprensión de este constructo.

También se han tenido en cuenta otros trabajos que han elaborado instrumentos o propuestas relacionadas con la ALFAM del profesorado. Por ejemplo, el análisis desarrollado por Rivero García et al. (2024) ha servido como referencia para plantear algunas de las dimensiones que se recogen en nuestro estudio, ya que ofrece una visión amplia sobre la ALFAM del futuro profesorado. De la misma manera, se han considerado las aportaciones de Rivero García et al. (2012) sobre los modelos de enseñanza que han ayudado a apoyar la estructura del cuestionario, especialmente en lo que se refiere a cómo se entienden los contenidos, las ideas del alumnado, la metodología y la evaluación.

De forma complementaria, trabajos recientes como el de Díez Ojeda et al. (2024) resaltan la importancia de abordar la educación científica desde una perspectiva ecosocial, algo que refuerza la necesidad de contar con instrumentos que permitan conocer cómo entiende el profesorado estas cuestiones.

En esta línea, diversos estudios han señalado que las concepciones pedagógicas del profesorado no dependen únicamente de sus conocimientos, sino también de factores emocionales que influyen en la manera de enseñar. Chen (2019) pone de manifiesto que las emociones del profesorado se relacionan significativamente con los enfoques de enseñanza adoptados, condicionando la orientación hacia modelos más tradicionales o hacia enfoques más constructivistas e investigativos. Considerar esta dimensión resulta especialmente relevante en el ámbito de la educación ambiental, donde la implicación personal, los valores y las emociones influyen en la forma en que se abordan los problemas socioambientales en el aula.

La construcción de este tipo de instrumentos requiere la aplicación de metodologías rigurosas que aseguren su validez y fiabilidad. En este sentido, el juicio de expertos se ha consolidado como uno de los procedimientos más utilizados para la validación de contenido, al permitir evaluar la pertinencia, claridad y adecuación de los ítems que conforman un cuestionario (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008; Cabero y Llorente, 2013).

A partir de este planteamiento, resulta imprescindible elaborar un cuestionario que permita analizar la ALFAM y el modelo de enseñanza del profesorado.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como finalidad diseñar y validar el contenido de un cuestionario dirigido al profesorado en activo de Educación Infantil, Primaria y Secundaria, con el propósito de analizar su grado de ALFAM y el modelo de enseñanza con el que se identifican en su práctica docente.

METODOLOGÍA

El diseño del cuestionario partió de una revisión bibliográfica sobre ALFAM del profesorado, modelos de enseñanza y validación de instrumentos afines. Esta revisión permitió identificar dimensiones teóricas relevantes y seleccionar cuestionarios previos validados que sirvieron como referencia para la construcción del instrumento, como el Cuestionario de dimensiones ambientales (CDA) Guerrero Fernández et al. (2022a; 2022b; 2024) y el cuestionario utilizado en el proyecto APENCIP (APrender a ENseñar CIencias en Primaria) sobre modelos de enseñanza de las ciencias (Rivero García et al. 2012). Estas aportaciones facilitaron la delimitación de las dimensiones y categorías que conforman la estructura final del cuestionario.

A partir de dichas dimensiones se elaboró una primera versión del cuestionario organizada en tres grandes bloques. El primero recoge variables demográficas y profesionales del profesorado, tales como edad, género, etapa educativa, formación previa en educación ambiental y experiencia en programas o actividades relacionadas. Este bloque consta de seis ítems y permite contextualizar las respuestas posteriores.

El segundo bloque incluye las dimensiones de ALFAM, seleccionadas a partir del cuestionario de Dimensiones Ambientales (CDA), cuyos ítems mostraron propiedades psicométricas adecuadas en estudios previos. Estas dimensiones abarcan conocimientos y habilidades, actitudes y emociones, y comportamientos ambientales. En total, este bloque integra veintitrés ítems distribuidos en función de las tres dimensiones mencionadas.

El tercer bloque corresponde al modelo de enseñanza del profesorado. Para su construcción se tomaron como base los ítems validados del proyecto APENCIP, organizados en torno a las categorías de contenidos, ideas del alumnado, metodología y evaluación. A estas se añadió una quinta categoría relacionada con las emociones en la enseñanza de las ciencias, de modo que la dimensión emocional aparece en ambos ámbitos del cuestionario. Cada categoría incluye cuatro ítems contrapuestos entre sí, representando, por un lado, un enfoque tradicional y, por otro, un modelo basado en la investigación escolar. Este bloque está compuesto por veinte ítems.

En conjunto, el cuestionario consta de cuarenta y nueve ítems. Para evaluar su validez de contenido se llevó a cabo un proceso de juicio de expertos. Participaron ocho especialistas en educación ambiental, didáctica de las ciencias y profesorado en activo, quienes valoraron la claridad y la pertinencia de cada ítem mediante una escala tipo Likert, además de disponer de un espacio para observaciones cualitativas.

Para el análisis de los datos se calcularon estadísticos descriptivos (media, moda y desviación típica) con el fin de examinar la tendencia central, la dispersión y el grado de acuerdo entre los expertos. Asimismo, se emplearon índices psicométricos ampliamente utilizados en estudios de validación de contenido, como el coeficiente V de Aiken (Aiken, 1980, 1985), el Índice de Validez de Contenido (IVC) y el Coeficiente de Validez de Contenido (CVC), siguiendo las recomendaciones metodológicas de Escobar y Cuervo (2008) y Hernández-Nieto (2002). Estos indicadores permitieron estimar el grado de adecuación de los ítems a las dimensiones teóricas definidas, así como identificar aquellos que requerían revisión.

Finalmente, las contribuciones cuantitativas y cualitativas realizadas por los expertos guiaron la revisión del instrumento, incorporándose las modificaciones oportunas para mejorar la claridad semántica, la

coherencia con las dimensiones teóricas y la adecuación conceptual de los ítems. Esta revisión dio lugar a una segunda versión del cuestionario, más depurada y ajustada, que se encuentra lista para la aplicación piloto y el posterior análisis de fiabilidad. La presente comunicación recoge los resultados correspondientes a esta primera fase del proceso de validación de contenido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las valoraciones realizadas por los ocho expertos permitieron obtener una estimación precisa del grado de adecuación del cuestionario en términos de claridad y pertinencia. En la Tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos y los índices psicométricos asociados a cada ítem (CVC, RVC, IVC y V de Aiken), diferenciando entre ambos criterios. Los resultados muestran una tendencia general muy positiva en la comprensión y relevancia de los ítems del instrumento.

A fin de sintetizar la información, se presenta una tabla resumen con los promedios de los estadísticos obtenidos para cada dimensión, en lugar de listar los resultados ítem por ítem.

Claridad

Dimensión								
Datos demográficos	Nº ítems	Media	Desv	Moda	RVC	IVC	V Aiken	V de A Global
	9,00	4,62	0,70	5,00	1,00	0,92	0,90	0,93
Dimensiones ambientales	Nº ítems	Media	Desv	Moda	RVC	IVC	V Aiken	V de A Global
Conocimientos y habilidades	5,00	4,98	0,07	5,00	1,00	1,00	0,99	0,97
Actitudes y emociones	13,00	4,75	0,66	5,00	1,00	0,95	0,94	0,92
Comportamientos	5,00	3,47	1,47	4,60	1,00	0,69	0,62	0,74
Contenidos	4,00	4,63	0,66	5,00	1,00	0,93	0,91	0,93
Modelos de enseñanza	Nº ítems	Media	Desv	Moda	RVC	IVC	V Aiken	V de A Global
Ideas del alumnado	4,00	4,83	0,31	5,00	1,00	0,97	0,96	0,97
Metodología de enseñanza	4,00	4,72	0,58	5,00	1,00	0,94	0,93	0,96
Evaluación	4,00	4,75	0,59	5,00	1,00	0,95	0,94	0,97
Emociones	3,00	4,87	0,26	5,00	1,00	0,97	0,97	0,98

Tabla 1. Estadísticos descriptivos agregados e índices de validez de contenido por dimensiones.

Pertinencia

Dimensión								
Datos demográficos	Nº ítems	Media	Desv	Moda	RVC	IVC	V Aiken	V de A Global
	9,00	4,85	0,38	5,00	1,00	0,97	0,96	0,93
Dimensiones ambientales	Nº ítems	Media	Desv	Moda	RVC	IVC	V Aiken	V de A Global
Conocimientos y habilidades	5,00	4,80	0,42	5,00	1,00	0,96	0,95	0,97
Actitudes y emociones	13,00	4,74	0,58	5,00	1,00	0,95	0,94	0,92
Comportamientos	5,00	4,50	0,82	5,00	1,00	0,90	0,88	0,74
Contenidos	4,00	4,78	0,29	5,00	1,00	0,96	0,95	0,93
Modelos de enseñanza	Nº ítems	Media	Desv	Moda	RVC	IVC	V Aiken	V de A Global
Ideas del alumnado	4,00	4,94	0,17	5,00	1,00	0,99	0,99	0,97
Metodología de enseñanza	4,00	4,97	0,08	5,00	1,00	0,99	0,99	0,96
Evaluación	4,00	5,00	0,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,97
Emociones	3,00	5,00	0,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,98

A nivel global, el Índice de Validez de Contenido (IVC) alcanza un valor de 0,93 para la claridad y de 0,97 para la pertinencia, lo que refleja un acuerdo elevado entre los expertos y sitúa la calidad del cuestionario claramente por encima del umbral recomendado en la literatura, que establece valores aceptables a partir de 0,80 (Hernández-Nieto, 2002). Estos valores globales indican que, en conjunto, los ítems presentan una formulación adecuada y una correspondencia consistente con las dimensiones teóricas que se pretende evaluar.

En la misma línea, los valores del coeficiente V de Aiken muestran una distribución favorable, superando en la mayoría de los casos el valor de referencia de 0,70, considerado adecuado para paneles de ocho jueces (Merino y Livia, 2009). Los valores más altos se concentran en los bloques de datos demográficos, conocimientos y habilidades y en buena parte de las dimensiones actitudinales y emocionales, donde se observa un alto grado de consenso entre los expertos con relación a la pertinencia y claridad. En particular, la pertinencia presenta valores especialmente altos y homogéneos, lo que confirma la adecuación de los ítems para representar los constructos definidos.

En el análisis por bloques, los datos demográficos alcanzan puntuaciones óptimas, con IVC = 1 tanto en claridad como en pertinencia, evidenciando consenso total entre los expertos. Las dimensiones de ALFAM muestran valores robustos en todas sus dimensiones: conocimientos y habilidades, actitudes y emociones, y comportamientos. No obstante, el bloque de comportamientos es el que presenta mayor variabilidad en claridad, con algunos ítems ligeramente por debajo de la media del cuestionario, aunque manteniendo una pertinencia elevada (IVC = 1). Este patrón sugiere que, si bien la dimensión conductual es conceptualmente adecuada, ciertos ítems requieren matices en su redacción para mejorar su comprensión sin comprometer su relevancia. En el caso de los ítems de modelo de enseñanza y las dimensiones que lo componen, también se alcanzan puntuaciones óptimas en claridad y pertinencia, donde prácticamente no hay ningún ítem que presente una variabilidad mayor del 0,5.

Los comentarios cualitativos aportados por los expertos refuerzan esta interpretación. En general, las observaciones se centraron en aspectos de redacción, precisión terminológica o adecuación contextual de algunos ítems, especialmente aquellos que integran formulaciones más abiertas o que aluden a comportamientos que pueden interpretarse de maneras diversas. Estas aportaciones serán consideradas en fases posteriores para optimizar la claridad y la coherencia interna del instrumento.

En conjunto, los resultados indican que el cuestionario presenta una validez de contenido muy alta, especialmente en lo relativo a su pertinencia, y se encuentra en una fase adecuada para avanzar hacia la implementación de una prueba piloto y el análisis de su fiabilidad interna.

CONCLUSIONES

Los resultados del juicio de expertos muestran que el cuestionario presenta una validez de contenido elevada, especialmente en lo relativo a la pertinencia de los ítems, que alcanza valores homogéneos y muy altos en todas las dimensiones. La claridad también obtiene puntuaciones satisfactorias, aunque algunas dimensiones, como la de comportamientos, presentan mayor variabilidad, lo que sugiere la conveniencia de realizar ajustes puntuales en la redacción de determinados ítems con el fin de mejorar su precisión semántica. En conjunto, el instrumento refleja una estructura coherente con el marco teórico de referencia, lo que respalda su capacidad para evaluar de manera adecuada las distintas dimensiones de la ALFAM, y el modelo de enseñanza del profesorado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aiken, L. R. (1980). Content validity and reliability of single items or questionnaires. *Educational and. Psychological Measurement*, *40,* 955–959. doi:10.1177/001316448004000419

Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, *45*, 131-142. https://doi.org/10.1177/0013164485451012

Álvarez-García, O., Sureda-Negre, J., & Comas-Forgas, R. (2015). Environmental education in pre-service teacher training: A literature review of existing evidence. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, *17*(1), 72–85. https://doi.org/10.1515/jtes-2015-0006

Álvarez García, O., Sureda Negre, J. y Comas Forgas, R. (2018). Diseño y validación de un cuestionario para evaluar la alfabetización ambiental del profesorado de primaria en formación inicial. Profesorado: *Revista de Currículum y Formación de Profesorado, 22*(2), 265-284. https://www.doi.org/10.30827/profesorado.v22i2.7725

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., López Lozano, L., & Solís Ramírez, E. (2022a). Alfabetización ambiental en la formación inicial docente: diseño y validación de un cuestionario. *Enseñanza de las Ciencias, 40*(1), 25-46. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3517

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., Solís Ramírez, E., & García Díaz, J. E. (2022b). Validación de un cuestionario sobre alfabetización ambiental mediante juicio de expertos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3101

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., (…) Rodríguez Pérez, L. (2024). *Cuestionario de dimensiones ambientales (CDA)* [Dataset]. idUS (Depósito de Investigación de la Universidad de Sevilla). https://doi.org/10.12795/11441/156948.

Cabero, J., & Llorente, M. C. (2013). La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Eduweb*, *7*(2), 11-22.

Chen, J. (2019). Exploring the impact of teacher emotions on their approaches to teaching: A structural equation modelling approach. *British Journal of Educational Psychology, 89*(1), 57–74. https://doi.org/10.1111/bjep.12220

Coyle, K. (2005). *Environmental literacy in America: What ten years of NEETF/Roper research and related studies say about environmental literacy in the U.S.* National Environmental Education & Training Foundation.

Díez Ojeda, M., Martínez Juste, S., Toma, R. B., Dies Álvarez, M. E., Ramírez Segado, A., & Jiménez Fontana, R. (Coords.). (2024). *Sobre la educación científica y el cuidado de la casa común: necesidades y perspectivas*. Dykinson S. L.

Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, *6*, 27-36.

García-Díaz, J.E., Fernández, J., Rodríguez, F., y Puig, M. (2019). Más allá de la sostenibilidad: por una Educación Ambiental que incremente la resiliencia de la población ante el decrecimiento. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, *1*(1), 1-15. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1101

Hernández-Nieto R. A. (2002) *Contribution to Statistical Analysis*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.

Merino, C. y Livia J. (2009). Intervalos de confianza asimétricos para el índice la validez de contenido: Un programa Visual Basic para la V de Aiken. *Anales de psicología* vol. *25*, nº 1 (junio), 169-171

Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, E., Porlán, R., & Hamed, S. (2012). Conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de los futuros maestros: un instrumento para detectarlo. En J. M. Domínguez Castiñeiras (Ed.), *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 559–568.

Rivero García, A., Solís Ramírez, E., Jiménez Fontana, R. y Rodríguez Pérez, L. (2024). La alfabetización ambiental del futuro profesorado de infantil y primaria en Andalucía. *Enseñanza de las Ciencias, 42*(3), 159-184 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6130

Roth, C. E. (1992). *Environmental literacy: Its roots, evolution and directions in the 1990s*. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education. Columbus, Ohio, USA.

Instrumento para indagar la alimentación sostenible en la comunidad universitaria

Emilio Solís Ramírez, Soraya Hamed Al-lal, Gonzalo Ramírez-Macías, Olga Duarte Piña y Ana Rivero García

Universidad de Sevilla, España.

*Correspondencia: sha@us.es

RESUMEN: Esta comunicación presenta el proceso de diseño y validación de un instrumento destinado a diagnosticar las ideas y valoraciones de la comunidad universitaria de la Universidad de Sevilla (alumnado, personal docente e investigador, y personal técnico, de gestión y de administración y servicios) respecto a la alimentación sostenible. El objetivo principal es analizar los conocimientos, actitudes, emociones y comportamientos de estos colectivos, así como la vinculación de la sostenibilidad alimentaria con sus áreas de conocimiento, estudio y/o trabajo. La metodología integró una revisión bibliográfica de estudios precedentes con especial énfasis en el análisis de cuestionarios afines y en los procesos de validación empleados. La validez de contenido fue evaluada mediante juicio de expertos, participando 11 especialistas que evaluaron la claridad y pertinencia de cada ítem. El análisis de los datos se realizó mediante el coeficiente V de Aiken y el coeficiente de validez de contenido (CVC), obteniéndose valores superiores a los umbrales de aceptabilidad. Estos resultados permitieron realizar ajustes cualitativos basados en las observaciones de los expertos. En fases posteriores se prevé la aplicación piloto del instrumento.

PALABRAS CLAVE: Alimentación sostenible; Validación de instrumentos; Comunidad universitaria; Sostenibilidad en la educación superior.

ABSTRACT: This paper presents the design and validation process of an instrument aimed at diagnosing the ideas and perceptions of the university community at the University of Seville (students, teaching and research staff, and technical, management, and administrative personnel) regarding sustainable food. The main objective is to analyse the knowledge, attitudes, emotions, and behaviours of these groups, as well as the relationship between food sustainability and their areas of knowledge, study, and/or work. The methodology combined a literature review of previous studies, with particular emphasis on the analysis of similar questionnaires and the validation processes employed. Content validity was assessed through expert judgment, involving 11 specialists who evaluated the clarity and relevance of each item. Data analysis was conducted using Aiken's V coefficient and the Content Validity Coefficient (CVC), yielding values above the acceptable thresholds. These results allowed for qualitative adjustments based on the experts' observations. In subsequent phases, a pilot application of the instrument is planned.

KEYWORDS: Sustainable food; Instrument validation; University community; Higher education sustainability

INTRODUCCIÓN

En el actual contexto de crisis ecosocial, la forma en que producimos, distribuimos y consumimos alimentos se configura como un ámbito estratégico de transformación. El sistema alimentario dominante, basado en dinámicas de crecimiento continuo, intensificación productiva y globalización de los mercados, ejerce una creciente presión sobre los ecosistemas y contribuye a la profundización de las desigualdades sociales, evidenciando así sus límites ecológicos y estructurales (Willett et al., 2019). La alimentación sostenible se concibe como un constructo multidimensional que integra aspectos ambientales, sociales, económicos y nutricionales. Sin embargo, la evidencia empírica sugiere que su comprensión por parte de la ciudadanía en particular, de la comunidad universitaria, es frecuentemente parcial (European Commission, 2020), lo que dificulta su traducción en prácticas coherentes. Asimismo,

se evidencia una brecha significativa entre el conocimiento declarado y las prácticas alimentarias reales (Gaspar et al., 2022; García-González et al., 2020). Esta brecha refleja la complejidad de los procesos de cambio hacia patrones alimentarios más sostenibles, en los que intervienen no solo factores cognitivos, sino también actitudinales, emocionales y contextuales (García-González et al., 2020). La universidad constituye un espacio especialmente relevante para estudiar esta cuestión, tanto por su función formativa como por su potencial para promover cambios culturales, profesionales e institucionales vinculados a la sostenibilidad. Además, la diversidad de colectivos que integran la comunidad universitaria permite analizar cómo se configuran las ideas y prácticas alimentarias sostenibles en contextos académicos y laborales diferentes. En este contexto, resulta necesario disponer de instrumentos que permitan analizar de forma integrada los conocimientos, actitudes, emociones y comportamientos en torno a la alimentación sostenible en la comunidad universitaria, con el fin de generar diagnósticos rigurosos y fundamentar el diseño de intervenciones y prácticas profesionales más eficaces.

OBJETIVO

De acuerdo con esto, el presente estudio tiene como objetivo diseñar y obtener evidencias iniciales de validez de contenido de un cuestionario dirigido a diagnosticar los conocimientos, actitudes, emociones y comportamientos de la comunidad universitaria respecto a la alimentación sostenible, así como las relaciones que establecen entre ella y su área de conocimiento.

METODOLOGÍA

Las fases del estudio fueron las siguientes:

a) Revisión bibliográfica de cuestionarios publicados y validados. Se realizó una revisión de cuestionarios previamente desarrollados, tomando como referencia investigaciones que incorporan dimensiones coherentes con la alfabetización ambiental y la sostenibilidad en la alimentación humana (European Commission, 2022, FAO y OMS, 2019). Esta fase permitió delimitar las dimensiones teóricas del constructo.

b) Diseño y elaboración de la primera versión del cuestionario. Se elaboró una primera versión del cuestionario, estructurada en tres secciones: Sección 1 (7 ítems): Datos demográficos. Sección 2 (13 ítems): Conocimientos (6 ítems), actitudes (4 ítems), emociones (2 ítems) y comportamientos (1 ítem). Sección 3 (1 ítem): Valoración del cuestionario por parte de los participantes**.**

c) Validación del contenido mediante juicio de expertos. La validez del contenido se evaluó mediante la técnica de juicio de expertos (Hernández-Sampieri et al. 2010), considerando los criterios de claridad y pertinencia de los ítems para garantizar la adecuación de los ítems al constructo que se pretende medir. Para el procedimiento de validación, se siguieron las fases propuestas por Escobar y Cuervo (2008):

1. Selección de jueces. Los expertos fueron seleccionados mediante muestreo intencional, atendiendo a criterios de experiencia profesional, ámbito de especialización y formación académica relevante para el constructo evaluado. Inicialmente se invitó a participar a 13 expertos, de los cuales 11 completaron el proceso de validación. La distribución de los jueces fue la siguiente: en el ámbito universitario: 2 en Nutrición y Salud, 3 en Didáctica de las Ciencias, 3 en Educación Ambiental y 1 en Educación y en el ámbito de la Educación no formal: 2 en Educación Ambiental.

2. Construcción de plantillas de valoración. Se elaboraron plantillas de evaluación en las que cada ítem fue valorado mediante una escala tipo Likert de 1 (muy bajo) a 5 (muy alto) en relación con los criterios de calidad y pertinencia. Asimismo, se incorporó un apartado abierto para la recogida de observaciones cualitativas, con el fin de realizar posibles mejoras en la redacción y adecuación de los ítems.

3. Análisis descriptivo de las valoraciones. Con el objetivo de analizar la tendencia central y la dispersión de las puntuaciones otorgadas por los jueces, se calcularon estadísticos descriptivos como la media, la moda y la desviación típica.

4. Análisis de la validez del contenido. Para evaluar la adecuación de los ítems al constructo, se emplearon índices psicométricos recomendados en la literatura (Pedrosa et al. 2013): como son el Índice de Validez de Contenido (IVC) (Lawshe 1975), el Coeficiente de Validez de Contenido (CVC) y RVC, (Hernández-Nieto, 2002), y el índice de Aiken's V, conocido como V de Aiken (Aiken, 1980,1985), considerado un método para evaluar la validez de contenidos y el acuerdo entre los expertos. Existen diferentes criterios para determinar el valor mínimo en estos índices para considerar adecuado un ítem, de más liberales a más estrictos (Merino y Livia, 2009) y en función del número de jueces. Según estos autores, los diversos expertos proponen valores situados en un intervalo de 0.70 a 0.87 para hasta un total de hasta 14 jueces. Los valores más liberales para la V de Aiken son de 0.50 y los más conservadores proponen 0.70 o valores superiores.

5. Análisis cualitativo. Se realizó un análisis cualitativo de las observaciones aportadas por los expertos y fueron valoradas por el equipo de investigación con el objetivo de identificar mejoras en la redacción, claridad semántica y adecuación conceptual de los ítems.

6. Revisión y mejora del cuestionario (versión 2). A partir de los resultados obtenidos en los análisis cuantitativos y cualitativos, se procedió a la revisión del instrumento, incorporando las modificaciones pertinentes.

RESULTADOS

Los resultados del análisis de la validez de contenido se presentan en la Tabla 1, donde se recogen los estadísticos descriptivos (media, desviación estándar y moda) y los índices de validez (CVR, CVC y V de Aiken) para cada uno de los ítems, en claridad y pertinencia. Los resultados muestran altos niveles de validez de contenido en la mayoría de los ítems del instrumento. Los valores globales del Índice de Validez de Contenido (IVC) fueron de 0,88 para claridad y 0,95 para la pertinencia, lo que indica una adecuada calidad del instrumento en ambos criterios. De acuerdo con el criterio establecido por Hernández-Nieto (2002), que sitúa el valor aceptable de 0,80, la mayoría de los ítems presentan valores satisfactorios. Se identifica una excepción con el ítem 13, que representa un valor de CVC=0,66 en claridad, sugiriendo la necesidad de revisión de su formulación. En relación con la V de Aiken, los resultados muestran que la mayoría de los ítems superan el umbral de 0,70, considerando adecuado en función del número de jueves (Merino y Livia, 2009). Se detectan dos ítems: el ítem 13 (claridad), con un valor de V= 0,64 y el ítem 21 (claridad), con un valor de V=0,66. Estos resultados también sugieren la necesidad de revisión en términos de redacción y comprensión. En relación con las dimensiones: **datos demográficos**: valores óptimos (IVC = 1). **Conocimientos**: valores adecuados (IVC claridad = 0,84; pertinencia = 0,90). **Actitudes**: alta validez (IVC claridad = 0,89; pertinencia = 0,99). **Emociones**: valores elevados (IVC claridad = 0,90; pertinencia = 0,98). **Comportamientos**: valores adecuados (IVC claridad = 0,85; pertinencia = 1). En conjunto, los resultados muestran que la **pertinencia obtiene puntuaciones más altas que la claridad**, lo que sugiere que los ítems son conceptualmente adecuados, si bien algunos requieren ajustes en su redacción para mejorar su comprensión. En relación con el análisis cualitativo, los comentarios aportados por los expertos en su mayoría resultaron pertinentes. A partir de los resultados obtenidos, se realizaron diversas modificaciones en el instrumento: **Ampliación de los datos demográficos**. Se añadió un nuevo ítem relativo a la ubicación del lugar de residencia, con el fin de mejorar la caracterización de la muestra y su posible relación con los hábitos alimentarios. **Revisión del ítem 13 (posteriormente ítem 14)**: Dado que no alcanzó los criterios mínimos de validez en claridad, se reformuló su redacción incorporando las sugerencias de los expertos en relación con la selección y claridad de los alimentos incluidos. **Reestructuración del ítem 21**: Este ítem, inicialmente formulado de manera global, fue subdividido en dos nuevos ítems con el objetivo de mejorar su precisión y comprensión: un ítem centrado en el grado de realización de determinadas acciones relacionadas con la alimentación sostenible (p. ej., consumo de productos locales, reducción del desperdicio alimentario), y otro orientado al grado de participación en actividades vinculadas a la sostenibilidad alimentaria (p. ej., huertos comunitarios o iniciativas sociales).

Tabla 1. Resultados de medias, desviación estándar y moda. RVC, CVC. ICV y V de Aiken de las valoraciones de los jueces.

	Claridad						Pertinencia						Global
nº	**Med**	**Dest**	**Mod**	**RVC**	**CVC**	**V**	**Med**	**Dest**	**Mod**	**RVC**	**CVC**	**V**	**V G**
Datos Demográficos													
1	5	0	5	1	1	1	4.90	0.29	5	1	1	0.98	1
2	5	0	5	1	1	1	4.90	0.29	5	1	1	0.98	1
3	5	0	5	1	1	1	4.90	0.29	5	1	1	0.98	1
4	5	0	5	1	1	1	4.90	0.29	5	1	1	0.98	1
5	5	0	5	1	1	1	4.90	0.29	5	1	1	0.98	1
6	5	0	5	1	1	1	4.90	0.29	5	1	1	0.98	1
7	5	0	5	1	1	1	4.90	0.29	5	1	1	0.98	1
8	5	0	5	1	1	1	4.90	0.29	5	1	1	0.98	1
IVC					1						1		
Conocimientos													
9	4.64	0.48	5	1	0.92	0.91	4.73	0.62	5	1	0.94	0.93	0.92
10	4.28	0.86	5	1	0.84	0.80	4.36	0.89	5	1	0.84	0.84	0.82
12	4.55	0.78	5	1	0.90	0.89	4.36	0.81	5	1	0.90	0.84	0.86
13	3.46	1.31	5	1	0.66	0.64	4.18	1.53	5	1	0.84	0.80	0.72
19	4.64	0.77	5	1	0.92	0.91	4.82	0.58	5	1	0.96	0.95	0.93
20	4.09	0.90	5	1	0.80	0.77	4.73	0.62	5	1	0.90	0.93	0.85
IVC					0.84						0.90		
Actitudes													
11	4.20	0.98	5	1	0.82	0.73	4.9	0.3	5	0.98	0.98	0.89	0.81
14	4.73	0.62	5	1	0.94	0.91	5	0.0	5	1	1	1	0.95
15	4.82	0.39	5	1	0.96	0.95	4.82	0.58	5	1	1	0.95	0.95
18	4.19	0.58	4	1	0.84	0.80	4.72	0.45	5	0.98	0.98	0.93	0.86
IVC					0.89						0.99		
Emociones													
16	4.82	0.39	5	1	0.96	0.95	4.91	0.29	5	1	0.98	0.98	0.97
17	4.27	1.05	5	1	0.84	0.82	4.82	0.39	5	1	0.98	0.95	0.89
IVC					0.90						0.98		
Comportamientos													
21	4.33	1.06	5	1	0.85	0.66	5	0	5	1	1	0.91	0.78
IVC					0.85						1		
IVC GLOBAL						0.88					0.95		

El resultado del cuestionario definitivo, tras el juicio de expertos, se puede consultar en: https://forms.office.com/e/veJFJfiHib?origin=lprLink

En relación con las fuentes del cuestionario (ver tabla 2), se utilizaron las siguientes referencias (el número previo sirve como leyenda a la Tabla 2): [1] AlTarrah D, Malik A and Nur A (2024). [2] García-González, Á.et al (2020). [3] Gaspar MCMP, et al. (2022). [4] Grunert, K.G., Hieke, S. and Wills, J. (2014). [5] Guerrero-Fernández et al., (2024). [6] Hilary S, et al. (2024). [7] Irazusta-Garmendia, A. et al. (2023). [8] Ran, S., et al. (2022).

Tabla 2. Fuentes de los diversos ítems en el cuestionario definitivo

Ítem	Fuente				
Datos demográficos		Conocimientos		16	[1], [2] y [7]
2	[1], [2] y [6]	10	[5]	19	[3]
3	[1], [2], [4] y [6]	11	[1], [2], [6], [7] y [8]	Emociones	
4	sugerencia de expertos, [2]	13	[1], [2] [6] y [7]	17	[3]
5	[2] y [3]	14	[1], [2] y [7]	18	[3]
6	[3]	20	elaboración propia	Comportamientos	
7	elaboración propia	21	aportaciones de [3]	22	[1] y [7]
8	elaboración propia	Actitudes		23	[3]
9	elaboración propia	12	[1], [2] y [7]	24 (sugerencias)	elaboración propia
		15	[1], [2], [6] y [7]		

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos aportan evidencias iniciales favorables de validez de contenido del cuestionario diseñado para analizar los conocimientos, actitudes, emociones y comportamientos relacionados con la alimentación sostenible en la comunidad universitaria. Aunque algunos ítems requirieron revisión, las modificaciones introducidas permitieron mejorar la claridad, precisión y adecuación conceptual del instrumento. De este modo, se dispone de una versión revisada con una base sólida para su aplicación en fases posteriores, en las que será necesario profundizar en el análisis de sus propiedades psicométricas mediante estudios piloto y análisis de fiabilidad y validez complementarios.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto de investigación del Instituto Interuniversitario Andaluz de Investigación Educativa (IEDU) "Innovación y Sostenibilidad en la Educación Superior: Integrando Tecnología, Prácticas Basadas en Evidencia y Desarrollo Profesional en la Universidad de Sevilla" (SOL2024-31565), financiado por la Universidad de Sevilla a través de las acciones PPIT en el marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2021-2027.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aiken, L. R. (1980). Content validity and reliability of single items or questionnaires. *Educational and. Psychological Measurement*, 40, 955–959. http://doi.org/10.1177/001316448004000419

Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45, 131-142. https://doi.org/10.1177/0013164485451012

AlTarrah D, Malik A and Nur A (2024) Knowledge and attitudes toward food sustainability among Kuwait University students. *Front. Sustain. Food* Syst. 8:1364085. http://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1364085

Guerrero-Fernández, A., Rodríguez-Marín, F., Solís, E., [resto de autores]. (2024). *Cuestionario de dimensiones ambientales (CDA)* [Dataset]. idUS (Depósito de Investigación de la Universidad de Sevilla). https://doi.org/10.12795/11441/156948

Escobar J., Cuervo A. (2008) Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6, 27-36.

European Commission. (2020). *A farm to fork strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2779/98999

European Commission. (2022). *Flash Eurobarometer 505: Attitudes of Europeans towards sustainable food*. Publications Office of the European Union. Disponible en: https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2666

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & World Health Organization (WHO). (2020). *Sustainable healthy diets: Guiding principles*. FAO. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca6640en

García-González, Á.; Achón, M.; Carretero Krug, A.; Varela-Moreiras, G.; Alonso-Aperte, E. (2020). Food Sustainability Knowledge and Attitudes in the Spanish Adult Population: A Cross-Sectional Study. *Nutrients*, 12, 3154. https://doi.org/10.3390/nu12103154

Gaspar MCMP, Celorio-Sardà R, Comas-Basté O, Latorre-Moratalla ML, Aguilera M, Llorente-Cabrera GA, Puig-Llobet M and Vidal-Carou MC (2022) Knowledge and perceptions of food sustainability in a Spanish university population. *Front. Nutr.* 9:970923. http://doi.org/10.3389/fnut.2022.970923

Grunert, K.G., Hieke, S. and Wills, J. (2014) Sustainability Labels on Food Products: Consumer Motivation, Understanding and Use. *Food Policy*, 44, 177-189. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.12.001

Hernández-Nieto R. A. (2002) *Contribution to Statistical Analysis*. Mérida, Venezuela: ULA.

Hernández-Sampieri R., Fernández-Collado C., Baptista-Lucio P. (2010) *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana.

Hilary S, Safi S, Sabir R, Numan AB, Zidan S and Platat C (2024) Development and validation of a tool to assess knowledge, attitudes, and practices toward diet sustainability. *Front. Sustain. Food Syst.* 8:1432057. http://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1432057

Irazusta-Garmendia, A.; Orpí, E.; Bach-Faig, A.; González Svatetz, C.A. Food Sustainability Knowledge, Attitudes, and Dietary Habits among Students and Professionals of the Health Sciences. *Nutrients* 2023, 15, 2064. https://doi.org/10.3390/nu15092064

Lawshe C. H. (1975) A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28, 563-575.

Merino, C. y Livia J. (2009). Intervalos de confianza asimétricos para el índice la validez de contenido: Un programa Visual Basic para la V de Aiken. *Anales de psicología* vol. *25*(1), 169-171.

Pedrosa I., Suárez-Álvarez J., García-Cueto E. (2013) Evidencias sobre la Validez de Contenido: Avances Teóricos y Métodos para su Estimación [Content Validity Evidences: Theoretical Advances and Estimation Methods]. *Acción Psicológica*, *10*(2), 3-18. http://dx.doi.org/10.5944/ap.10.2.11820

Ran, S., et al. (2022). Information as an enabler of sustainable food choices. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 911–923. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.008

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Sibanda, L. M., … Murray, C. J. L. (2019). *Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems*. *The Lancet, 393*(10170), 447–492. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4

¿Es transversal la Alfabetización Ambiental en el currículo de educación primaria de la Comunidad Valenciana?

Paula Bo Devís, Ignacio García Ferrandis y Cristina Sendra Mocholí

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Grupo Didacies. Universitat de València. España.

*Correspondencia: ignacio.garcia-ferrandis@uv.es

RESUMEN: Actualmente, la educación ambiental y la alfabetización ambiental (ALFAM) se consolidan como elementos clave para la formación de una ciudadanía comprometida con la sostenibilidad. La escuela primaria representa una etapa fundamental para introducir saberes ambientales (tanto naturales como sociales) y el currículum es el espacio para tratarlos. Esta comunicación tiene como objetivo analizar la transversalidad de la ALFAM en el decreto de Educación Primaria de la Comunidad Valenciana derivado de la LOMLOE. Se hace un análisis de contenido de las diferentes áreas del documento normativo mediante dos instrumentos específicos que evalúan el grado de alfabetización ambiental del decreto de Educación Primaria. Los datos obtenidos se han analizado con el software Maxqda. Los resultados dejan entrever que los contenidos conceptuales relacionados con aspectos ambientales siguen estando vinculados al área de CM, sin embargo, los contenidos de tipo procedimental y actitudinal están más repartidos en las diferentes áreas curriculares.

PALABRAS CLAVE: alfabetización ambiental; educación ambiental; sostenibilidad; educación primaria; currículum

ABSTRACT: Environmental education and environmental literacy are currently established as key elements in fostering a citizenry committed to sustainability. Primary school represents a crucial stage for introducing environmental knowledge (both natural and social), and the curriculum provides the framework for addressing these topics. The purpose of this paper is to analyze the cross-cutting nature of environmental literacy in the Valencian Community's Primary Education Decree, which is based on the LOMLOE. An analysis of the content of the different areas of the regulatory document is carried out using two specific tools that assess the degree of environmental literacy within the documents. The data obtained were analysed using Maxqda software. The results suggest that conceptual content related to environmental issues continues to be concentrated in the CM area; however, procedural and attitudinal content is more widely distributed across the various curricular areas.

KEYWORDS: environmental literacy; environmental education; environmental education; sustainability; primary education; curriculum

INTRODUCCIÓN

Actualmente estamos sufriendo una crisis compleja que incluye problemáticas en el ámbito global como por ejemplo el cambio climático, el agotamiento de recursos naturales, la rápida y desorganizada urbanización, la degradación de los ecosistemas y disminución de la biodiversidad, el hiperconsumo, la pobreza o el incremento de fenómenos climáticos extremos, entre otros (Carrascosa et al. 2024; García-Díaz et al. 2019: Vilches y Gil, 2009 y 2011). Ante esta situación, la educación toma un papel primordial, para poder dotar a toda la ciudadanía de conocimiento informado para que sea capaz de tomar decisiones adecuadas. La crisis global actual exige replantear el papel de la educación. La educación ambiental no debe limitarse únicamente a fomentar prácticas para cuidar el planeta, y promover valores, actitudes y comportamientos en la ciudadanía, sino que también debe reivindicar una sociedad crítica con el contexto socioeconómico que ha generado la actual emergencia climática. La alfabetización ambiental (ALFAM) permite comprender la relación entre naturaleza y sociedad y actuar de forma crítica y responsable. En este sentido, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿La alfabetización

ambiental es considerada en todas las áreas del currículo de Educación Primaria con el objetivo de que esta sea transversal?

Esta comunicación tiene como objetivo analizar la transversalidad de la ALFAM en el decreto de ordenación y currículo de la etapa de Educación Primaria de la Comunidad Valenciana derivado de la LOMLOE. Nuestra hipótesis de partida es que la alfabetización ambiental aparece principalmente vinculada al área de Conocimiento del medio natural, social y cultural (CM).

DISEÑO EXPERIMENTAL

Para dar respuesta a la pregunta de investigación planteada, la presente investigación examina el decreto de ordenación y currículo de la etapa de Educación Primaria derivado de la LOMLOE (Decreto 106/2022) mediante el método de análisis del contenido que combina los enfoques cualitativos y cuantitativos a través de un recuento de frecuencias. Para llevar a cabo el análisis documental, se utilizó el software Maxqda 2024, una herramienta informática para el procesamiento de datos cualitativos y mixtos.

Muestra e instrumentos de recogida de datos

Con el fin de determinar si la ALFAM se aborda de manera transversal en todas las áreas del currículo, se utiliza un instrumento diseñado por Guerrero et al. (2022) y modificado por Hamed et al. (2024) (Tabla 1), al que denominaremos instrumento 1 para facilitar la lectura del documento. Guerrero et al. (2022) establecieron las siguientes dimensiones: 1. Conocimientos y habilidades; 2. Actitudes y emociones; y 3. Comportamiento. Para cada una de estas dimensiones, Hamed et al. (2024) establecieron tres grados de niveles de logro: nivel inicial, nivel intermedio y nivel deseable, reflejando este último un grado óptimo de ALFAM. Para hacer más robusto el análisis y facilitar la comparación con estudios previos, se complementa con otro instrumento, elaborado por Varela et al. (2024), en el que las dimensiones de análisis (Complejidad, Ética, Reflexivo y crítico, Participativo, Transformadora) están relacionadas con la Educación para la Sostenibilidad (EDS), basadas en las recomendaciones de la UNESCO para la EDS (2017, 2020) (Tabla 2), que se denominará Instrumento 2.

Tabla 1. Dimensiones y niveles de análisis ALFAM

NIVELES DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN	
NI (nivel inicial)	C y H (conocimientos y habilidades)	Comprensión básica del funcionamiento de los sistemas naturales. Sin conexiones entre los contenidos.
	A y E (actitudes y emociones)	Se formulan en términos generales sin vincularse a cuestiones relacionadas con la crisis medioambiental.
	COMP (comportamientos)	Se mantiene el statu quo en los sistemas naturales y los problemas medioambientales asociados a ellos. Comportamientos individuales ligados a rutinas.
NM (nivel medio)	C y H (conocimientos y habilidades)	Necesidad de comprender la naturaleza, y las competencias se centran en desarrollar aquellas para llevar a cabo la investigación científica desde una perspectiva antropocéntrica.
	A y E (actitudes y emociones)	En relación con cuestiones medioambientales desde un punto de vista más antropocéntrico.
	COMP (comportamientos)	Fomentan comportamientos, fundamentalmente individuales, de responsabilidad ecosocial sin llegar a transformar los estilos de vida y los modelos de desarrollo de acuerdo con los límites del planeta.

ND (nivel deseable)	C y H (conocimientos y habilidades)	Se presentan desde una perspectiva sistémica, en relación con los problemas medioambientales. Se establecen relaciones entre lo local y lo global, y entre el pasado, el presente y el futuro
	A y E (actitudes y emociones)	Fomentan la crítica, la disposición al cambio individual y colectivo, y una relación ética con los demás seres vivos y con el planeta; es decir, una perspectiva ecocéntrica.
	COMP (comportamientos)	Se fomentan los comportamientos individuales autónomos y se destacan aquellos orientados a la participación colectiva, con el objetivo de impulsar transformaciones individuales y sociales.

Fuente: Resumen adaptado a partir de Hamed et al. (2024) adaptado de Guerrero et al. (2022)

Tabla 2. Dimensiones con sus descriptores, basados en recomendaciones de la UNESCO para la EDS (2017, 2020)

DIMENSIÓN		DESCRIPTORES
Compleja	Parte de problemas reales próximos/globales socioambientales. Estudia de forma sistemática las complejas interacciones entre la sociedad y el medio ambiente. Tiene un enfoque global e interdisciplinar, contribuye a considerar a las personas (y a las comunidades) como seres ecodependientes.	Complejidad Incertidumbre Sistemas Interdisciplinariedad Ecodependencia Problemas medioambientales y ecosociales Cambio climático Pérdida de biodiversidad
Reflexivo y crítico	Fomenta la investigación, el procesamiento de la información y la reflexión crítica. También el análisis crítico desde múltiples perspectivas.	Crítica Reflexión Búsqueda de información
Ética	Fomenta el compromiso y el desarrollo de valores como la responsabilidad, la equidad o la justicia. Pretende poner de manifiesto los valores que subyacen a nuestras acciones cotidianas.	Valores Ética Equidad
Participativo	Fomenta que las personas se expresen y anima a escuchar opiniones diferentes y a tener en cuenta los diversos intereses en juego. Fomenta la participación y la implicación en los procesos de toma de decisiones.	Participación Toma de decisiones Debate
Transformadora	Su objetivo es cuestionar los estilos de vida y las formas de progreso convencionales. Busca cambios a nivel individual, comunitario e institucional para avanzar hacia un modelo socioeconómico más justo y sostenible.	Activismo Estilo de vida Comunidad educativa Desigualdad Sostenible

Fuente: Resumen adaptado a partir de Varela et al. (2024)

Procedimiento de análisis

Para el análisis del Decreto 106/2022, de ordenación y currículo de la etapa de Educación Primaria, se tuvo en cuenta la totalidad de áreas del currículo. En primer lugar, se realizó una lectura metódica del mencionado decreto seleccionando los fragmentos de texto relacionados con la ALFAM, estableciendo de esta manera las Unidades de Información (UI). A continuación, a cada UI se le asignó la correspondiente dimensión, tanto del instrumento 1 como del instrumento 2. En caso de duda a la hora de clasificar una IU, se adoptó un proceso de consenso entre los investigadores y, en caso de discrepancia, se adoptó la posición más desfavorable para la investigación, es decir, contraria a la hipótesis propuesta. Seguidamente, para el análisis de las frecuencias de las UI se utilizó el software Maxqda 2024.

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como nuestra hipótesis de partida era que la alfabetización ambiental aparece principalmente vinculada al área de Conocimiento del medio natural, social y cultural (CM), las tablas de resultados se organizan en dos columnas, una correspondiente al área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural (CM) y otra, denominada Resto, que corresponde al resto de áreas que conforman el currículo (Tablas 3, 4 y 5). A su vez, dividimos la tabla en las dimensiones específicas: Conocimientos y Habilidades (C y H), Actitudes y Emociones (A y E) y Comportamientos (Comp). La tabla 3 es el resultado de aplicar el instrumento 1, donde se aprecian las dimensiones específicas: Conocimientos y Habilidades (C y H), Actitudes y Emociones (A y E) y Comportamientos (Comp). El resto del currículo comprende las áreas de: Educación Artística (Música y Danza y Educación Plástica y Visual), Educación Física, Lengua Valenciana, Lengua Española, Inglés como lengua extranjera, Matemáticas y Valores Éticos y Cívicos. Para facilitar la lectura de los resultados, se muestra también la tabla del resultado total de cada nivel de análisis por cada dimensión (Tabla 4).

Tabla 3. Dimensiones ALFAM

NIVELES DE ANÁLISIS	DIMENSIÓN	RESULTADOS			
		UI		%	
		CM	Resto	CM	Resto
NI	C y H	37	17	27.42	12.59
	A y E	1	4	0.75	2.97
	COMP	5	3	3.70	2.22
NM	C y H	14	17	10.23	12.59
	A y E	0	0	0	0
	COMP	4	12	2.97	8.89
ND	C y H	4	6	2.97	4.45
	A y E	0	0	0	0
	COMP	5	6	3.70	4.45
TOTAL		135		100	

Tabla 4. Total de UI de cada dimensión

DIMENSIÓN	RESULTADOS			
	UI		%	
C y H	55	40	40.58	29.63
A y E	1	4	0.75	2.97
Comp	14	21	10.23	15.56

El área de CM es la que presenta una mayor presencia de UI (70) y en concreto en la dimensión de Conocimiento y habilidades (un total de 55 UI), con 37 UI en el nivel inicial (27,42 %), 14 UI en el nivel intermedio (10,23 %) y solo 4 UI en el nivel deseable (2,97 %), en comparación con el resto de las áreas, que contienen en total 70 UI de las cuales 40 UI (29,63%) son de la dimensión de Conocimiento y habilidades. Las 37 UI asociadas al nivel inicial del área de CM, muestran que, a pesar de ser el área con más referencias medioambientales, estas son en su mayoría básicas, descriptivas o de enfoque conservador, y sólo en casos aislados adoptan una visión interrelacionada y crítica del mundo. En Actitudes y emociones, en el área de CM solo aparece una UI en el nivel inicial (0,75 %), lo que muestra una clara ausencia de propuestas para fomentar valores ecosociales, quedando por detrás del resto de áreas del currículo (4 UI). Por último, en cuanto a Comportamientos, la presencia en el área de CM sigue siendo escasa, presentando 14 UI, de las cuales, 5 UI en el nivel inicial (3,70 %), 4 en el nivel medio (2,97 %) y 5 en el nivel deseable (3,70 %). Quedando por detrás del resto de áreas del currículo (21 UI). La tabla 5 es el resultado de aplicar el instrumento 2, donde se aprecian las dimensiones con sus respectivos descriptores organizados según aparezcan en el área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural (CM) o en otra, denominada Resto, que corresponde al resto de áreas que conforman el currículo de educación primaria ya mencionadas anteriormente.

Tabla 5. Dimensiones con sus descriptores

DIMENSIÓN	DESCRIPTORES	RESULTADOS			
		UI		%	
		CM	Resto	CM	Resto
Compleja	Complejidad	1	0	0.79	0
	Incertidumbre	0	2	0	1.59
	Sistémico	0	0	0	0
	Interdisciplinariedad	3	11	2.38	8.73
	Ecodependencia	0	0	0	0
	Problemas medioambientales/ ecosociales	0	0	0	0
	Cambio climático	3	5	2.38	3.97
	Pérdida de biodiversidad	0	0	0	0
Ética	Valores	2	1	1.59	0.79
	Ético	0	3	0	2.38
	Equidad	0	1	0	0.79
Reflexivo y crítico	Crítico	1	5	0.79	3.97
	Reflexión	2	3	1.59	2.38
	Búsqueda de información	0	0	0	0
Participativo	Participación	3	3	2.38	2.38
	Toma de decisiones	0	0	0	0
	Debate	0	0	0	0
Transformadora	Activismo	0	0	0	0
	Estilo de vida	0	1	0	0.79
	Desigualdad	2	11	1.59	8.73
	Comunidad educativa	0	0	0	0
	Sostenible	28	35	22.22	27.79
TOTAL		126		100	

Los datos que se muestran en la Tabla 5 permiten examinar la inclusión de diversos descriptores ecosociales, basándose en las cinco dimensiones clave propuestas. El área de CM es una de las que tiene mayor presencia. En la dimensión Compleja, hay 1 UI (0,79 %) en complejidad, 3 (2,38 %) en interdisciplinariedad y 3 (2.38 %) en cambio climático. En la dimensión Ética, aparecen 2 UI en el descriptor de valores (1,59 %). También encontramos resultados relevantes en la dimensión Reflexiva y Crítica, con 1 UI en crítica (0,79 %) y 2 en reflexión (1,59 %). Dentro de la dimensión participativa,

aporta 3 UI en participación (2,38 %), lo que indica una cierta voluntad de involucrar a los estudiantes en procesos de debate y acción. También hay presencia en la dimensión transformativa, con 2 UI en desigualdad (1,59 %). Por último, el descriptor «sostenible» destaca especialmente con 28 UI (22,22 %), tal y como se recoge en el marco del decreto curricular, lo que refleja una presencia cuantitativamente elevada, aunque no se puede garantizar que el contenido sea profundamente transformador. Sin embargo, al comparar el área de CM con el resto de áreas, observamos que en todas las dimensiones (Complejidad, Ética, Reflexivo y crítico, Participativo, Transformadora) el número de UI son inferiores. La hipótesis de partida, la alfabetización ambiental aparece principalmente vinculada al área de Conocimiento del medio natural, social y cultural (CM), se ha cumplido parcialmente.

Efectivamente, al observar el conjunto de UI, podemos decir que el área de CM tiene una mayor alfabetización ambiental al tener un mayor número de UI (70) respecto al resto de áreas (65). Cabe destacar que en las dimensiones donde se incluyen aspectos más conceptuales, efectivamente, sí hay una mayor alfabetización ambiental en el área de CM, pero en el resto de las dimensiones la alfabetización ambiental es mayor en el resto de las áreas, es decir, las actitudes y emociones y comportamiento ambientales se desarrollan más en áreas que no son CM. Por tanto, los resultados dejan entrever que los contenidos conceptuales relacionados con aspectos ambientales siguen estando vinculados al área de CM, sin embargo, los contenidos de tipo procedimental y actitudinal están más repartidos en las diferentes áreas curriculares. Queda para posteriores análisis la comparación, una a una, del área de Conocimiento del medio natural, social y cultural, con cada una del resto de áreas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado dentro del proyecto de investigación "Propuestas de mejora de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en Educación Infantil y Primaria basadas en la indagación y modelización contextualizada" (PID2022-1420190B-I00) financiado por MICIN/AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carrascosa, J., Gil, D. y Vilches, A. (2024). Los mapas conceptuales: Una herramienta educativa para hacer frente al cambio climático y a la crisis socioambiental global. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 8(2), 53-65. https://doi.org/10.17979/arec.2024.8.2.10683

García-Díaz, J. E., Fernández-Arroyo, J., Rodríguez-Marín, F., y Puig, M. (2019). Más allá de la sostenibilidad: por una educación ambiental que incremente la resiliencia de la población ante el decrecimiento. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad 1*(1), 1011-15 https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1101

Guerrero, A., Rodríguez-Marín, F., Solís, E., y García-Díaz, E. (2022). Validación de un cuestionario sobre alfabetización ambiental mediante juicio de expertos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 19*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3101

Hamed, S., García-González, E., Rodríguez-Pérez, L., y Ramírez, E. S. (2024). La alfabetización ambiental en los currículos de Educación Infantil y Primaria derivados de la LOMLOE. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 21*(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2501

Varela, M., Lorenzo, M. A., Pérez-Rodríguez, U., y Vega, P. (2024). La Educación para la Sostenibilidad en las enseñanzas mínimas de Educación Primaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 46*, 89-106. https://doi.org/10.7203/dces.46.27190

Vilches, A. y Gil, D. (2009). Una situación de emergencia planetaria, a la que debemos y «podemos» hacer frente. *Revista de Educación*, número extraordinario 2009, 101-122.

Vilches, A., y Gil, D. (2011). Que la crisis no esconda la emergencia planetaria. *Cuadernos de Pedagogía*, *412*, 84–87.

Validación transnacional de una escala de Competencia en Cambio Climático para adolescentes de España y Honduras

Enzo Ferrari[1] Rebeca Ferreira Corchero[2] Anne-Marie Ballegeer[3] Camilo Ruiz[4]

[1]Dpto. de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, Spain.

[2]Dpto. de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, Spain.

[3]Dpto. de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, Spain.

[4]Dpto. de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, Spain.

*Correspondencia: enzoferrari@usal.es

RESUMEN: El cambio climático (CC) demanda herramientas educativas basadas en competencias que permitan evaluar la preparación del alumnado ante este desafío global. Este estudio se pregunta: ¿cómo se configura la Competencia en Cambio Climático (C3) en adolescentes de contextos nacionales contrastantes? Para responder, se adapta y valida transnacionalmente el Teens Climate Change Competence Questionnaire (TC3Q), un instrumento de 42 ítems organizado en tres dimensiones (Conocimiento, Habilidades y Actitudes) y 12 subdimensiones. Se aplicó un Análisis Compuesto Confirmatorio (CCA) mediante PLS-SEM a 637 estudiantes de secundaria de España (50,4%) y Honduras (49,6%). Los resultados confirman un modelo jerárquico de tercer orden con propiedades psicométricas adecuadas (C3: RC = ,77; AVE = ,54). La comparación transnacional mediante MICOM revela diferencias significativas: los adolescentes hondureños puntúan más alto en Habilidades y Actitudes, mientras que en Conocimiento, las medias globales son equivalentes, pero con patrones subdimensionales diferenciados. Se concluye que la C3 es un constructo sensible al contexto, moldeado por la vulnerabilidad climática y las condiciones socioeducativas. Estos hallazgos fundamentan la necesidad de adaptar la educación climática a las realidades locales en la didáctica de las ciencias experimentales.

PALABRAS CLAVE: competencia en cambio climático; educación climática; adolescentes; validación transnacional; didáctica de las ciencias

ABSTRACT: Climate change (CC) demands competence-based educational tools to assess student preparedness. This study asks: how is Climate Change Competence (C3) configured among adolescents in contrasting national contexts? To answer this, the Teens Climate Change Competence Questionnaire (TC3Q) was adapted and cross-nationally validated, a 42-item instrument organized into three dimensions (Knowledge, Skills, and Attitudes) and 12 subdimensions. Confirmatory Composite Analysis (CCA) with PLS-SEM was applied to 637 secondary school students from Spain (50.4%) and Honduras (49.6%). Results confirm a third-order hierarchical model with adequate psychometric properties (C3: CR = .77; AVE = .54). Cross-national comparison using MICOM reveals significant differences: Honduran adolescents score higher in Skills and Attitudes, while Knowledge shows equivalent overall means but divergent subdimensional patterns. We conclude that C3 is a context-sensitive construct shaped by climate vulnerability and socio-educational conditions. These findings support the need to adapt climate education to local realities in science education.

KEYWORDS: climate change competence; climate education; adolescents; cross-national validation; science education

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

El cambio climático (CC) constituye un desafío global urgente con profundas consecuencias medioambientales, sociales y económicas (IPCC, 2023). Ante la necesidad de alcanzar la neutralidad

climática propuesta en el Acuerdo de París, la educación asume un rol transformador para formar ciudadanos capaces de comprender, actuar y posicionarse frente a este fenómeno. Para lograr un impacto real, los enfoques pedagógicos deben transitar desde la mera transmisión de conocimientos hacia el desarrollo de competencias sistémicas que integren dimensiones cognitivas, socioemocionales y conductuales (UNESCO, 2017). Marcos como la *Action Competence* (Jensen y Schnack, 1997), el GreenComp (European Commission Joint Research Centre, 2022) y la Competencia Proambiental (Corral-Verdugo, 2002) han orientado esta transición.

Este estudio adopta el marco de la Competencia en Cambio Climático (C3) propuesta por Fuertes et al. (2020), previamente validado en docentes en formación (Ballegeer et al., 2024) y alumnado de primaria (Ortega-Quevedo et al., 2024). Dicho modelo define la C3 como un constructo jerárquico de tres dimensiones interdependientes: Conocimiento (comprensión científica del fenómeno), Habilidades (capacidad de actuación proambiental cotidiana) y Actitudes (preocupación, responsabilidad, compromiso y esperanza). Validar este instrumento en adolescentes resulta particularmente pertinente: en esta etapa se consolida la identidad cívica y la conciencia sociopolítica (Güemes-Hidalgo et al., 2017), y las intervenciones educativas pueden predecir el comportamiento proambiental a largo plazo (Rousell y Cutter-Mackenzie-Knowles, 2020).

Sin embargo, la C3 no se desarrolla de manera uniforme. La literatura sugiere que la vulnerabilidad climática, las políticas educativas y las condiciones socioeconómicas moldean diferencialmente el conocimiento y el compromiso climático (Clayton et al., 2023). Para examinar esta influencia, se contrastan dos contextos asimétricos: España (posición 30 en el índice ND-GAIN, PIB per cápita > 30.000 USD, acceso casi universal a secundaria) y Honduras (posición 152, PIB < 4.000 USD, retención del 55% en secundaria). Esta asimetría permite investigar cómo la experiencia directa con el riesgo climático, frente a un conocimiento mediado por el currículo formal, configura de modo diferente cada dimensión de la C3.

La pregunta de investigación que guía el estudio es: ¿cómo se configura la C3 en adolescentes de contextos nacionales con niveles contrastantes de vulnerabilidad climática, desarrollo socioeconómico y acceso educativo? Los objetivos son: (1) validar transnacionalmente el cuestionario TC3Q para adolescentes en España y Honduras mediante CCA con PLS-SEM; y (2) explorar las diferencias en las dimensiones de la C3 vinculadas al contexto nacional, aportando evidencias para el diseño curricular en la didáctica de las ciencias experimentales.

MÉTODO

Participantes

La muestra estuvo conformada por 637 estudiantes de educación secundaria (12-18 años), escolarizados en España (50,39%) y Honduras (49,61%). Los datos se recolectaron entre mayo y julio de 2024 mediante muestreo por conveniencia a través de un cuestionario en línea. El 55,89% asistía a centros públicos y el 44,11% a centros privados o concertados. El estudio contó con la aprobación del comité de ética correspondiente y el consentimiento informado de los participantes.

Instrumento

Se utilizó el *Teens Climate Change Competence Questionnaire* (TC3Q), adaptado de versiones previas (Ballegeer et al., 2024; Ortega-Quevedo et al., 2024). El instrumento consta de 42 ítems estructurados en 3 dimensiones y 12 subdimensiones (Tabla 1). Conocimiento evalúa la corrección científica (escala Likert 1-5), Habilidades mide la frecuencia de hábitos (1-5), y Actitudes valora el grado de acuerdo (1-5).

Tabla 1. Estructura y distribución de ítems del TC3Q.

DIMENSIÓN	SUBDIMENSIÓN (ABREVIATURA)	N.º ÍTEMS	EJEMPLO DE ÍTEM ADAPTADO PARA ADOLESCENTES
Conocimiento	Procesos Biofísicos (BPP)	3	El efecto invernadero permite la vida en la Tierra porque algunos gases retienen la radiación térmica.
	Causas (CAU)	4	Cada vez que se usa carbón, petróleo o gas natural contribuimos al cambio climático.
	Consecuencias (CSQ)	4	Un planeta más cálido expandirá el área de distribución de enfermedades tropicales.
	Adaptación/Mitigación (A_M)	4	Sustituir el transporte privado por transporte público es una medida efectiva para hacer frente al CC.
Habilidades	Alimentación (FOO)	3	¿Con qué frecuencia comes carne a la semana?
	Consumo (CON)	3	Leo las etiquetas de los productos que consumimos en casa para saber de dónde proceden.
	Transporte (TRA)	3	Siempre que puedo, me desplazo sin usar coche (camino o voy en bicicleta).
	Ahorro Energético (ESA)	4	Apago las luces de las habitaciones cuando no hay nadie en ellas.
Actitudes	Responsabilidad (RES)	4	Las personas que nos gobiernan tienen más responsabilidad en la lucha contra el CC que la ciudadanía.
	Preocupación (WOR)	4	Pensar en el futuro del planeta me preocupa.
	Compromiso (CLE)	4	Investigo y comparto información sobre el cambio climático con las personas de mi entorno.
	Esperanza (HOP)	3	Mis acciones y estilo de vida pueden tener un efecto significativo en la lucha contra el CC.

Análisis de datos

La validación de contenido incluyó la revisión de 22 escalas, un panel de expertos (profesorado universitario y de secundaria) y un estudio piloto (n = 79). Se verificó la ausencia de varianza del método común (Kock, 2017) y el Análisis de Tétradas (CTA) confirmó la naturaleza reflectiva de los constructos. Se aplicó un CCA de tres órdenes jerárquicos utilizando PLS-SEM, evaluando siete criterios de calidad (Hair et al., 2020): cargas factoriales, fiabilidad de indicador, fiabilidad de constructo, varianza media extraída (AVE), validez discriminante (HTMT), validez nomológica y validez predictiva. Las diferencias transnacionales se evaluaron mediante el procedimiento MICOM, que permite contrastar medias y varianzas de los constructos entre grupos una vez establecida la invarianza configural y composicional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Validación del modelo jerárquico

El CCA de primer orden confirmó la validez convergente: todas las cargas factoriales fueron significativas (p < ,001). La fiabilidad compuesta (RC) osciló entre ,68 y ,85, y la AVE entre ,38 y ,53. La validez discriminante se respaldó con valores HTMT inferiores a ,90. En el segundo orden, las dimensiones mostraron consistencia adecuada: Conocimiento (RC = ,80; AVE = ,51), Habilidades (RC = ,73; AVE = ,41) y Actitudes (RC = ,86; AVE = ,62). El CCA de tercer orden consolidó la estructura global de la C3 (RC = ,77; AVE = ,54), con cargas estructurales de ,69 (Conocimiento), ,52 (Habilidades) y ,93 (Actitudes).

Estos valores merecen una lectura diferenciada. La carga de Actitudes (,93) indica que esta dimensión constituye el núcleo afectivo-motivacional de la C3, mientras que la carga moderada de Habilidades (,52) sugiere que los hábitos proambientales, al estar mediados por factores contextuales como la infraestructura disponible, presentan una variabilidad que el constructo global absorbe parcialmente. La validez nomológica se confirmó mediante correlaciones positivas entre todas las dimensiones de la C3 y el criterio externo "Deseo de aprender sobre el CC" (DTL): Conocimiento = ,25; Habilidades = ,16; Actitudes = ,32. La correlación más alta con Actitudes es coherente con la mayor carga de esta dimensión en el constructo global. El modelo jerárquico completo se presenta en la Figura 1.

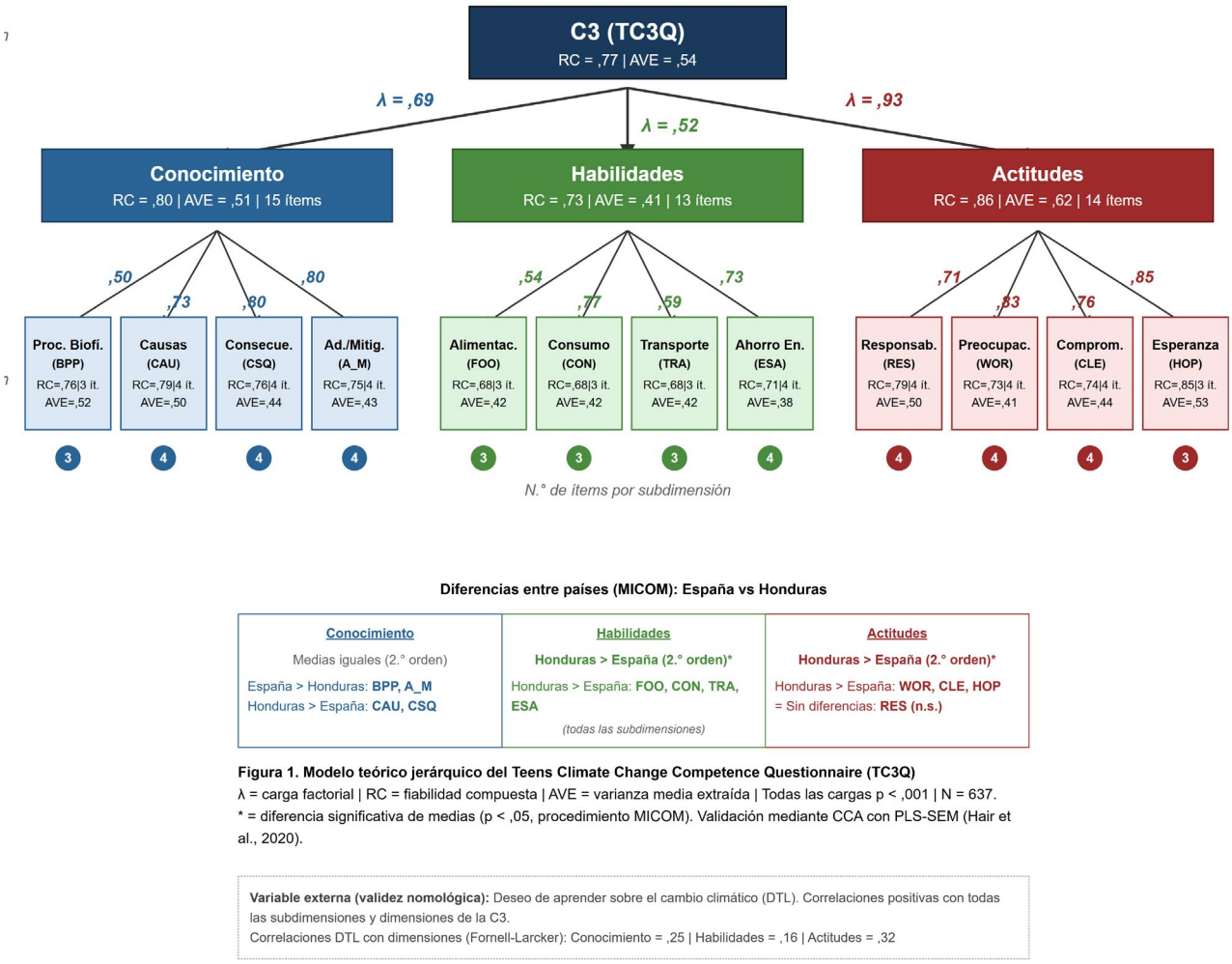


Figura 1. Modelo teórico jerárquico del *Teens Climate Change Competence Questionnaire* **(TC3Q).** *λ* = carga factorial | *RC* = fiabilidad compuesta | *AVE* = varianza media extraída | Todas las cargas $p < ,001$ | **N = 637.** * = diferencia significativa de medias **($p < ,05$,** procedimiento MICOM). Validación mediante CCA con PLS-SEM (Hair et al., 2020).

Comparación transnacional

El procedimiento MICOM, tras confirmar la invarianza configural y composicional, permitió la comparación de medias y varianzas de los constructos entre España y Honduras. A nivel de segundo orden, los adolescentes hondureños superaron significativamente a los españoles en Habilidades y Actitudes. En Conocimiento, la media global fue equivalente, pero el análisis de primer orden reveló un patrón divergente: España puntuó más alto en subdimensiones abstractas (Procesos Biofísicos y Adaptación/Mitigación), mientras que Honduras destacó en Causas y Consecuencias.

Estos resultados aportan evidencia empírica sobre cómo el contexto nacional configura diferencialmente cada dimensión de la C3. Las puntuaciones superiores de Honduras en Habilidades (prácticas cotidianas

de ahorro energético, transporte sostenible, consumo responsable) pueden interpretarse como adaptaciones conductuales derivadas de la exposición directa al riesgo climático y de las restricciones materiales del contexto, que hacen de estas prácticas una necesidad más que una elección (Clayton et al., 2023). De modo análogo, las puntuaciones más altas en Actitudes (Preocupación, Esperanza, Compromiso) reflejan la mayor urgencia emocional que genera la vulnerabilidad climática directa. En contraste, el mayor dominio español de conceptos biofísicos abstractos refleja un sistema educativo formalizado que prioriza el conocimiento científico declarativo, pero que puede resultar insuficiente para movilizar actitudes proambientales profundas.

La discrepancia entre las subdimensiones de Conocimiento ofrece una implicación didáctica concreta: el alumnado español maneja correctamente los mecanismos biofísicos del CC y sus estrategias de mitigación, pero percibe con menor intensidad las causas y consecuencias inmediatas, precisamente porque su experiencia cotidiana no le enfrenta a sus efectos directos. Esta distancia psicológica frente al riesgo (Broomell et al., 2015) constituye una barrera que las metodologías de enseñanza deben abordar explícitamente mediante enfoques que conecten el conocimiento abstracto con la experiencia vivencial del alumnado.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

El TC3Q se confirma como un instrumento de diagnóstico robusto, válido y transculturalmente aplicable para evaluar la C3 en educación secundaria. La conclusión central es que la C3 es un constructo profundamente sensible al contexto: las realidades socioeconómicas, la vulnerabilidad climática y el acceso educativo moldean el modo en que el alumnado comprende, siente y actúa frente al CC.

Para la didáctica de las ciencias experimentales, estos hallazgos plantean implicaciones pedagógicas fundamentadas en los datos obtenidos. Primero, los resultados evidencian un desequilibrio entre las dimensiones de la C3 en función del contexto: en España, un conocimiento abstracto sólido coexiste con habilidades y actitudes más débiles, mientras que en Honduras ocurre lo inverso. Esto implica que los currículos científicos deben equilibrar la alfabetización climática (dominio cognitivo del fenómeno) con el desarrollo de la dimensión socioemocional (preocupación, compromiso, esperanza) y la dimensión conductual (hábitos proambientales), en lugar de priorizar una sobre otra (UNESCO, 2017).

Segundo, la distancia psicológica frente al riesgo climático, evidenciada por las menores puntuaciones actitudinales del alumnado español pese a su mayor conocimiento abstracto, puede reducirse mediante metodologías que conecten el contenido científico con la experiencia directa. En particular, las intervenciones basadas en indagación sociocientífica, simulaciones vivenciales y proyectos comunitarios han demostrado eficacia para movilizar las dimensiones afectivas y conductuales de la competencia ambiental (Rousell y Cutter-Mackenzie-Knowles, 2020). El TC3Q permite precisamente diagnosticar estos desajustes, identificar áreas de refuerzo (por ejemplo, elevado conocimiento teórico pero deficientes habilidades de ahorro energético) y evaluar la eficacia de las secuencias didácticas implementadas.

En el futuro, se recomiendan estudios longitudinales que examinen la evolución de la C3, así como investigaciones cualitativas que exploren cómo los adolescentes construyen sus modelos mentales sobre el clima. Comprender la C3 como un constructo sensible al contexto es el primer paso para garantizar una educación climática equitativa, metodológicamente pertinente y didácticamente transformadora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballegeer, A. M., Ferrari, E., Corrochano, D. y Ruiz, C. (2024). The role of knowledge, attitude, and emotions in Spanish pre-service teachers' willingness to engage in climate change education. European Journal of Teacher Education, 1–19.

Broomell, S. B., Budescu, D. V. y Por, H. H. (2015). Personal experience with climate change predicts intentions to act. Global Environmental Change, 32, 67-73.

Clayton, S. D., Pihkala, P., Wray, B. y Marks, E. (2023). Psychological and emotional responses to climate change among young people worldwide. Sustainability, 15(4), 3540.
Corral-Verdugo, V. (2002). A structural model of proenvironmental competency. Environment and Behavior, 34(4), 531-549.
European Commission Joint Research Centre. (2022). GreenComp, the European sustainability competence framework. Publications Office of the EU. https://doi.org/10.2760/13286
Fuertes, M. Á., Andrés, S., Corrochano, D. et al. (2020). Educación sobre el Cambio Climático: una propuesta basada en categorías. Education in the Knowledge Society, 21, 13.
Güemes-Hidalgo, M., Ceñal González-Fierro, M. J. e Hidalgo Vicario, M. I. (2017). Desarrollo durante la adolescencia. Pediatría Integral, 21(4), 233-244.
Hair, J. F., Howard, M. C. y Nitzl, C. (2020). Assessing measurement model quality in PLS-SEM using confirmatory composite analysis. Journal of Business Research, 109, 101-110.
IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. IPCC. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
Jensen, B. B. y Schnack, K. (1997). The action competence approach in environmental education. Environmental Education Research, 3(2), 163-178.
Kock, N. (2017). Common method bias: A full collinearity assessment method for PLS-SEM. En H. Latan y R. Noonan (Eds.), Partial Least Squares Path Modeling (pp. 245-257). Springer.
Ortega-Quevedo, V., López-Luengo, M. A., Ferrari, E. y Ruiz, C. (2024). Evaluating Climate Change Competence in Pre-teens. Journal of Environmental Psychology, 102329.
Rousell, D. y Cutter-Mackenzie-Knowles, A. (2020). A systematic review of climate change education. Children's Geographies, 18(2), 191-208.
UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. UNESCO Publishing.

Razonamiento sistémico sobre la pérdida de biodiversidad usando la red ecológica de la charca del campus

Lidia Caño Pérez y Maialen Sistiaga Poveda

Facultad de Educación, Filosofía y Antropología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

*Correspondencia: lidia.cano@ehu.eus

RESUMEN: Este trabajo analiza el razonamiento sistémico del profesorado en formación al predecir un fenómeno de pérdida de biodiversidad ante una perturbación. Para ello los/as estudiantes usaron el modelo de red ecológica que construyeron a partir de una indagación que llevaron a cabo en la charca del campus. El modelo comprendía interacciones tróficas, de mutualismo e inquilinismo e incluía las diferentes necesidades a lo largo del ciclo vital. El problema planteado en la primera cohorte de estudiantes consistió en la extinción local de la rana, mientras que en la segunda cohorte se planteó la introducción de un pez exótico. En total las dos investigadoras analizaron las predicciones de 21 grupos de estudiantes (96 participantes) categorizando los diferentes niveles de razonamiento a partir de rúbricas basadas en la bibliografía y consensuadas entre las investigadoras en un proceso iterativo. Aunque en el caso de la extinción local los/as estudiantes incluyeron efectos tróficos directos en ambos sentidos de la red, en el caso de la introducción solo identificaron consecuencias directas hacia el nivel trófico inferior. Los patrones de razonamiento sistémico respecto a los efectos indirectos fueron consistentes entre cohortes y mostraron un grado importante de complejidad, incluyendo relaciones de interdependencia no tróficas y atendiendo a las diferentes necesidades durante el ciclo vital. Nuestros resultados sugieren que el estudio de primera mano de un ecosistema cercano puede contribuir a una comprensión más profunda del fenómeno de pérdida de biodiversidad.

PALABRAS CLAVE: pensamiento sistémico, red ecológica, charca escolar, profesorado en formación, pérdida de biodiversidad

ABSTRACT: This study examines the systemic thinking of pre-service teachers as they predict a biodiversity loss in response to a disturbance For this purpose, they use an ecological network developed through an inquiry study of the campus pond. The ecological network model encompassed trophic, mutualistic, and inquilism interactions and accounted for the different needs throughout the life cycle. The issue addressed in the first cohort of students was the frog's local extinction, while the second cohort considered the introduction of an exotic fish. In total, we analyzed the predictions of 21 groups of students (96 participants), by categorizing the different levels of reasoning using rubrics based on the literature and agreed upon by the researchers through an iterative process. Although in case of local extinction the students included direct trophic effects in both directions of the network, in the case of the species introduction they identified only direct consequences toward the lower trophic level. Patterns of systemic reasoning regarding indirect effects were consistent across cohorts and demonstrated a significant degree of complexity, including non-trophic interdependence relationships and accounting for different needs throughout the life cycle. Our results suggest that firsthand study of a nearby ecosystem can contribute to a deeper understanding of the phenomenon of biodiversity loss.

KEYWORDS: systemic thinking, ecological network, school pond, teacher training, biodiversity loss.

INTRODUCCIÓN

Ante la crisis ecológica actual, la educación básica debe garantizar que cada ciudadano/a comprenda profundamente las causas y consecuencias de fenómenos como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Para ello es necesaria la alfabetización ecológica de los/as escolares, pero también del profesorado en formación y en activo. La alfabetización ecológica implica comprender cómo

funcionan los ecosistemas y desarrollar habilidades para analizar problemas ambientales e interpretar información científica, reconociendo la interdependencia entre seres humanos y naturaleza. Requiere también pensamiento sistémico, una de las competencias clave para la sostenibilidad (Bianchi et al., 2022), que consiste en la capacidad de entender las conexiones, dinámicas, procesos no lineares y retroalimentación (una situación desencadena una acción que provoca a su vez un cambio en esa situación) dentro de un sistema.

La red trófica es uno de los principales modelos para abordar el pensamiento sistémico en la escuela, ya que representa interacciones entre organismos mediadas por la dependencia del alimento. Sin embargo, predecir las consecuencias de la pérdida de biodiversidad requiere considerar otros tipos de relaciones de interdependencia que también pueden afectar a la supervivencia de las especies, como las interacciones mutualistas o de comensalismo (Yangin et al., 2020). Las redes ecológicas son representaciones que van más allá de las redes tróficas e incluyen este y otro tipo de interacciones bióticas, por lo que este modelo debería incorporarse a la escuela para abordar el fenómeno de la pérdida de biodiversidad (Ings et al. 2009).

Diversos estudios han demostrado que los/as estudiantes presentan dificultades a la hora de interpretar las consecuencias de la desaparición de una especie en una red trófica (Sweeney y Sterman, 2007): solo consideran efectos en niveles tróficos superiores, en niveles directamente conectados con la desaparecida o no consideran el razonamiento de bucle de retroalimentación. La investigación muestra que para superar estas dificultades y desarrollar el pensamiento sistémico es necesaria la instrucción específica a través del conocimiento profundo del sistema de estudio y, en el caso de los ecosistemas, de la historia natural de los organismos (Demetriou et al., 2009; Sweeney y Sterman, 2007; Ben-Zvi Assaraf y Orion, 2010).

En este trabajo se evalúa el razonamiento sistémico de futuros/as maestros/as cuando predicen un fenómeno de pérdida de biodiversidad en un ecosistema conocido y cercano tras realizar una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) basada en la observación y la indagación de los organismos en la charca del campus (Caño y Sanz, 2024). En concreto, planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué nivel de razonamiento sistémico alcanza el profesorado en formación al predecir las consecuencias de una perturbación usando un modelo de red ecológica?

METODOLOGÍA

El alumnado construyó una red ecológica mediante una SEA de indagación para la modelización basada en muestreo, observación, clasificación e interpretación de información de los organismos de la charca. El modelo de red ecológica trabajado comprende tanto interacciones tróficas como de mutualismo e inquilinismo y está descrito, junto con las actividades de la SEA, en Caño y Sanz (2024). La SEA se llevó a cabo con 162 estudiantes del primer curso del Grado de Educación Primaria durante dos cursos consecutivos (cohorte de 2022 y cohorte de 2023) durante 7 semanas (20 horas). En ambos cursos se consensuó en el aula un modelo de red ecológica de 13 especies de la charca. El alumnado usó este modelo para hacer predicciones en grupos de 4-5 estudiantes. En 2022 predijeron las consecuencias de la extinción local de una especie respondiendo a la pregunta *¿Qué pasaría si desapareciera la rana de la charca*? En 2023 se planteó una introducción de una especie invasora: *¿Qué pasaría si se introdujera una carpa exótica en la charca*? En total se analizaron 21 predicciones (96 estudiantes) tras eliminar aquellas que se basaban en comentarios generales o no relacionados con el modelo de red consensuada.

Para el análisis de las predicciones, se definieron diferentes niveles de razonamiento sistémico adaptando las propuestas de Demetriou et al. (2009) y Ben-Zvi Assaraf y Orion (2010) para las redes tróficas e incluyendo categorías ad-hoc para evaluar la inclusión de efectos no tróficos y de efectos diferenciales para una especie en función de su ciclo de vida. Las categorías fueron definidas y aplicadas a todas las predicciones de manera independiente por las dos investigadoras. Las discrepancias fueron discutidas y las categorías redefinidas hasta llegar a un consenso. Los niveles de razonamiento aplicados se muestran en las tablas 1 y 2. Las frecuencias de los niveles de razonamiento fueron comparadas entre cohortes mediante la prueba Chi cuadrado. Se cuantificó el número de especies e interacciones afectadas y los tipos de relaciones mutualistas o de inquilinismo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de grupos (81%) incluyeron correctamente más de la mitad de especies de la red y 2 grupos incluyeron correctamente todas. Las predicciones mencionaban una media de 12 interacciones correctas, con máximos de 21 y 29 y mínimos de 2 y 3, en la cohorte de 2022 y 2023 respectivamente. El alumnado consideró relaciones tróficas directas e indirectas a la hora de hacer sus predicciones con diferentes niveles de razonamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles de razonamiento sistémico atendiendo a las relaciones tróficas.

	NIVEL	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
Efectos tróficos directos	1	Considera consecuencias solo en nivel trófico inferior.	La alimentación de los peces influye directamente en el ecosistema de la charca, ya que estos comen diferentes tipos de insectos y sus larvas, algas, renacuajos, lombrices, etc.
	2	Considera consecuencias solo en nivel trófico superior	La desaparición de la rana implicaría que sus presas tuvieran menos posibilidades de alimentarse, como es el caso de la culebra
	3	Considera consecuencias en niveles tróficos inferiores y superiores	Si desaparece la rana, como se alimenta de diatomeas, mariposas y mosquitos, y como la culebra come ranas, tendrá consecuencias en el ecosistema.
Efectos tróficos indirectos	0	No mencionan, es incorrecto o no se refieren a la red	La carpa es una especie omnívora que se alimenta de numerosos organismos acuáticos, incluyendo algas (carófito), insectos (arañas, mariquitas, mariposas, libélulas), caracoles y peces. En consecuencia, la población de estas especies puede reducirse en la charca del campus, alterando el equilibrio ecológico del ecosistema.
	1	Considera un solo de tipo de efecto: "botton-up" o "top-down"	En el momento en que la rana desaparezca, culebras y cárabos notarán la falta de alimento. Así que tendrán que buscar otros alimentos. De forma indirecta, saldrán dañados otros animales como el ratón, el mirlo, la lagartija, etc. (otros alimentos de la culebra y del cárabo).
	2	Considera los dos tipos de consecuencias: "botton-up" y "top-down"	La carpa consume carófito y otros insectos. Las ranas se alimentan, entre otras cosas, de carófitos y moscas. Si la carpa se come los alimentos de las ranas, las ranas no tendrán comida y desaparecerán. El problema no es solo para las ranas, sino también para quienes comen ranas como la lechuza y la culebra.
	3	Considera los dos tipos de consecuencias e incluye procesos de retroalimentación	El cárabo se alimenta de arañas, libélula, ranas y mariquitas. Como (al desaparecer la rana) la cantidad de estas tres especies animales aumentaría…, el cárabo tendría más alimento, y la cantidad de cárabos también aumentaría….Con el tiempo y el aumento de la cantidad de cárabos podría bajar nuevamente la cantidad de estas cuatro especies.

Como se observa en la figura 1a, el patrón de efectos directos difirió significativamente (X^2=21,0; p<0,001) cuando se planteó la extinción local o la introducción de una especie. Ante la introducción de la carpa el alumnado sólo consideró efectos directos hacia abajo (*top-down,* nivel 1), sin considerar la posibilidad de que la culebra comiera la carpa, mientras que ante la desaparición de la rana todos los grupos consideraron efectos directos hacia arriba (*botton-up*, nivel 2) y la mayoría en ambos sentidos (nivel 3). Además, ante la introducción de una carpa más de la mitad de los grupos (6 de 10) argumentaron en base a relaciones imposibles entre organismos acuáticos y terrestres, mientras que en el caso de la desaparición de la rana esto sólo lo hizo un grupo. Este hecho puede indicar que el alumnado utiliza la representación visual que proporciona la red como guía para sus razonamientos y que no incluir la especie exótica en la red puede inducir interpretaciones erróneas o incompletas.

Todos los grupos, excepto uno, predijo efectos en organismos no directamente relacionados con la carpa o la rana y la mayoría consideraron efectos indirectos en ambos sentidos, sin diferencias significativas entre cohortes (Figura 1b) (X^2=1,62; p=0,654). Algunos grupos consideraron incluso efectos en cascada hasta de sexto orden (con errores en alguna interacción). Aunque algunos predijeron desapariciones

de poblaciones ante la falta de uno de sus alimentos, todos los grupos en 2022 y 4 de 10 grupos en 2023 tuvieron en cuenta que los organismos contaban con otras fuentes de alimento. Además, en las dos cohortes un 10% llegó a considerar bucles de retroalimentación, sin que este concepto hubiera sido abordado explícitamente en las actividades. Estos resultados revelan una interpretación de las redes más compleja que la reportada por la bibliografía para docentes (Sweeney y Sterman, 2007) y sugieren que construir un modelo desde sus componentes a partir de datos reales podría favorecer una comprensión más significativa de las interacciones tróficas (Demetriou y Constantinou, 2009).

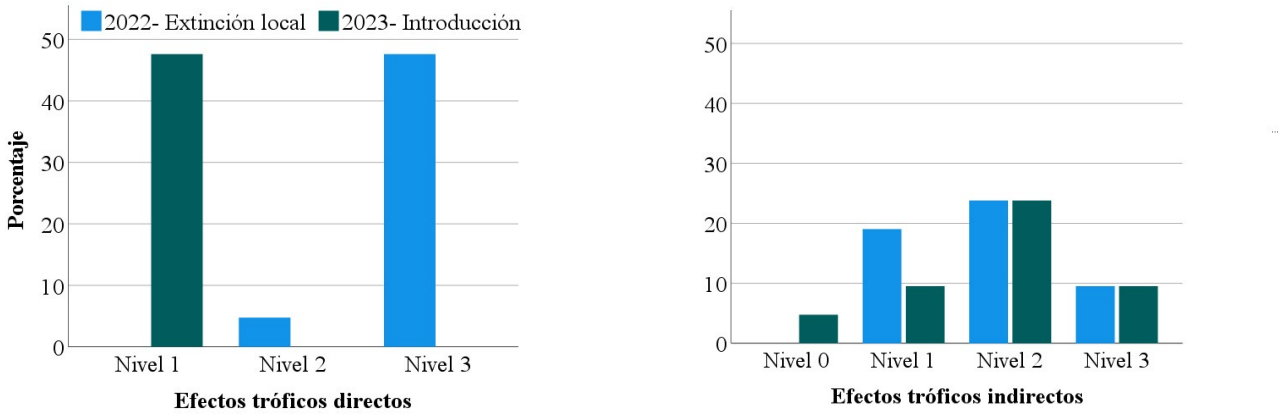


Figura 1. Frecuencia de los niveles de razonamiento sistémico sobre los efectos tróficos directos (a) e indirectos (b) producidos por una perturbación sobre la red ecológica.

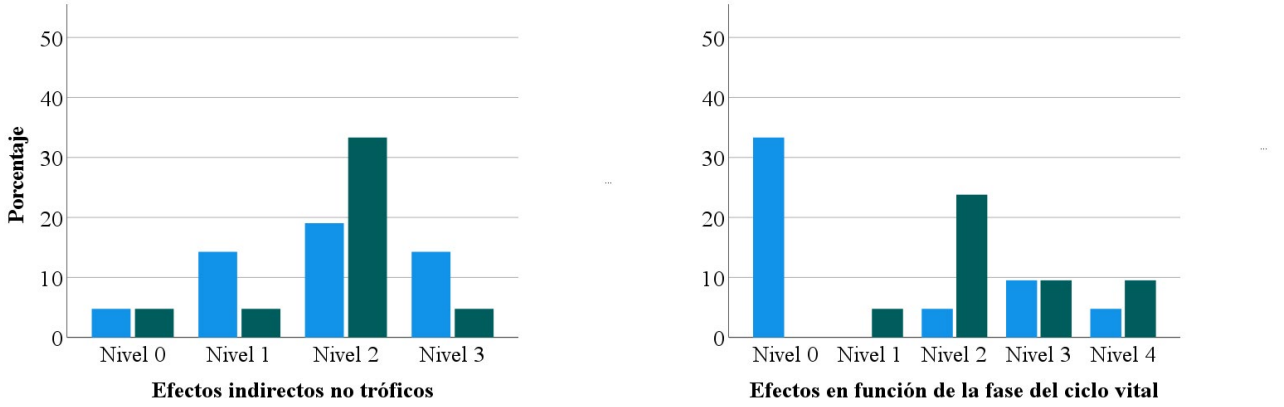


Figura 2. Frecuencia de los niveles de razonamiento sistémico sobre los efectos indirectos no tróficos (a) y de los niveles atendiendo a la inclusión de diferentes fases del ciclo vital (b)

La mayoría de grupos (63,9% en 2022 y 80% en 2023) mencionó correctamente efectos sobre relaciones mutualistas o de inquilinismo (niveles 2 y 3, Fig. 2a) con un patrón consistente entre cohortes (X^2=2,78; p=0,427). Como ejemplos de mutualismo mencionaron la polinización de la menta por parte de la mariposa, el efecto desparasitante de la mariquita y la dispersión de semillas de la higuera por parte del mirlo. Como relaciones de inquilinismo incluyeron la función de refugio de las carófitas para los huevos o larvas o la función de soporte de las plantas para las puestas de huevos o la eclosión de las libélulas. La Tabla 2 muestra ejemplos de los niveles de razonamiento sobre las consecuencias para las relaciones mutualistas o de inquilinismo. Aunque el profesorado en formación puede mostrar concepciones erróneas sobre estos conceptos ecológicos, los resultados sugieren que una adecuada intervención didáctica con enfoque constructivista y visual puede mejorar la comprensión de estos conceptos, aunque esta cuestión ha sido muy poco investigada hasta la fecha (Yangin et al., 2020). Aunque en 2022 el 33% del alumnado no consideró las diferentes fases del ciclo vital (huevos, fase larvaria y adulta) (nivel 0 en la Tabla 3) en 2023 el 100% del alumnado sí lo hizo (X^2= 10,98; p=0,027, figura 2b) y los grupos que alcanzaron el nivel 4 (considerar fases de huevo y larva como presa y depredador), pasaron del 5% en 2022 al 14% en 2023, debido probablemente a que el segundo año la

docente incidió más en los ciclos vitales. La inclusión de las diferentes fases del ciclo en la red ecológica es otro aspecto innovador de nuestro estudio que, aunque presenta dificultades para el alumnado, puede y debe trabajarse mediante intervenciones didácticas adecuadas (Hokayem et al., 2023).

Tabla 2. Niveles de razonamiento sistémico atendiendo a las relaciones indirectas no tróficas y a las diferentes fases del ciclo vital de los organismos.

	NIVEL	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
Efectos indirectos no tróficos	0	No las considera	
	1	Las considera de manera general o erróneamente	Si la carpa se alimenta de mariquitas, la mariquita desaparecerá, por lo que la menta también saldría perdiendo, ya que la mariquita no comerá sus pulgones.
	2	Considera un solo tipo de interacción	El cárabo y el mirlo…comerían el resto de los insectos…incluidas las mariquitas, y de esta manera desaparecería el mutualismo de la mariquita con la menta…porque come pequeños insectos que viven en la menta…por lo que el beneficio de las plantas sería que estos pequeños insectos desaparecieran porque son perjudiciales para ellos.
	3	Considera más de un tipo de interacción	El aumento de los insectos afectaría directamente a la vegetación, por la mayor facilidad para la polinización…y al facilitar su reproducción, aumentaría su número. En el caso de la libélula, se producirá un crecimiento y como necesitará más alimento disminuirá el número de mariquitas…Comen parásitos típicos de las plantas, que pueden causar diversos males en las plantas. Y por tanto, las plantas estarán enfermas y los abejorros no tendrán néctar para alimentarse y desaparecerán.
Efectos indirectos en función de fases del ciclo	0	No diferencia fases del ciclo, no las usa en la predicción o las usa incorrectamente.	La carpa se alimenta de las ranas (en lugar de los renacuajos)
	1	Consideran una fase además del adulto (larva o huevos) con una sola función (p. ej. presa o depredadora)	Al introducir la carpa, habrá menos insectos acuáticos porque se comerá a las larvas de las libélulas y de las moscas de agua.
	2	Consideran una fase además del adulto con diferentes funciones	Con la llegada de la carpa, disminuirá la población de libélulas puesto que se alimenta de sus larvas. Pero las larvas de libélula, a su vez, se alimentan de renacuajos por lo que la población de ranas crecerá
	3	Consideran fase de huevos y larva (además del adulto) con una sola función cada una	La carpa se alimenta de renacuajos y de los huevos de las ranas.
	4	Consideran fase de huevos y larva (además del adulto) con más de una función cada una	Si la carpa se comiese a los renacuajos y a sus huevos, el número de carófitas crecerá porque los renacuajos dejarán de comerlas

IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Este estudio propone el uso de un contexto cercano, la charca escolar, junto con una actividad de

modelización basada en redes ecológicas, como estrategia didáctica para promover el pensamiento sistémico, la argumentación científica basada en evidencia y las competencias para la sostenibilidad. Este enfoque puede facilitar una mejor comprensión de la pérdida de biodiversidad y contribuir a la toma de decisiones y elaboración de propuestas de conservación fundamentadas. En nuestro conocimiento, este es el primer estudio que incorpora el modelo de red ecológica en la escuela y en la formación de docentes para comprender y predecir el fenómeno de pérdida de biodiversidad. Los resultados muestran que el profesorado en formación puede desarrollar un razonamiento sistémico más complejo de lo esperado con una intervención didáctica, llegando a identificar relaciones de interdependencia más allá de las tróficas e incorporando el ciclo vital de los organismos. Asimismo, evidencian el potencial de la enseñanza de los ecosistemas en la formación docente para integrar dimensiones temporales en el análisis de interacciones ecológicas, mejorando la capacidad predictiva ante problemas ambientales. Aunque el uso de contextos cercanos como la charca escolar parece favorecer este desarrollo, se requieren futuras investigaciones que comparen su eficacia frente a enfoques más teóricos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto PID2022-137010OB-I00 financiado por MCIN /AEI /10.13039/501100011033 / FEDER, UEMCIN /AEI // FEDER, UE, de los proyectos Universidad-Empresa Sociedad (US23/18) y de innovación docente (i3kd22-14; HBP/PIE i3lab24-39) financiados por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(5), 540-563. https://doi.org/10.1002/tea.20351

Bianchi, G., Pisiotis, U. and Cabrera Giraldez, M. (2022). GreenComp, the European sustainability competence framework. Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2760/13286

Caño, L. y Sanz, J. (2024). Trabajar el modelo de red ecológica en la charca: una secuencia didáctica basada en las prácticas científicas. *Actas 31 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales.* Universidad de Burgos.

Demetriou, D., Korfiatis, K., & Constantinou, C. (2009). A 'bottom-up' approach to food web construction. *Journal of Biological Education, 43*(4), 181-187.https://doi.org/10.1080/00219266.2009.9656180

Hokayem, H., Ghazal, I., & Graham, S. R. (2023). Learning Progression of Students' Reasoning about Life Cycles. *Science Education International*, *34*(4), 339-346. https://doi.org/10.33828/sei.v34.i4.9

Ings, T. C., Montoya, J. M., Bascompte, J., Blüthgen, N., Brown, L., Dormann, C. F., … Woodward, G. (2009). Ecological networks – beyond food webs. *Journal of Animal Ecology*, *78*(1), 253–269. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01460.x

Yangin, S., Turan, İ., & Bilgïn, Ş. (2020). Examining the Effects of using a Porphyrios-Tree Aided Constructive Teaching Approach with Pre-service Social Studies Teachers to develop Understanding about Ecological Interspecies Relationships. *Review of International Geographical Education Online*. https://doi.org/10.33403/rigeo.643936

Sweeney, L. B., & Sterman, J. D. (2007). Thinking about systems: Student and teacher conceptions of natural and social systems. *System Dynamics Review*, *23*(2-3), 285-312. https://doi.org/10.1002/sdr.366

Enseñanza científica en la naturaleza: una aproximación desde la escuela bosque Abellota

Javier Martínez-Aznar[1], Ángel de Frutos[1], Guiomar Calvo[1], Pedro Lucha[1]*

[1] Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza-IUCA, Aragón (España).

*Correspondencia: aznar@unizar.es

RESUMEN: Desde edades tempranas, los niños y las niñas muestran un interés natural por el entorno y por los fenómenos que en él ocurren, este acercamiento puede producirse mediante el juego. Además, diversas destrezas científicas pueden desarrollarse en la etapa de educación infantil. La curiosidad hacia los elementos del entorno permite al alumnado aproximarse a distintos ámbitos científicos: físico, químico, geológico y biológico. Este trabajo tiene como objetivo aproximar la forma de trabajo de una escuela bosque y esbozar las bases de una futura investigación sobre cómo se enseñan las ciencias en este contexto. Para ello, se presentan datos de alumnado de 1º a 3º de Educación Primaria. Se describe la rutina diaria del centro, se analiza una viñeta en la que varias niñas juegan espontáneamente a trasvasar nieve y se avanzan las directrices para el diseño de un instrumento de evaluación. La rutina incluye elementos comunes como la entrada en calma, la rueda de bienvenida, el almuerzo y el juego libre. La viñeta mencionada permite sugerir los retos implícitos en el juego y una posible pregunta de investigación, además se trabajan saberes relacionados con las fuerzas, el volumen y la capacidad, las propiedades de los materiales y los cambios de estado. En conjunto, el aprendizaje en la naturaleza ofrece múltiples oportunidades para abordar tanto la enseñanza de las ciencias como la sensibilidad ambiental.

PALABRAS CLAVE: naturaleza; escuela bosque; educación primaria; destrezas científicas; juego

ABSTRACT: From an early age, children show a natural interest in their environment and in the phenomena that occur within it; this engagement can take place through play. Moreover, various scientific skills can be developed during early childhood education. Curiosity about environmental elements enables children to approach different scientific domains, including physical, chemical, geological, and biological sciences. The aim of this study is to describe the pedagogical approach of a forest school and to outline the basis for future research on how science is taught in this context. To this end, data from students in Years 1 to 3 of Primary Education are presented. The daily routine of the school is described, a vignette in which several girls spontaneously play by transferring snow is analysed, and initial guidelines for the design of an assessment instrument are proposed. The routine includes common elements such as a calm arrival, a welcome circle, snack time, and free play. The vignette allows for the identification of implicit challenges within play and the formulation of a potential research question, while also addressing concepts related to forces, volume and capacity, material properties, and changes of state. Overall, learning in nature offers multiple opportunities to address both science education and environmental awareness.

KEYWORDS: nature; forest school; primary education; scientific skills; play

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO: NATURALEZA Y EDUCACIÓN

Contacto con la naturaleza en la infancia

Las sociedades occidentales padecen un distanciamiento con respecto a la naturaleza, con consecuencias especialmente graves para los niños y niñas. Louv (2005) acuñó el término "trastorno por déficit de naturaleza" para englobar los efectos negativos en la salud física y emocional derivados de la desconexión de las personas, especialmente niños y niñas, con el entorno natural. No se trata de un diagnóstico clínico, sino un concepto para evidenciar este problema que puede fomentar el estrés, la depresión o el trastorno por déficit de atención, entre otras consecuencias (Louv, 2005).

En general, los niños y niñas cada vez pasan menos tiempo en el exterior y jugando libremente. Sin embargo, el contacto con la naturaleza aporta importantes beneficios para la salud y el desarrollo. Se ha demostrado que pasar más tiempo en contacto con el medio natural tiene efectos positivos en el alumnado: mejora su bienestar físico y emocional, favorece su autonomía y refuerza su confianza, en gran medida gracias a la diversidad de experiencias sensoriales, oportunidades de juego y posibilidades de movimiento que ofrece la educación en la naturaleza (Freire, 2011). Una revisión sistemática demostró que el juego en entornos naturales fomenta una participación más prolongada y significativa en las actividades y promueve el desarrollo integral de los niños y niñas, tanto a nivel cognitivo, socioemocional y motor (Dankiw et al., 2020). Además, el contacto con la naturaleza contribuye al desarrollo del respeto hacia el medio natural (Freire, 2011).

La naturaleza como herramienta para la enseñanza de las ciencias

Desde edades muy tempranas, los niños y niñas muestran un interés espontáneo por la naturaleza y tienden a preguntarse por los fenómenos que observan en su entorno cotidiano (Campbell y Howitt, 2023). Con frecuencia, es el propio alumnado quien inicia el juego en entornos naturales, propicia situaciones de exploración, descubrimiento y aprendizaje científico (Campbell & Speldewinde, 2020). Este enfoque se integra de manera coherente en el aprendizaje sobre el mundo natural desarrollado en contextos educativos al aire libre, como los *bush kinder* de Australia (Speldewinde, 2025) o las escuelas bosque (García-González y Schenetti, 2019; Pérez de Ontiveros Molina, 2021).

Las habilidades propias del pensamiento científico, como observar, clasificar, comparar, anticipar resultados o registrar información, también pueden trabajarse desde edades muy tempranas, concretamente en la etapa de 0 a 6 años (Guarrella et al., 2022). A partir de la curiosidad que sienten hacia los elementos del entorno, tanto vivos como no vivos, los niños comienzan a explorar fenómenos y elementos comprensibles desde los modelos científicos de la física, la química, la geología o la biología. Este interés les permite establecer relaciones sencillas de causa y efecto, identificar patrones y reconocer semejanzas en lo que les rodea, lo que contribuye progresivamente a una comprensión más profunda del mundo (Campbell y Howitt, 2023).

El juego de riesgo también se presenta como un recurso valioso en la enseñanza de las ciencias, ya que sitúa a los niños en contextos reales donde exploran activamente, toman decisiones y experimentan las consecuencias de sus acciones (Speldewinde, 2025). En este sentido, Sandseter (2007) identificó inicialmente seis tipos de juego de riesgo a partir de su investigación en patios infantiles en Noruega: actividades en altura, a gran velocidad, con objetos potencialmente peligrosos, cerca de elementos de riesgo, juegos bruscos y situaciones en las que los niños pueden perderse o desaparecer. Otros autores ampliaron esta clasificación incorporando dos categorías más: el juego con impacto y el juego vicario, basado en la observación del riesgo en otros (Kleppe et al., 2017). De acuerdo con Speldewinde (2025), acciones como trepar, deslizarse, manipular herramientas o interactuar con elementos naturales ofrecen oportunidades reales para que los niños comprendan conceptos científicos relacionados con la física (como el equilibrio, la fuerza o la velocidad), la biología (el cuerpo o la adaptación al entorno) y los procesos propios de la investigación científica.

Objetivos

Este trabajo tiene como objetivos 1) aproximar la forma de trabajo de una escuela bosque y 2) esbozar las bases de una futura investigación sobre cómo se relaciona la enseñanza de las ciencias en una escuela bosque.

MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Contextualización

Esta comunicación es la primera publicación del proyecto titulado “La educación en la naturaleza como recurso para la enseñanza de las ciencias en Educación Primaria e Infantil”, aprobado por la Comisión de Ética de la Investigación de la Universidad de Zaragoza con el código JA_CEIN_2026_6.

Población y muestra

La Escuela boque Abellota se encuentra en Ulle, una pequeña localidad perteneciente al municipio de Jaca. A la escuela asisten 25 niños y niñas de los alrededores y se mantiene por las aportaciones de las familias. Trabajan cuatro docentes y establecen en sus rutinas diarias tres grupos: picapinos (educación infantil), hámsters (1º-3º EP) y ardillas (4º-6º EP).

Este trabajo se centra en el alumnado de 1º a 3º de Educación Primaria de la escuela bosque, son 8 alumnos y alumnas en ese rango de cursos.

Observación y metodología

Se han realizado dos observaciones en diciembre de 2025 y enero de 2026, una se realizó en jueves porque es un día diferente en la Escuela Bosque debido a que ese día, en los bosques cercanos, se puede cazar. Para determinar cómo se trabaja en una escuela bosque se presenta la rutina diaria observada en los dos días (15 de diciembre de 2025 y 29 de enero de 2026). También se reproduce una viñeta, recurso empleado por Speldewinde et al. (2025) que ofrece una muestra sobre cómo adquirir conocimientos científicos mediante el juego grupal en la naturaleza y se aporta un esbozo del instrumento que se está construyendo para valorar cómo se trabajan las ciencias en una escuela bosque.

En contextos de aprendizaje abiertos y con escasa dirección por parte del docente, resulta especialmente útil la recogida de datos mediante diarios o registros anecdóticos, ya que permiten documentar las acciones del alumnado en distintos ambientes y situaciones de aprendizaje. Dada la limitada tradición investigadora sobre el aprendizaje de las ciencias en escuelas al aire libre, actualmente se está desarrollando un instrumento específico para su evaluación, que combina elementos de herramientas previas. El instrumento se basa en los procedimientos expuestos por García-González y Schenetti (2019), complementado con otras destrezas empleadas en Educación Infantil (elaboración propia y Pedreira y Márquez (2019)) y creando un apartado de percepciones sensoriales en contextos de juegos de riesgo que según Sandseter (2007) y Kleppe et al. (2017) permiten trabajar la enseñanza de las ciencias en la infancia. Las distintas versiones del instrumento se aplican en sucesivas observaciones, lo que facilita su refinamiento progresivo mediante la incorporación, eliminación o ajuste de ítems.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Trabajo en la escuela bosque: rutinas

Se observó la rutina diaria en dos jornadas diferentes con el alumnado de 1º a 3º de Educación Primaria (ver tablas 1 y 2). Las dos primeras actividades (entrada en calma y rueda de bienvenida) suelen realizarse todos los días, así como la de almuerzo y juego libre. No obstante, la duración varía en función de la organización diaria.

Tabla 1. Horario seguido el día 15 de diciembre de 2025 por hámsters

HORARIO	ACTIVIDAD	DURACIÓN
9.00	Entrada en calma	15 minutos
9.15	Rueda de bienvenida (círculo de la mañana)	30 minutos
9.45	Juego dirigido (gavilán y pañuelo)	15 minutos
10.00	Itinerario	55 minutos
10.55	Juego libre y almuerzo	1 hora y 20 minutos
*A las 12.15 se terminó la observación		

Tabla 2. Horario seguido el día 29 de enero de 2026 por hámsters

HORARIO	ACTIVIDAD	DURACIÓN
9.00	Entrada en calma	30 minutos
9.30	Rueda de bienvenida (círculo de la mañana)	15 minutos
9.45	Panadería	45 minutos
10.30	Educación física (incluye desplazamiento)	45 minutos
11.15	Almuerzo y juego libre	1 hora
12.15	Actividad externa (Año internacional de los pastizales y pastores, 2026)	1 hora y 30 minutos
13.45	Comida y juego	30 minutos

El juego como desencadenante del aprendizaje científico: aproximación desde una viñeta

Destacamos una viñeta rescatada durante el almuerzo y juego libre del día 29 de enero de 2026:

Cuatro niñas juegan a trasvasar la nieve con diferentes herramientas. Al principio, están las cuatro niñas sobre un montón de nieve en el suelo. Llevan parte de la nieve con un cubo de metal pequeño durante varios viajes hasta el carretillo de metal, que está situado a unos ocho metros de distancia. Una gran bola de nieve no cabe en el cubo. Entonces, es transportada en una base de pizarra hasta el carretillo. Del carretillo pasa a una maceta grande de plástico y, acto seguido, lleva la maceta a la zona donde está el grifo de agua. Rellena la maceta, que todavía contiene la nieve, con agua del grifo. Vuelven hasta el lugar en el que cogieron la maceta y vuelcan el contenido (nieve y agua). Ven el resultado. Se cae la nieve. (Ver figura 1).

Esta viñeta nos permite sugerir que las niñas están intentando resolver tres preguntas implícitas relacionadas con retos implícitos con la enseñanza de las ciencias: 1) Cómo transportar la nieve con menos esfuerzo: inicialmente utilizan un cubo metálico y un carretillo. El cubo sirve para transportar la nieve desde dónde está acumulada hasta el carretillo y el carretillo para transportar un mayor volumen y masa de nieve, con menos esfuerzo; 2) cómo transportar una bola de nieve de un tamaño mayor a la capacidad de los recipientes que tengo a mano (cubo metálico): la decisión implica evaluar la idoneidad de una laja de pizarra a modo de bandeja para transportar la bola de nieve (se evalúa el volumen, que puede transportar la laja de pizarra, la masa de la bola de nieve y la resistencia del material) y 3) qué pasa cuando a la nieve se le añade agua. Desde el punto de vista de los saberes curriculares conceptuales estas preguntas se relacionan con las fuerzas, el volumen y capacidad, las propiedades de los materiales y los cambios de estado. Esta escena está alineada con los hallazgos de Campbell & Speldewinde (2020), quienes indicaron que con frecuencia es el propio alumnado el que inicia el juego en entornos naturales, propiciando situaciones de exploración y descubrimiento que se pueden traducir en aprendizaje científico.

Figura 1. Momentos de la viñeta descrita en la que cuatro niñas juegan con la nieve

Estado del instrumento de análisis

El instrumento se divide tentativamente en dos secciones: 1) Destrezas científicas, por ejemplo la medición y toma de datos: "apunta la temperatura, 4º C, y el tiempo atmosférico (nublado)" [llegada en calma, primer día], también la identificación ["reconoce el sonido que hace un petirrojo", rueda de bienvenida, primer día]; la reflexión, por ejemplo: "el paraguas es de madera para que no le caigan rayos" [actividad de los pastores y pastizales, segundo día] y argumentación, por ejemplo: "[un niño] encuentra un coral fosilizado y menciona un diente de tiburón fosilizado que encontró otro día, eso lo relaciona y explica que allí hubo un mar" [itinerario, primer día] y 2) percepciones sensoriales en contextos de juegos de riesgo, por ejemplo juegos donde los niños pueden desaparecer: "juego de polis y cacos en el bosque" [juego libre y almuerzo, primer día] y juego a gran velocidad: "jugando a pastores y ovejas al final de la actividad" [actividad de los pastores y pastizales, segundo día -ver figura 2-]. Algunas de las destrezas científicas explicitadas anteriormente también permiten vislumbrar la sensibilidad ambiental del alumnado de la escuela bosque Abellota, en línea con lo sugerido por Freire (2011): el contacto con la naturaleza.

Figura 2. Juego a gran velocidad

CONCLUSIONES

La rutina diaria incorpora elementos recurrentes como la llegada en calma, la asamblea inicial, el almuerzo y el juego libre. Por su parte, la viñeta en la que las niñas están trasvasando nieve permite identificar los retos implícitos en el juego espontáneo llevado por ellas y da pie al uso de conceptos científicos como fuerza, volumen, capacidad, propiedades de los materiales o cambios de estado. A pesar de haber observado únicamente dos jornadas en la escuela bosque, esta primera aproximación permite vislumbrar el potencial de la educación en la naturaleza, en línea con Campbell & Speldewinde (2019), quienes reconocen que la educación en la naturaleza ofrece una amplia variedad de recursos para trabajar la enseñanza de las ciencias. También se aprecia entre el alumnado cierta sensibilidad ambiental, tal y como sugiere Freire (2011). Para profundizar en este potencial se continuará con las investigaciones y se ampliará el estudio a las diferentes etapas educativas del centro (infantil y otros cursos de educación primaria) en un proyecto que durará, al menos, dos cursos escolares más.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo Beagle de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (S27_23R), financiado por el Gobierno de Aragón, y a la Cátedra de Educación Ambiental y Transformación Ecosocial, financiada por la Diputación Provincial de Huesca. También al proyecto PID2024-156735NA-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campbell, C., & Howitt, C. (2023). The place of science in the early years. In C. Campbell, & C. Howitt (Eds.), *Science in early childhood* (4th ed., pp. 8–16). Cambridge University Press.

Campbell, C., & Speldewinde, C. (2019). Bush kinder in Australia: A new learning 'place' and its effect on local policy. *Policy Futures in Education, 17*(4), 541–559.

Campbell, C., & Speldewinde, C. (2020). Affordances for science learning in bush kinders. International *Journal of Innovation in Science and Mathematics Education, 28*(3), 1–13.

Dankiw, K. A., Tsiros, M. D., Baldock, K. L., & Kumar, S. (2020). The impacts of unstructured nature play on health in early childhood development: A systematic review. *Plos one, 15*(2), e0229006

Freire, H. (2011). *Educar en verde: Ideas para acercar a niños y niñas a la naturaleza*. GRAO.

García-González, E. y Schenetti, M. (2019). Las escuelas al aire libre como contexto para el aprendizaje de las ciencias en infantil. El caso de la Scuola nel Bosco Villa Guigi. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 16*(2), 2204. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2204

Guarrella, C., van Driel, J., & Cohrssen, C. (2022). Toward assessment for playful learning in early childhood: Influences on teachers' science assessment practices. *Journal of Research in Science Teaching, 60*(3), 608–642.

Kleppe, R., Melhuish, E., & Sandseter, E. B. H. (2017). Identifying and characterizing risky play in the age one-to-three years. *European Early Childhood Education Research Journal, 25*(3), 370–385. https://doi.org/10.1080/1350293X.2017.1308163

Louv, R. (2005). *Los últimos niños en el bosque: Salvemos a nuestros hijos del trastorno por déficit de naturaleza*. Capitán Swing.

Pedreira, M., & Márquez, C. (2019). Experience, explicitation, evolution: processes of learning in a free-choice science museum activity for children up to 6 years of age. *Journal of Emergent Science, 17*(19), 19-31.

Pérez de Ontiveros Molina, A. (2021). La Escuela Bosque como modelo de escuela alternativa: antecedentes, características y repercusión. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad 3*(1), 1303. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2021.v3.i1.1303

Sandseter, E.B.H. (2007). Categorising risky play—how can we identify risk taking in children's play? *European Early Childhood Education Research Journal, 15*(2), 237–252. https://doi.org/10.1080/13502930701321733

Speldewinde, C. (2025). 'Don't Pick, Don't Lick': Connecting Young Children's Risky Play in Nature to Science Education in Australian Bush Kinders. *Early Childhood Education Journal, 53*(4), 1133-1144. https://doi.org/10.1007/s10643-024-01661-5

¿Qué hacemos con NOVA y los Ultraprocesados?

Aurelio Cabello Garrido[1*], *Enrique España Ramos*[1], *Alba Ramos Solano*[1] *y Francisco José González García*[1]

[1]Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España

[*]Correspondencia: aacabellogarrido@gmail.com

RESUMEN: En esta comunicación se reflexiona sobre cómo el uso del enfoque ofrecido por la clasificación NOVA en educación nutricional podría ayudar al profesorado en el contexto global de sindemia, o cocrisis, donde convergen la degradación de la salud pública y la crisis ambiental. Aunque en la última década el sistema NOVA se ha convertido en el más usado en epidemiología para valorar la calidad de las dietas, y a pesar de que el uso del término «alimentos ultraprocesados» (creado por NOVA) se ha generalizado, tanto coloquial como académicamente, no parece estar siendo utilizado en las aulas. Se propone el empleo de NOVA para transformar la enseñanza de la nutrición, pasando de un análisis reduccionista a uno holístico y sistémico que fomente el compromiso político, la alfabetización crítica y el activismo para una ciudadanía global. Esta educación tiene el potencial de capacitar al alumnado en habilidades para la vida, como la cocina, la autoproducción de algunos alimentos, la compra de alimentos frescos o la disminución del desperdicio. Todo ello ayudaría a sustituir progresivamente el marco del sistema alimentario industrial, ahora dominante, por otro agroecológico que pudiera afrontar los retos ambientales a los que nos enfrentamos.

PALABRAS CLAVE: competencia en alimentación; NOVA; UPF; activismo sociopolítico; educación alimentaria

ABSTRACT: This work explores how the use of the NOVA classification in nutrition education could assist teachers within the broader context of a syndemic – or co-crisis – where the deterioration of public health and the environmental crisis converge. Although over the last decade the NOVA system has become the most widely used in epidemiology for assessing diet quality, and despite the fact that the term 'ultra-processed foods' (coined by NOVA) has become widespread, both colloquially and academically, it does not appear to be used in the classroom. We propose the use of NOVA to transform nutrition education, moving from a reductionist analysis to a holistic and systemic one that fosters political engagement, critical literacy and activism for a global citizenship. This education has the potential to equip students with life skills, such as cooking, growing some of their own food, buying fresh produce or reducing food waste. All of this would help to gradually replace the currently dominant industrial food system with an agroecological one capable of addressing the environmental challenges we face.

KEYWORDS: competence in nutrition; NOVA; UPF; sociopolitical activism; nutrition education

INTRODUCCIÓN

La pandemia de enfermedades no transmisibles (ENT) ha recuperado la prevalencia en las causas de muerte, representando aproximadamente el 74% de todas las que se producen en el mundo (WHO, 2025). La alimentación es el principal factor de riesgo modificable para el desarrollo de las ENT, pero fallos sistémicos en los entornos alimentarios e inequidades persistentes siguen impidiendo el acceso a dietas saludables. En 2024, aumentaron los indicadores de desnutrición (emaciación, retraso del crecimiento y obesidad), y 2,6 mil millones de personas no pudieron costear una dieta saludable. En la última década centenares de estudios epidemiológicos en todo el mundo (Lane *et al.*, 2024; The Lancet, 2025) han coincidido en asociar el consumo de alimentos ultraprocesados (UPF, por sus siglas en inglés) con 32 efectos nocivos para la salud, incluyendo un mayor riesgo de enfermedades cardíacas, cáncer, diabetes tipo 2, problemas de salud mental y muerte prematura.

La educación no debería ignorar más tiempo la existencia de NOVA. En esta comunicación se sugiere

cómo aprovechar sus características para abordar la enseñanza de la alimentación desde planteamientos más acordes con los difíciles problemas que se ciernen sobre la humanidad.

NOVA Y LOS ULTRAPROCESADOS

El sistema de clasificación NOVA (Monteiro, 2009) establece cuatro grupos de alimentos según su grado y propósito de procesamiento, no en función de su composición nutricional:

1. los alimentos sin procesar o mínimamente procesados, como frutas, verduras, legumbres, frutos secos, carnes y pescados frescos, leche pasteurizada, huevos o agua;
2. los ingredientes culinarios, como aceites vegetales, mantequilla, azúcar o sal;
3. los alimentos procesados elaborados al añadir ingredientes culinarios a alimentos sin procesar;
4. los alimentos y bebidas ultraprocesados, que son formulaciones industriales elaboradas a partir de sustancias extraídas de alimentos y mezcladas con productos químicos y aditivos cosméticos. Están diseñados para hacerlos muy atractivos, hiperpalatables, no saciantes y muy rentables económicamente para sus fabricantes (Monteiro *et al.,* 2019).

La única recomendación dietética, o Regla de oro, de la clasificación NOVA es preferir siempre alimentos naturales o mínimamente procesados y comidas recién hechas a los UPF (Ministério da saúde de Brasil, 2014).

Los UPF utilizan «productos básicos» (muchos de ellos de origen animal) para extraer sustancias que luego son transformadas y mezcladas. La producción masiva de estos productos básicos (con frecuencia usando semillas modificadas genéticamente para resistir altas dosis de pesticidas), los largos transportes requeridos y los abundantes desperdicios generados provocan fuertes impactos sobre la sostenibilidad de los sistemas alimentarios que se ejercen, además, sobre todas sus dimensiones: la salud, el medio ambiente, el bienestar y la biodiversidad animal, los pequeños agricultores, la tradición culinaria y la vida social (Fardet y Rock, 2020). Aunque no se ha alcanzado un consenso para definir los UPF, se acepta que estos productos aportan al organismo humano nuevas matrices alimentarias no estructuradas y recombinadas, así como nuevos ingredientes y aditivos (Fardet y Rock, 2019) cuyos efectos sobre la salud se están empezando a conocer, si bien el aumento de la obesidad desde 1980 ya es el cambio más rápido en el fenotipo humano de la historia (Behrens *et al.*, 2025).

Gran parte del daño propiciado por los UPF se debe a que se consumen en grandes cantidades, debido a que están diseñados para ser irresistibles y para promover su consumo repetido. El auge global en el consumo de productos ultraprocesados no se debe a decisiones individuales poco informadas, sino a las estrategias de marketing de un conglomerado industrial compuesto principalmente por los fabricantes de UPF unidos a proveedores de ingredientes, de pesticidas y semillas genéticamente modificadas, productores de plástico, grandes cadenas de supermercados o de comida rápida, empresas de publicidad, grupos de presión, grupos de fachada de la industria y socios de investigación (Baker *et al.*, 2025). Gracias a la creciente acumulación de capital que facilita la economía capitalista hegemónica, estos actores generan y controlan el sistema alimentario dominante, llamado *industrial*. Aunque se ha demostrado que cuanto menor es el costo de los alimentos, menor es su densidad nutricional (Darmon y Drewnowski, 2015), una dieta basada en UPF es, en general, más barata que una basada en alimentos mínimamente procesados (Gupta *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2017; Teo, 2018), lo que facilita que las capas sociales con menos recursos económicos opten por estos productos de forma creciente (PAHO, 2015). En una revisión sistemática, Dicken *et al.* (2024) encontraron fuertes vínculos entre una mayor ingesta de UPF y los indicadores de vulnerabilidad social, como un nivel socioeconómico más bajo, un menor nivel educativo y una edad más joven. Así, mientras que alimentos básicos en una dieta saludable, como frutas, verduras y legumbres, son cada vez más inaccesibles para muchas personas a causa de su precio y su dificultad de compra, en zonas geográficas que se han denominado «desiertos de alimentos» (Cummins y Macintyre, 2002), los UPF son económicos y están ampliamente disponibles en todo el mundo (DeRegil *et al.,* 2025).

La Comisión EAT-Lancet (Rockström *et al.* (2025) recomendó transformar los sistemas alimentarios

apoyando a pequeños productores que cultiven alimentos de origen local, empleando razas y semillas tradicionales, para elaborar comidas asequibles y mínimamente procesadas, insertas en la cultura de los consumidores y protegiendo a los hogares de bajos ingresos. Esta idea enlaza directamente con el concepto de soberanía alimentaria (Vía Campesina, 1996), básico para la construcción de un modelo de sistema alimentario alternativo, llamado *agroecológico*, comprometido con la justicia social, medioambiental, económica y política en el mundo. Nos encontramos, por lo tanto, ante lo que se ha denominado sindemia o cocrisis (pandemia de ENT y crisis ambiental global), que en última instancia se deben a modelos de producción y consumo insostenibles, pero muy provechosos económicamente para los grupos financieros que controlan estos sistemas. Las reformas necesarias para enfrentar esta situación incluyen, entre otras, medidas educativas, tanto de la población general como de los profesionales (Behrens *et al.*, 2025).

¿QUÉ PUEDE HACERSE DESDE LA EDUCACIÓN?

De lo expuesto anteriormente, puede concluirse que el tratamiento de esta cuestión en las aulas debe realizarse simultáneamente bajo estos tres enfoques: desde una perspectiva de «competencia en alimentación», con un enfoque holístico y con un enfoque activista de una cuestión socio-científica. A continuación, se justifica brevemente esta posición.

Enfoque desde una perspectiva de competencia en alimentación.

La formación que debe recibir el alumnado, especialmente en la educación obligatoria, debe capacitarlo para que pueda alimentarse adecuadamente a lo largo de su vida. La experiencia acumulada durante décadas ha demostrado que las intervenciones escolares en educación alimentaria son efectivas para modificar el comportamiento dietético de los estudiantes siempre que se integren en el currículum, incluyan experiencias de agricultura básica y cocina, promuevan cambios en el entorno escolar e involucren a las familias y comunidades para reforzar los mensajes sobre alimentación saludable fuera de la escuela (Koch *et al.*, 2023). La *Regla de oro* de NOVA (comer alimentos poco procesados cocinados en casa) implica que las personas dispongan de conocimientos de cocina y sepan cómo comprar alimentos frescos, según su presupuesto. La perspectiva de competencia en alimentación (Cabello *et al.*, 2016) propone un marco de aprendizaje que incluye estas técnicas y ofrece situaciones de aprendizaje donde las y los estudiantes pueden partir de sus dietas reales para analizarlas, comprender el grado de procesamiento de los alimentos que la componen y posteriormente reelaborarlas.

Enfoque holístico

Es importante que el profesorado aprecie la oportunidad que brinda el sistema de clasificación NOVA para ofrecer al alumnado unas recomendaciones dietéticas fáciles de comprender al carecer de la complejidad inherente a la composición nutricional de los alimentos. Esto permite cambiar el enfoque reduccionista tradicional (nutricionismo) por uno holístico que enfatiza la importancia de los alimentos integrales, los patrones dietéticos, las influencias sistémicas de la salud y las interacciones entre los individuos, la sociedad y el medio ambiente (Nix, 2022).

Tanto los problemas ambientales como los de salud generados por los UPF tienen carácter sistémico y la mejor forma de analizarlos es mediante una metodología holística. Emplear un enfoque reduccionista (por ejemplo, centrándose en los nutrientes de los que carece un determinado alimento ultraprocesado o en comparar la huella de carbono de dos alimentos) impide conocer todas las consecuencias de su producción e incluso podría favorecerlos indirectamente, ya que para la industria es fácil reformularlos (Scrinis y Monteiro, 2018), cambiando los ingredientes más polémicos, pero manteniendo el resto, con sus correspondientes problemas en un proceso de «limpieza de etiqueta» (Katz y Williams, 2011) o de *greenwashing* (Nugraha *et al.*, 2024).

Es importante que el profesorado supere la disonancia que representa fomentar mensajes conservacionistas o de promoción de la salud, pero no rechazar el sistema alimentario industrial actualmente dominante: no deben apoyarse mensajes que beneficien a los fabricantes de UPF (*industry-friendly messaging*). Baker *et al.* (2025) han elaborado una larga serie de estrategias y ejemplos empleados por la industria

para mejorar su imagen social, dirigir hacia los consumidores la responsabilidad de los daños producidos por los UPF, generar dudas sobre los resultados de las investigaciones científicas que puedan culparles, cooptar entidades que deben debatir sobre medidas legales, etc. El conocimiento de estos ejemplos constituye una oportunidad de reflexión que puede llevar al profesorado a plantearse cambiar muchos de sus enfoques didácticos.

Enfoque activista de una cuestión socio-científica

Los problemas generados por la producción de alimentos ultraprocesados reúnen todas las características de una cuestión socio-científica: tienen un componente científico-tecnológico; no hay consenso sobre la mejor manera de abordarlos; son cuestiones controvertidas y personalmente relevantes; incluyen aspectos morales y éticos; presentan incertidumbres científicas y riesgos socio-ambientales; afectan a muchas partes interesadas e implican la formación de opiniones y la toma de decisiones tanto a nivel personal como social (Knippels y Simonneaux, 2025). Constituyen una cuestión tan compleja que no puede ser entendida sin identificar sus causas, razonar sobre las maneras de abordarla y proponer respuestas que consideren los principios de justicia social y medioambiental, así como la justicia intergeneracional. Sus dimensiones exigen una respuesta global coordinada que reestructure los sistemas alimentarios para priorizar la salud, la equidad y la sostenibilidad sobre las ganancias corporativas (Baker *et al.*, 2025). Esta respuesta debe proceder de toda la sociedad y la mejor manera de fomentarla desde la escuela es desarrollando la capacidad del alumnado para actuar, expresarse públicamente y participar en la vida democrática, es decir, mediante un enfoque activista (Simonneaux y Simonneaux, 2017).

Las consecuencias de las dietas basadas en UPF son un problema ambiental y de salud global políticamente desatendido (Baker *et al.*, 2025), en cuyo análisis resulta necesario introducir los elementos sociales (poder adquisitivo de los consumidores, entorno urbanístico en el que viven, horarios de trabajo, tradiciones culinarias...) y políticos (sistema alimentario dominante, tipo de etiqueta, imposición de gravámenes, concesión de ayudas...). Por lo tanto, resulta insuficiente una educación científica de «extremo frío» (Simonneaux, 2013) que se limite a motivar a los y las estudiantes a aprender ciencias o a animarles al uso de nuevas tecno-ciencias. Por el contrario, requiere un enfoque de «polo caliente» que fomente los compromisos activistas, más allá de los objetivos relacionados con el conocimiento conceptual y procedimental de la ciencia, y enfatice los valores filosóficos, la politización y la educación crítica para una ciudadanía global (Sjöström y Eilks, 2018).

CONSIDERACIONES FINALES

La transición hacia el paradigma NOVA en la educación es fundamental para que la ciudadanía recupere la soberanía sobre su propia salud y la del planeta. No se trata solo de enseñar sobre nutrición, sino de formar personas críticas capaces de identificar las presiones del sistema alimentario hegemónico y de pasar a la acción sociopolítica.

Como líneas futuras para desarrollar esta investigación, se plantea la necesidad de diseñar propuestas didácticas basadas en este enfoque que sean llevadas a la práctica en contextos reales de primaria, secundaria y formación del profesorado. También es necesario evaluar el impacto de estas intervenciones para comprobar si mejoran la alfabetización alimentaria crítica infantil y juvenil. La investigación debe centrarse en cómo el desarrollo de las dimensiones de la competencia en alimentación se traduce en cambios reales de hábitos y en una mayor conciencia sobre la democratización alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto I+D DGP_PIDI_2024_00622 “Agentes de Inteligencia Artificial para la Educación Crítica sobre la Sostenibilidad de las Ciudades (AIEduSoCi)”, financiado por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía y cofinanciado por la Unión Europea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baker, P., Slater, S., White, M., Wood, B., Contreras, A., Corvalán, C., Gupta, A., Hofman, K., Kruger, P., Laar, A., Lawrence, M., Mafuyeka, M., Mialon, M., Monteiro, C. A., Nanema, S., Phulkerd, S., Popkin, B. M., Serodio, P., Shats, K., … Barquera, S. (2025). Towards unified global action on ultra-processed foods: understanding commercial determinants, countering corporate power, and mobilising a public health response. *The Lancet, 406*(10520), 2703-2726. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01567-3

Behrens, P., Champagne, C., Halford, J., Moodie, M., Proietto, J., Rutter, G., Samaras, K. y Holly, J. (2025). Obesity and climate change: co-crises with common solutions. *Frontiers in Science, 3*:1613595. https://doi.org/10.3389/fsci.2025.1613595

Darmon, N. y Drewnowski, A. (2015). Contribution of food prices and diet cost to socioeconomic disparities in diet quality and health: A systematic review and analysis. *Nutrition Reviews, 73*, 643–660. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv027

Cabello, A., España, E. y Blanco, Á. (2016). *La competencia en alimentación.* Octaedro.

Cummins, S. y Macintyre, S. (2002). "Food deserts"—evidence and assumption in health policy making. *BMJ 325*:436–8. https://doi.org/10.1136/bmj.325.7361.436

De-Regil, L. M., Montez, J., Mahy, L., da Silva Gomes, F., Engelhardt, K., Engesveen, K., Ingenbleek, L. y Yamamoto, R. (2025). Global action on ultra-processed foods: a health, equity, and sustainability imperative. *Lancet, 406*(10520), 2608–2610. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)02326-8

Dicken, S.J., Qamar, S. y Batterham R.L. (2024). Who consumes ultra-processed food? A systematic review of sociodemographic determinants of ultra-processed food consumption from nationally representative samples. *Nutrition Research Reviews 37*(2), 416-56. https://doi.org/10.1017/S0954422423000240

Fardet, A. y Rock, E. (2019). Ultra-processed foods: A new holistic paradigm? *Trends in Food Science in Technology 93,* 174–184. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.016

Fardet, A. y Rock, E. (2020). Ultra-Processed Foods and Food System Sustainability What Are the Links? *Sustainability, 12*, 6280. https://doi.org/10.3390/su12156280

Gupta, S., Hawk, T., Aggarwal, A. y Drewnowski, A. (2019). Characterizing ultra-processed foods by energy density, nutrient density and cost. *Frontiers in Nutrition 6*, 70. https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00070

Katz, B. y Williams L.A. (2011). Cleaning up processed foods. *Food Technology 65,* 33. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123010715

Knippels, M. C. P. y Simonneaux, L. (2025). SSI/SAQ-Based Educ-action to Develop Responsible Citizenship Towards Socio-Political Action: Ways to Deal. En *Challenges of a Changing World in Biology Education: Selected Papers from the ERIDOB 2024 Conference.* Springer Nature.

The Lancet (2025). Ultra-processed foods: time to put health before profit. *Lancet, S0140-6736*. http://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)02322-0

Lane, M. M., Gamage, E., Du, S., Ashtree, D. N., McGuinness, A. J., Gauci, S., Baker, P., Lawrence, M., Rebholz, C. M., Srour, B., Touvier, M., Jacka, F. N., O'Neil, A., Segasby, T. y Marx, W. (2024). Ultra-processed food exposure and adverse health outcomes: Umbrella review of epidemiological meta-analyses. *BMJ, 384*, e077310. https://doi.org/10.1136/bmj-2023-077310

Machado, P. P., Claro, R. M., Canella, D. S., Sarti, F. M. y Levy, R. B. (2017). Price and convenience: The influence of supermarkets on consumption of ultra-processed foods and beverages in Brazil. *Appetite, 116*, 381–388. https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.05.027

Ministério da Saúde, Brasil (2014). *Guia alimentar para a população brasileira*. Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. Brasília.

Monteiro C. A. (2009). Nutrition and health. The issue is not food, nor nutrients, so much as processing. *Public health nutrition, 12*(5), 729–731. https://doi.org/10.1017/S1368980009005291

Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., Moubarac, J. C., Louzada, M. L., Rauber, F., Khandpur, N., Cediel, G., Neri, D., Martinez-Steele, E., Baraldi, L. G. y Jaime, P. C. (2019). Ultra-processed foods: what they are and how to identify them. *Public health nutrition, 22*(5), 936–941. https://doi.org/10.1017/S1368980018003762

Nix, E. (2022). Proposed Changes to Nutrition Curricula in Higher Education. *Journal of nutrition education and behavior, 54*(11), 1042–1046. https://doi.org/10.1016/j.jneb.2022.08.005

Nugraha, W. S., Szakos, D., Süth, M. y Kasza, G. (2024). Greenwashing in the food industry: a systematic review exploring the current situation and possible countermeasures. *Cleaner and Responsible Consumption 15*, 100227. https://doi.org/10.1016/j.clrc.2024.100227

PAHO. (2015). *Ultra-Processed Food and Drink Products in Latin America: Trends, Impact on Obesity, Policy Implications*. Pan American Health Organization.

Rockström, J., Thilsted, S. H., Willett, W. C., Gordon, L. J., Herrero, M., Hicks, C. C., Mason-D'Croz, D., Rao, N., Springmann, M., Wright, E. C., Agustina, R., Bajaj, S., Bunge, A. C., Carducci, B., Conti, C., Covic, N., Fanzo, J., Forouhi, N. G., Gibson, M. F., … DeClerck, F. (2025). The EAT-Lancet Commission on healthy, sustainable, and just food systems. *The Lancet, 406*(10512), 1625–1700. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01201-2

Simonneaux, L. (2013). Questions socialement vives and socioscientific issues: New trends of research to meet the training needs of post-modern society. En *C. Bruguière, A. Tiberghien y P. Clément (Eds.), 9th ESERA Conference Selected Contributions. Topics and trends in current science education* (pp. 37-54). Springer.

Simonneaux, L. y Simonneaux, J. (2017). STEPWISE as a vehicle for scientific and political Educ-action? En *Science and Technology Education Promoting Wellbeing for Individuals, Societies and Environments: STEPWISE* (pp. 565-587). Springer.

Scrinis, G. y Monteiro, C. A. (2018). Ultra-processed foods and the limits of product reformulation. *Public health nutrition, 21*(1), 247–252. https://doi.org/10.1017/S1368980017001392

Sjöström, J. y Eilks, I. (2018). Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. En Dori, Y. J., Mevarech, Z. R., Baker, D. R. (eds) *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education*. *Innovations in Science Education and Technology, vol 24*. Springer.

Teo C. R. P. A. (2018). The partnership between the Brazilian School Feeding Program and family farming: a way for reducing ultra-processed foods in school meals. *Public health nutrition, 21*(1), 230–237. https://doi.org/10.1017/S1368980017002117

Vía Campesina. (1996). Soberanía alimentaria: un futuro sin hambre. *Vía Campesina*. En https://viacampesina.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2024/05/1996-Rom-es.pdf

WHO. (2025). *World Health Statistics 2025: Monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals*. World Health Organization. Geneva.

Observando seres vivos en la naturaleza. Ceguera hacia las plantas en educación primaria

Jerónimo Torres-Porras[1], Jorge Alcántara-Manzanares[1], José Joaquín Ramos-Miras[1], Isabel María Muñoz-García[1], Patricia Hidalgo-Vaquerizas[1]*

[1] Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Córdoba, España

*Correspondencia: jeronimo.torres@uco.es

RESUMEN: Las plantas constituyen un reino fundamental en el planeta, sin embargo, los humanos presentamos dificultades para percibirlas. Ser consciente de este sesgo, denominado ceguera hacia las plantas (*plant blindness*), resulta especialmente relevante en la didáctica de las ciencias experimentales, ya que puede requerir intervenciones educativas específicas. En este contexto, el objetivo de este trabajo es determinar si escolares de educación primaria presentan este sesgo al observar el paisaje que les rodea. El estudio se realizó con 276 escolares de cuarto y quinto y sexto de educación primaria pertenecientes a cuatro centros educativos. La recogida de datos consistió en anotar el primer ser vivo que observaran durante una salida a un parque urbano cercano al centro escolar. Los resultados muestran que solo el 23,55% de las respuestas correspondieron a plantas a pesar de encontrarse en un entorno mayoritariamente conformado por especies vegetales. Se concluye que la población de estudio presenta ceguera hacia las plantas incluso en un entorno natural, lo que pone de manifiesto la relevancia de abordar este sesgo en el ámbito educativo, tanto en la escuela como en la formación universitaria del futuro profesorado.

PALABRAS CLAVE: conciencia hacia las plantas; disparidad de conciencia hacia las plantas; seres vivos; paisaje; sesgos percepción

ABSTRACT: Plants constitute a fundamental kingdom on the planet; however, humans often struggle to perceive them. Being aware of this bias, known as plant blindness, is particularly relevant in science education, as it may require specific educational interventions. In this context, the aim of this study is to determine whether primary schools exhibit this bias when observing their surrounding landscape. The study was conducted with 276 fourth, fifth, and sixth grade students from four different schools. Data collection consisted of noting the first living organism observed during a field trip to a nearby urban park. The results show that only 23.55% of the responses corresponded to plants, despite being in an environment predominantly composed of plant species. The study concludes that the student population exhibits plant blindness even in a natural setting, highlighting the importance of addressing this bias in education, both in schools and in university teacher training programs.

KEYWORDS: Plant awareness; plant awareness disparity; living beings; landscape; perception biases

INTRODUCCIÓN

Las plantas constituyen el reino dominante en el planeta y concentran la mayor parte de la biomasa en comparación con el resto de los seres vivos (Bar-On, Phillips y Milo, 2018). Sin embargo, su relevancia no se limita a su abundancia, la mayoría de la vida en la Tierra depende de ellas, ya que actúan como productores primarios autótrofos, generando materia orgánica a partir de compuestos inorgánicos, liberando oxígeno a la atmósfera y fijando dióxido de carbono, un proceso clave para mitigar el cambio climático.

A pesar de su importancia, beneficios y presencia destacada en los paisajes, se ha sugerido que los seres humanos presentan dificultades para percibir y valorar adecuadamente el reino vegetal. Wandersee y Schussler (2001) argumentaron el fenómeno conocido como ceguera hacia las plantas (*plant blindness*) que hace referencia, entre otros aspectos, a la incapacidad de las personas para notar o centrar su atención en las plantas en su vida cotidiana, a su percepción como un simple fondo para la vida animal,

a la infravaloración de su importancia en la vida diaria y a la falta de conocimientos básicos sobre botánica. Parsley (2020) propuso una revisión de la nomenclatura del fenómeno, sugiriendo el término disparidad de conciencia hacia las plantas (*plant awareness disparity*), y llamó la atención sobre las limitaciones y ambigüedades percibidas en la expresión ceguera hacia las plantas. Recientemente, distintos autores se han referido a este fenómeno como conciencia hacia las plantas (*plant awareness*; Pany et al., 2024; Dünser et al., 2025; Stagg, Hetherington y Dillon, 2025).

En este sentido, diversos estudios indican que existe una preferencia por los animales frente a las plantas (Baird, Lazarowitz y Allman, 1984; Wandersee, 1986; Marbach-Ad, 2004, Torres-Porras et al., 2026). Además, se ha observado una menor capacidad para recordar o prestar atención a imágenes de plantas (Schussler y Olzak 2008; Balas y Momsen, 2014; Bebbington, 2005; Patrick y Tunnicliffe, 2011). Asimismo, a los niños les resulta difícil reconocer a las plantas como seres vivos (Stavy y Max 1989; Yorek, Sahin y Aydin 2009; Villarroel, 2013; Martínez-Losada, García-Barros y Garrido 2014). Esta dificultad persiste en etapas posteriores, ya que incluso los jóvenes presentan problemas para identificar a las plantas como organismos vivos cuando observan un paisaje en un parque (Torres-Porras y Alcántara-Manzanares, 2021).

La denominada ceguera hacia las plantas tiene diversas consecuencias. Por ejemplo, se desarrollan menos proyectos de conservación dirigidos a especies vegetales que a animales (Balding y Williams, 2016) y también puede repercutir negativamente en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en los que las plantas desempeñan un papel fundamental (Amprazis y Papadopoulou, 2020). En el ámbito educativo, resulta necesario considerar este sesgo perceptivo con el fin de corregirlo. No obstante, tanto la enseñanza como el currículo parecen centrarse más en los animales que en las plantas, y los libros de texto tienden a otorgar mayor protagonismo a imágenes de fauna frente a las de flora (Hershey, 2005; Schussler et al., 2010; Link-Perez et al. 2010; Amprazis y Papadopoulou, 2021).

Por otra parte, en la actualidad la sociedad se ha alejado de la naturaleza, por lo que resulta necesario realizar actividades en la naturaleza (Torres-Porras et al., 2017; Torres-Porras, 2020) y promover la biodiversidad y el contacto con el medio natural (Torres-Porras et al., 2023), para que puedan tener una visión holística del paisaje.

El objetivo de esta investigación es determinar si los estudiantes de educación primaria poseen el sesgo de percepción de ceguera hacia las plantas al estar en un parque urbano rodeados de vegetación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio con 276 escolares, 143 niñas y 133 niños (51,81% niñas; 48,19% niños) con una media de edad de 10,55 años, de los cursos de cuarto, quinto y sexto de educación primaria de cuatro colegios distintos de la ciudad de Córdoba.

La toma de datos se realizaba estando en diferentes parques urbanos rodeados de vegetación (Fig. 1), siguiendo la metodología de Torres-Porras et al. (2019). Las salidas se hacían con cada grupo clase, de forma que en cada uno había entre 15 y 25 estudiantes. A cada escolar se le daba una ficha en la que debían registrar sus datos sociodemográficos y buscar y anotar un ser vivo, el primero que encontrasen. Al terminar las anotaciones se hacía una puesta en común y se explicaban los posibles sesgos que hubieran podido cometer.

Figura 1. Parques donde se ha realizado la toma de datos.

Los datos se informatizaron y se crearon dos categorías de respuestas, plantas y animales, en las que se clasificaron todas las respuestas. Estos datos fueron analizados con el programa SPSS a través de Chi-cuadrado.

En relación con las cuestiones éticas, se solicitó a la dirección de cada colegio la correspondiente autorización institucional. Asimismo, se remitió a las familias del alumnado una hoja informativa sobre el estudio junto con el documento de consentimiento informado. La recogida de datos se llevó a cabo de forma anónima y voluntaria, garantizando en todo momento la confidencialidad de la información y contando con el consentimiento informado de las personas participantes. Esta investigación cuenta con el dictamen favorable del Comité Ético de Investigación con Humanos (CEIH) de la Universidad de Córdoba (CEIH-25-10).

RESULTADOS

Al solicitarle a los escolares que buscasen y anotasen un ser vivo, estando en un parque urbano rodeados de árboles y otro tipo de vegetación, siendo los seres vivos predominantes y los que más superficie del paisaje ocupaban, las respuestas respecto a plantas han sido solo de un 23,55%, respecto a los animales, que han sido un 76,45% (Fig. 2).

Encontramos diferencias significativas entre estas respuestas y las que podríamos considerar aleatorias de un 50% de cada categoría (Chi-square = 41,52; p <0,001).

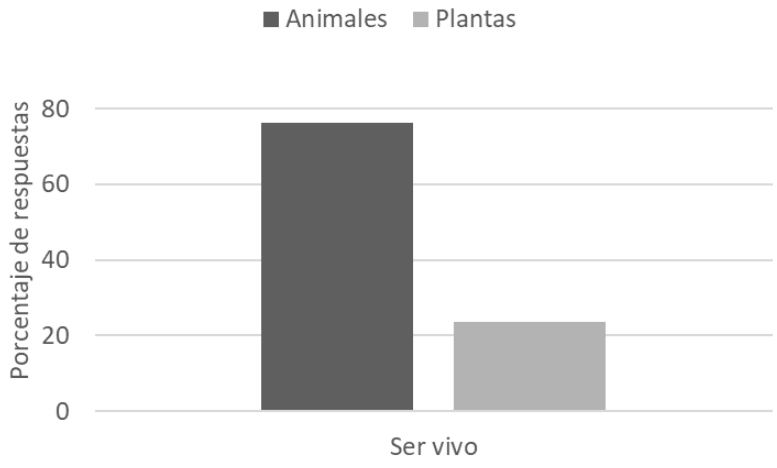


Figura 2. Porcentaje de respuestas en las anotaciones buscando un ser vivo en un parque.

Entre las respuestas de animales predominaba el término genérico pájaro (46) y perro (73), mientras que en las de plantas la más repetida ha sido árbol (39). En animales hay términos más específicos como abeja (1), araña (2), avión común (2), escarabajo (1), gato (1), gorrión (8), hormiga (12), humano (6), lombriz (2), mirlo (6), mosca (2), mosquito (3), paloma (15), saltamontes (1), verderón (1). Entre las plantas, además de árbol o planta genérico (14), estaba arbusto (1), césped (4), flor (3), hierba (1), hoja (1), olivo (1) y palmera (2).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La diversidad de conciencia hacia las plantas es un sesgo que ha sido ampliamente estudiado y definido por la comunidad científica (Wandersee y Schussler, 2001; Parsley, 2020; Dünser et al., 2025; Pany et al., 2024; Stagg, Hetherington y Dillon, 2025) y que puede tener implicaciones a nivel internacional (Balding y Williams, 2016; Amprazis y Papadopoulou, 2020). Sin embargo, hasta el momento no se había comprobado cómo este sesgo puede tener repercusiones en la interpretación del paisaje por alumnado de educación primaria.

En este estudio se observa que el alumnado, durante una salida a un entorno natural y rodeado de vegetación, tiende a identificar antes a los animales como seres vivos que a las plantas, ya que el porcentaje de respuestas que mencionan a este reino es muy reducido. De este modo, se confirma la definición original del concepto, que describe la incapacidad de las personas para percibir o centrar su atención en las plantas en su vida cotidiana, considerándolas como un simple fondo donde se desarrolla la vida (Wandersee y Schussler, 2001).

A partir de estos resultados, se concluye la necesidad de que el profesorado de educación primaria sea consciente de este sesgo con el fin de abordarlo pedagógicamente. En este sentido, resulta fundamental introducir este concepto en la formación inicial del profesorado de los grados de educación, a través de la didáctica de las ciencias experimentales, para que los futuros docentes comprendan que el alumnado puede presentar este sesgo y dispongan de herramientas didácticas para trabajarlo, contribuyendo así a romper el ciclo de ceguera hacia las plantas desde edades tempranas (Torres-Porras et al., 2025).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amprazis, A., Papadopoulou, P., y Malandrakis, G. (2021). Plant blindness and children's recognition of plants as living things: A research in the primary schools context. *Journal of Biological Education*, *55*(2), 139-154. https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1667406

Amprazis, A., y Papadopoulou, P. (2020). Plant blindness: a faddish research interest or a substantive impediment to achieve sustainable development goals? *Environmental Education Research*, *26*(8), 1065-1087. https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1768225

Baird, J. H., Lazarowitz, R., y Allman, V. (1984). Science choices and preferences of middle and secondary school students in Utah. *Journal of Research in Science Teaching*, *21*(1), 47-54. https://doi.org/10.1002/tea.3660210106

Balas, B., y Momsen, J. L. (2014). Attention "blinks" differently for plants and animals. *CBE—Life Sciences Education*, *13*(3), 437-443. https://doi.org/10.1187/cbe.14-05-0080

Balding, M., y Williams, K. J. (2016). Plant blindness and the implications for plant conservation. *Conservation biology*, *30*(6), 1192-1199. https://doi.org/10.1111/cobi.12738

Bar-On, Y. M., Phillips, R., y Milo, R. (2018). The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *115*(25), 6506-6511. https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115

Bebbington, A. (2005). The ability of A-level students to name plants. *Journal of Biological Education*, *39*(2), 63-67. https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655963

Dünser, B., Möller, A., Anđić, B., Lampert, P., Bergmann-Gering, A., y Pany, P. (2025). (Re) growing plant awareness: A Delphi study. *Plants, People, Planet*, *7*(4), 1055-1069. https://doi.org/10.1002/ppp3.10617

Hershey, D. R. (2005). Plant Content in the National Science Education Standards. *American Institute of Biological Sciences.*

Link-Pérez, M. A., Dollo, V. H., Weber, K. M., y Schussler, E. E. (2010). What's in a Name: Differential labelling of plant and animal photographs in two nationally syndicated elementary science textbook series. *International Journal of Science Education*, *32*(9), 1227-1242. https://doi.org/10.1080/09500690903002818

Marbach-Ad, G. (2004). Expectations and difficulties of first-year biology students. *Journal of College Science Teaching*, *33*(5), 18-23. https://www.jstor.org/stable/26491280

Martínez-Losada, C., García-Barros, S., y Garrido, M. (2014). How children characterise living beings and the activities in which they engage. *Journal of Biological Education*, *48*(4), 201-210. https://doi.org/10.1080/00219266.2013.849281

Pany, P., Meier, F. D., Dünser, B., Yanagida, T., Kiehn, M., y Möller, A. (2024). Measuring students' plant awareness: A prerequisite for effective botany education. *Journal of Biological Education*, *58*(5), 1103-1116. https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2159491

Parsley, K. M. (2020). Plant awareness disparity: A case for renaming plant blindness. *Plants, People, Planet*, 2(6), 598-601. https://doi.org/10.1002/ppp3.10153

Patrick, P., y Tunnicliffe, S. D. (2011). What plants and animals do early childhood and primary students' name? Where do they see them? *Journal of Science Education and Technology*, *20*(5), 630-642. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9290-7

Schussler, E. E., Link-Pérez, M. A., Weber, K. M., y Dollo, V. H. (2010). Exploring plant and animal content in elementary science textbooks. *Journal of Biological Education*, *44*(3), 123-128. https://doi.org/10.1080/00219266.2010.9656208

Schussler, E. E., y Olzak, L. A. (2008). It's not easy being green: student recall of plant and animal images. *Journal of Biological Education*, *42*(3), 112-119. https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656123

Stagg, B. C., Hetherington, L., y Dillon, J. (2025). Towards a model of plant awareness in education: A literature review and framework proposal. *International Journal of Science Education*, *47*(4), 539-559. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2342575

Stavy, R., y Wax, N. (1989). Children's conceptions of plants as living things. *Human development*, *32*(2), 88-94. https://doi.org/10.1159/000276367

Torres Porras, J. (2020). Acercar la naturaleza al aula o salir a buscarla, una nueva necesidad. *Cuadernos de Pedagogía*, 506, 10-12.

Torres-Porras, J., Alcántara, J., Arrebola, J.C., Rubio, S.J., y Mora, M. (2017). Trabajando el acercamiento a la naturaleza de los niños y niñas en el Grado de Educación Infantil. Crucial en la sociedad actual. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias,* 14 (1), 258-270. http://hdl.handle.net/10498/18860

Torres-Porras, J., Alcántara-Manzanares, J., Medina Quintana, S., Castro, F., Muñoz García, I. M., López Serrano, M. J., ... y Vaquerizas, P. H. (2023). Promoviendo la biodiversidad y el contacto con la naturaleza en los grados de educación. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 7(2), 69-78. https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.2.9601

Torres-Porras, J., Ramos-Miras, J. J., Castro, F., y Alcántara-Manzanares, J. (2026). Favourite animals, plant awareness, and the forgotten kingdom: addressing low fungal awareness. *Journal of Biological Education*, 1-17. https://doi.org/10.1080/00219266.2025.2523349

Torres-Porras, J., Ramos-Miras, J. J., y Alcántara-Manzanares, J. (2025). The plant blindness and the humans-as-non-animals bias cycles in the educational system. The need to overcome them. *Journal of Biological Education*, *59*(3), 518-529. https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2365668

Torres-Porras, J., y Alcántara-Manzanares, J. (2021). Are plants living beings? Biases in the interpretation of landscape features by pre-service teachers. *Journal of Biological Education*, 55(2), 128-138. https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1667405

Villarroel, J. D. (2013). Environmental judgment in early childhood and its relationship with the understanding of the concept of living beings. *SpringerPlus*, *2*(1), 87. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-87

Wandersee J., H. y Schussler, E. (2001). Toward a Theory of Plant Blindness. *Plant Science Bulletin,* 47 (1): 2–9.

Wandersee, J. H. (1986). Plants or animals—which do junior high school students prefer to study? *Journal of research in science teaching*, *23*(5), 415-426. https://doi.org/10.1002/tea.3660230504

Yorek, N., Şahin, M., y Aydın, H. (2009). Are animals 'more alive' than plants? Animistic-anthropocentric construction of life concept. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *5*(4), 369-378. https://doi.org/10.12973/ejmste/75287

Validación del School Garden Learning Questionnaire (SGLQ): un instrumento competencial para evaluar el aprendizaje en huertos escolares en educación primaria

Enzo Ferrari[1], Marcia Eugenio-Gozalbo[2]

[1]Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain.

[2]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática, Universidad de Valladolid, Valladolid, Spain.

*Correspondencia: enzoferrari@usal.es

RESUMEN: El aprendizaje basado en huertos escolares ha demostrado un potencial significativo para el desarrollo de competencias ambientales en educación primaria, aunque el campo carece de instrumentos fiables que evalúen el aprendizaje en sus múltiples dimensiones. Este estudio presenta y valida el *School Garden Learning Questionnaire* (SGLQ), un instrumento jerárquico de 29 ítems que mide el aprendizaje a través de las dimensiones cognitiva (conocimiento de prácticas sostenibles y razonamiento ecológico-sistémico), conductual (observación de plantas/animales y prácticas de jardinería sostenible) y afectiva (bienestar en la naturaleza, empatía ambiental y disfrute en el huerto) en niños de 9 a 13 años. El instrumento fue desarrollado mediante definición de constructos, revisión por 18 expertos y prueba piloto, siguiendo marcos competenciales como GreenComp, UNESCO y OCDE. Se validó con 520 estudiantes de seis escuelas de educación primaria mediante Análisis Compuesto Confirmatorio dentro del marco PLS-SEM. Los resultados muestran propiedades psicométricas sólidas: fiabilidad compuesta entre 0,76 y 0,90 para las subdimensiones y 0,83 para el modelo integrado, explicando un 62% de la varianza. La validación nomológica reveló correlaciones negativas con la biofobia, más fuertes en los constructos afectivos. La dimensión afectiva emerge como el mecanismo central del aprendizaje en huertos escolares durante la preadolescencia.

PALABRAS CLAVE: huertos escolares; competencias de sostenibilidad; educación primaria; validación de instrumentos; aprendizaje basado en huertos

ABSTRACT: Garden-based learning has demonstrated significant potential for developing environmental competencies in primary education, yet the field lacks reliable instruments assessing learning across its multiple dimensions. This study introduces and validates the School Garden Learning Questionnaire (SGLQ), a hierarchical 29-item instrument measuring learning across cognitive (sustainable practices knowledge, ecological systems reasoning), behavioural (observation of plants/animals, sustainable gardening practices), and affective (well-being in nature, environmental empathy, enjoyment in the garden) dimensions in children aged 9–13. The instrument was developed through construct definition, review by 18 experts, and pilot testing, following competency frameworks such as GreenComp, UNESCO, and OECD. Validation involved 520 students from six primary schools using Confirmatory Composite Analysis within PLS-SEM. Results demonstrate strong psychometric properties: composite reliability ranged from 0.76 to 0.90 for sub-dimensions and 0.83 for the integrated model, explaining 62% of variance. Nomological validation revealed negative correlations with biophobia, strongest for affective constructs. The affective dimension emerges as the core mechanism of garden-based learning during preadolescence.

KEYWORDS: school gardens; sustainability competencies; primary education; instrument validation; garden-based learning

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje basado en huertos escolares es una metodología activa desarrollada en espacios exteriores que proporciona a los estudiantes de primaria contacto directo con elementos naturales (plantas, insectos, suelo, agua), y experiencias prácticas vinculadas al cultivo (Lin et al., 2018). La investigación, fundamentalmente cualitativa, ha mostrado de manera consistente que los programas de huerto escolar impactan positivamente en la comprensión de conceptos científicos (Acharya et al., 2020), promueven la curiosidad y el interés (Wallace, 2019), desarrollan habilidades como la observación y la resolución de problemas, y proporcionan oportunidades para la conexión afectiva con la naturaleza (Eugenio-Gozalbo et al., 2020). Además, las prácticas sostenibles integradas en estos programas (compostaje, uso racional del agua, protección de la biodiversidad), fomentan hábitos proambientales y una mayor apreciación del trabajo agrícola (Eugenio-Gozalbo et al., 2021).

Este aprendizaje multidimensional se alinea con los marcos competenciales de referencia en educación para la sostenibilidad. GreenComp (Bianchi et al., 2022) integra el pensamiento sistémico y crítico; el modelo «cabeza-corazón-manos» de UNESCO (Rieckmann, 2017) diferencia dominios cognitivos, socioemocionales y conductuales; y el marco de la OCDE (Borgonovi et al., 2022) reconoce dimensiones emocionales, cognitivas, conductuales y afectivas. Desde esta perspectiva competencial, los huertos escolares ofrecen un contexto privilegiado para el desarrollo integrado del *saber* (conocimiento de prácticas sostenibles y razonamiento ecológico-sistémico), el *hacer* (observación científica y prácticas de jardinería sostenible) y el *ser* (bienestar, empatía ambiental y disfrute).

Sin embargo, las revisiones del campo han señalado de forma reiterada la falta de rigor metodológico, especialmente en lo relativo a las técnicas de muestreo y la validez de los instrumentos de evaluación (Williams y Dixon, 2013). Los instrumentos existentes se centran en resultados específicos —actividad física (Myers y Wells, 2015), alfabetización en salud (Burt et al., 2017), cohesión social (Burt y Delgado, 2020)—, pero ninguno ofrece un modelo competencial integrador centrado en el niño que combine las dimensiones cognitiva, conductual y afectiva. Este estudio presenta el *School Garden Learning Questionnaire* (SGLQ), un instrumento jerárquico diseñado para colmar esta laguna. Se establecieron las siguientes hipótesis:

H1: *Se espera una estructura factorial jerárquica con subdimensiones diferenciadas que presenten cargas sustanciales sobre su dimensión de orden superior correspondiente, con adecuada validez discriminante entre subdimensiones.*

H2: *La fiabilidad compuesta de cada subescala y escala global superará los umbrales aceptables.*

H3: *Se esperan correlaciones negativas significativas entre todas las dimensiones del SGLQ y la biofobia, siendo la dimensión afectiva la que muestre la correlación inversa más robusta.*

MÉTODO

Desarrollo del instrumento

El SGLQ se desarrolló en cuatro fases: (1) definición de constructos basada en las tres áreas de conocimiento en la educación competencial: cognitiva, conductual y afectiva; (2) generación de ítems a partir de declaraciones de estudiantes en estudios cualitativos previos (Eugenio-Gozalbo et al., 2019, 2021), en lenguaje adaptado a niños de 9–13 años, mediante un proceso iterativo entre dos investigadores y una educadora agroambiental; (3) revisión por un panel de 18 expertos (9 maestros con experiencia en huertos escolares, 1 profesor de secundaria, 5 universitarios y 3 expertos en métodos cuantitativos), eliminando o revisando ítems con acuerdo interjueces inferior al 80%; y (4) prueba piloto con 80 alumnos, con ajustes de redacción, orden y eliminación de ítems ambiguos. El instrumento final consta de 29 ítems.

Estructura del instrumento

El SGLQ se organiza en tres dimensiones de orden superior y siete subdimensiones: Cognitiva, con Prácticas Sostenibles (4 ítems, formato verdadero/falso) y Razonamiento Ecológico-Sistémico (5 ítems); Conductual, con Observación de Plantas y Animales (4 ítems, escala de frecuencia 1–5) y Prácticas de Jardinería Sostenible (3 ítems); y Afectiva, con Bienestar en la Naturaleza (3 ítems, escala de frecuencia 1–5), Empatía Ambiental (4 ítems) y Disfrute en el Huerto (6 ítems). Como criterio externo para la validez nomológica, se incluyó una escala de Biofobia (4 ítems), que mide las respuestas aversivas hacia elementos naturales (Bixler y Floyd, 1997).

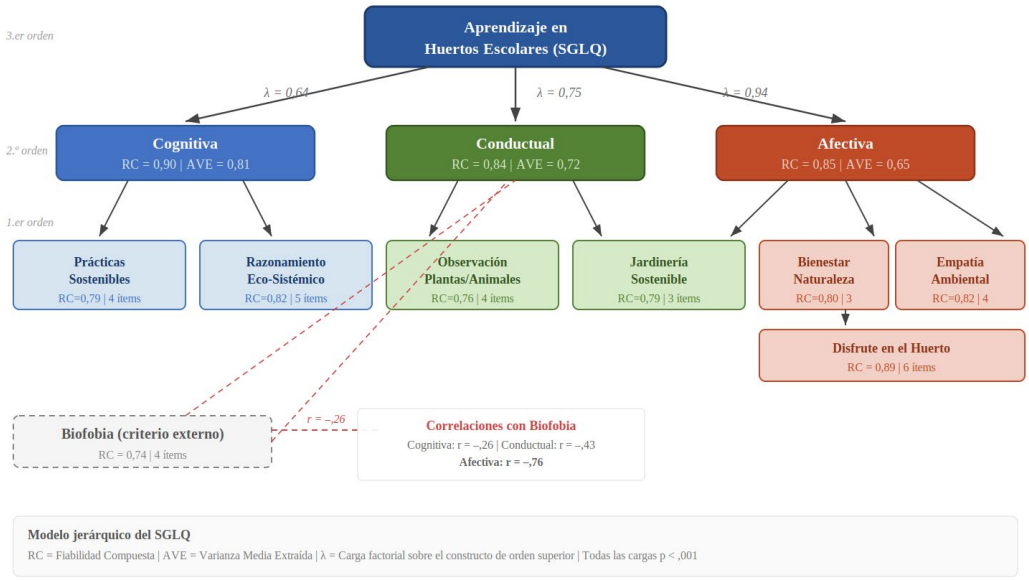


Figura 1. Modelo jerárquico del School Garden Learning Questionnaire (SGLQ). Las líneas discontinuas representan las correlaciones negativas con la biofobia (criterio externo para la validez nomológica).

Participantes y procedimiento

Participaron 520 alumnos de 9 a 13 años (M = 10,5; DT = 0,8) de seis escuelas públicas de educación primaria de Castilla y León (España), con programas de huerto escolar establecidos. La muestra incluyó centros urbanos (65,8%), periurbanos (22,1%) y rurales (11,7%), con alumnado de 4.º (36,9%), 5.º (31,7%) y 6.º curso (30,8%), compuesta por 256 niños (49,2%) y 251 niñas (48,3%). Se utilizó muestreo incidental no probabilístico. Se obtuvo aprobación ética, consentimiento institucional y consentimiento informado de los tutores legales. El cuestionario se administró en papel y se completó en 12–20 minutos.

Análisis de datos

Se verificó la ausencia de sesgo de método común mediante el enfoque de colinealidad completa (Kock, 2017). La validación siguió un procedimiento jerárquico mediante Análisis Compuesto Confirmatorio (CCA) dentro del marco PLS-SEM (Hair et al., 2020), progresando desde los ítems hasta las subdimensiones, las dimensiones competenciales y el constructo global.

RESULTADOS

Ítems y subdimensiones (primer orden)

La Tabla 1 resume las propiedades psicométricas de los ítems y subdimensiones. De los 29 ítems, 23 superaron el umbral de carga de 0,708. Los seis ítems restantes (cargas entre 0,45 y 0,67) resultaron estadísticamente significativos (t > 4,77, p < ,001) y superaron el mínimo de 0,40 (Chin, 2010), justificando su retención. La fiabilidad compuesta de las siete subdimensiones osciló entre 0,76 y 0,89. La Varianza Media Extraída (AVE) osciló entre 0,45 y 0,61. Los ratios HTMT se mantuvieron por debajo de 0,85, y el criterio de Fornell-Larcker confirmó la validez discriminante. Las correlaciones con la biofobia fueron negativas en todas las subdimensiones: cognitivas (r = –,32 a –,24), conductuales (r = –,40 a –,33) y afectivas (r = –,67 a –,37).

Tabla 1. Fiabilidad y validez convergente de las subdimensiones del SGLQ

DIMENSIÓN	SUBDIMENSIÓN	*N* ÍTEMS	RC	AVE	*r*BIOFOBIA
Cognitiva	Prácticas Sostenibles	4	0,79	0,50	–,32
	Razonamiento Ecológico-Sistémico	5	0,82	0,46	–,24
Conductual	Observación Plantas/Animales	4	0,76	0,45	–,40
	Prácticas Jardinería Sostenible	3	0,79	0,56	–,33
Afectiva	Bienestar en la Naturaleza	3	0,80	0,57	–,67
	Empatía Ambiental	4	0,82	0,61	–,57
	Disfrute en el Huerto	6	0,89	0,57	–,37

Nota. RC = fiabilidad compuesta; AVE = varianza media extraída. Todas las cargas significativas a p < ,001.

Dimensiones competenciales (segundo orden)

La Tabla 2 muestra los resultados del segundo nivel jerárquico. Cada subdimensión contribuyó significativamente a su dimensión respectiva. Las cargas más elevadas se registraron en Razonamiento Ecológico-Sistémico (λ = 0,92) y Disfrute en el Huerto (λ = 0,92). La fiabilidad compuesta de las tres dimensiones alcanzó 0,90 (cognitiva), 0,84 (conductual) y 0,85 (afectiva), con AVE entre 0,65 y 0,81. Los ratios HTMT oscilaron entre 0,35 y 0,79. La correlación entre las dimensiones conductual y afectiva (r = 0,58) fue la más fuerte, mientras que la dimensión cognitiva mostró asociaciones más modestas con la conductual (r = 0,26) y la afectiva (r = 0,40), consistente con la brecha conocimiento-acción documentada en la literatura (Kollmuss y Agyeman, 2002). Las correlaciones negativas con la biofobia se mantuvieron: cognitiva (r = –,26), conductual (r = –,43) y afectiva (r = –,76).

Tabla 2. Fiabilidad, validez convergente y correlaciones de las dimensiones de segundo orden

DIMENSIÓN	CARGA (λ)	t	RC	AVE	*r* BIOFOBIA	*r* Cog/Con/Afe
Cognitiva (Cog)	0,64	13,95	0,90	0,81	–,26	—
Conductual (Con)	0,75	34,24	0,84	0,72	–,43	0,26
Afectiva (Afe)	0,94	137,12	0,85	0,65	–,76	0,58 / 0,40

Nota. Cargas sobre el constructo global SGLQ (tercer orden). r Cog/Con/Afe = correlación con las otras dimensiones (Fornell-Larcker). Todas las cargas p < ,001.

Modelo integrado (tercer orden)

Las tres dimensiones convergieron significativamente en un constructo único de competencia ambiental en huertos escolares. La dimensión afectiva presentó la contribución más fuerte (λ = 0,94, t = 137,12), seguida de la conductual (λ = 0,75, t = 34,24) y la cognitiva (λ = 0,64, t = 13,95). El modelo integrado presentó una fiabilidad compuesta de 0,83 y una AVE de 0,62, superando ampliamente los umbrales recomendados (Hair et al., 2020). Este patrón revela que la implicación emocional-motivacional constituye la característica más prominente del aprendizaje en huertos escolares en la población preadolescente, hallazgo consistente con la investigación en psicología del desarrollo (Archambault et al., 2009).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados confirman las tres hipótesis planteadas. La estructura jerárquica tricomponente del SGLQ resuena con los modelos competenciales que diferencian *saber, hacer y sentir* (Frick et al., 2004; Hungerford y Volk, 1990) y con marcos de educación ambiental que enfatizan la agregación jerárquica de niveles de competencia (Bianchi et al., 2022; Wiek et al., 2011). El patrón de correlaciones débiles entre la dimensión cognitiva y las otras dos, frente a la asociación más robusta entre las dimensiones afectiva y conductual, es teóricamente consistente con la brecha conocimiento-acción descrita en la psicología ambiental (Kollmuss y Agyeman, 2002). En esta franja de edad, el conocimiento por sí solo rara vez basta para iniciar comportamientos proambientales sostenidos; son las experiencias emocionales positivas las que activan las vías motivacionales que facilitan la implicación y la práctica (Dyg y Wistoft, 2018; Eugenio-Gozalbo et al., 2019).

La validación nomológica mediante biofobia resultó especialmente reveladora. Las correlaciones negativas progresivamente más fuertes (de la dimensión cognitiva a la conductual y, sobre todo, a la afectiva), indican que el miedo y la aversión a los elementos naturales interfieren fundamentalmente en la conexión emocional de los niños con la naturaleza, y sugieren que los programas de huerto pueden potencialmente reducir estos sentimientos negativos (Lin et al., 2018; Soga et al., 2020). El SGLQ colma una laguna detectada en el campo (Williams y Dixon, 2013) al proporcionar el primer instrumento competencial integrador, centrado en el niño, con evidencia psicométrica multinivel. La estructura tricomponente del modelo (saber, hacer, sentir) y el protagonismo de la dimensión afectiva no son exclusivos del huerto escolar, sino que caracterizan en general las experiencias educativas que vinculan a los niños con elementos naturales en contextos prácticos y vivenciales. Esto abre una vía prometedora para adaptar el SGLQ a otros entornos de aprendizaje no formales e informales en los que se desarrollan competencias ambientales, como granjas escuela, jardines botánicos, aulas de naturaleza, programas de campamentos o iniciativas de educación ambiental en espacios verdes urbanos.

IMPLICACIONES PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones relevantes para la teoría, la política educativa y la práctica docente. En el plano teórico, los datos apoyan un modelo jerárquico donde la experiencia emocional no es un resultado secundario, sino un factor central de orden superior en el aprendizaje en huertos escolares durante la educación primaria (Lumber et al., 2017). Esto invita a desarrollar modelos teóricos que ponderen explícitamente la conexión emocional y el disfrute como determinantes proximales del comportamiento proambiental. En cuanto a la política educativa, el SGLQ proporciona una herramienta de seguimiento creíble alineada con marcos como GreenComp, lo que sugiere la necesidad de proteger el tiempo curricular dedicado al aprendizaje en huertos, no solo como enriquecimiento, sino como contexto facilitador de competencias (Eugenio-Gozalbo y Zuazagoitia, 2023). Para los docentes, los resultados sugieren priorizar experiencias emocionales positivas, frecuentes y diversas en el huerto, abordar explícitamente la biofobia como objetivo pedagógico, y ofrecer tareas diferenciadas que respondan a los distintos perfiles motivacionales observados entre géneros. Finalmente, una línea futura prometedora consiste en adaptar y revalidar el SGLQ para evaluar el aprendizaje competencial en contextos educativos no formales e informales que comparten la lógica del contacto directo con elementos naturales, ampliando así su utilidad como herramienta de seguimiento más allá del ámbito escolar y facilitando la comparación de impactos entre distintos entornos educativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acharya, K., Budhathoki, C., Bjønness, B. y Devkota, B. (2020). School gardening activities as contextual scaffolding for learning science. Educational Action Research, 30, 462–479. https://doi.org/10.1080/09650792.2020.1850494

Archambault, I., Janosz, M., Morizot, J. y Pagani, L. (2009). Adolescent behavioral, affective, and cognitive engagement in school. Journal of School Health, 79(9), 408–415.

Bianchi, G., Pisiotis, U. y Cabrera, M. (2022). GreenComp: The European sustainability competence framework. Publications Office of the EU. https://doi.org/10.2760/13286

Bixler, R. D. y Floyd, M. F. (1997). Nature is scary, disgusting, and uncomfortable. Environment and Behavior, 29(4), 443–467.

Borgonovi, F., Ferrara, A. y Weisz, M. (2022). Environmental sustainability in education: OECD frameworks. OCDE.

Burt, K. G. y Delgado, K. (2020). Development and validation of the Just Community Gardening Survey. Electronic Green Journal, 1(43).

Burt, K. G., Koch, P. y Contento, I. (2017). Development of the GREEN tool. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 117(10), 1517–1527.

Chin, W. W. (2010). How to write up and report PLS analyses. En V. E. Vinzi et al. (Eds.), Handbook of Partial Least Squares (pp. 655–690). Springer.

Dyg, P. M. y Wistoft, K. (2018). Wellbeing in school gardens. Environmental Education Research, 24(8), 1177–1191.

Eugenio-Gozalbo, M., Ramos Truchero, G. y Vallés Rapp, C. (2019). Huertos universitarios: dimensiones de aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias, 37(3), 111–127.

Eugenio-Gozalbo, M., Aragón, L. y Ortega-Cubero, I. (2020). Gardens as science learning contexts. Frontiers in Psychology, 11, 2226.

Eugenio-Gozalbo, M., Ramos-Truchero, G. y Suárez-López, R. (2021). University gardens for sustainable citizenship. IJSHE, 22(3), 516–534.

Eugenio-Gozalbo, M. y Zuazagoitia, D. (Coords.) (2023). STEAM en el huerto. Graó.

Frick, J., Kaiser, F. G. y Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior. Personality and Individual Differences, 37(8), 1597–1613.

Hair, J. F., Hult, G. T., Ringle, C. y Sarstedt, M. (2017). A Primer on PLS-SEM. SAGE.

Hair, J. F., Howard, M. C. y Nitzl, C. (2020). Assessing measurement model quality in PLS-SEM. Journal of Business Research, 109, 101–110.

Hungerford, H. R. y Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. The Journal of Environmental Education, 21(3), 8–21.

Kock, N. (2017). Common method bias: A full collinearity assessment method for PLS-SEM. En Partial Least Squares Path Modeling (pp. 245–257).
Kollmuss, A. y Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally? Environmental Education Research, 8(3), 239–260.
Lin, B., Egerer, M. y Ossola, A. (2018). Urban gardens as a space to engender biophilia. Frontiers in Built Environment, 4, 79.
Lumber, R., Richardson, M. y Sheffield, D. (2017). Beyond knowing nature. PeerJ, 5, e2921.
Myers, B. M. y Wells, N. M. (2015). Children's physical activity while gardening: PARAGON tool. Journal of Physical Activity and Health, 12(4), 522–528.
Rieckmann, M. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. UNESCO.
Soga, M., Evans, M. J., Tsuchiya, K. y Fukano, Y. (2020). Extinction of experience. PLoS Biology, 18(8), e3000718.
Wallace, H. (2019). Transdisciplinary learning in a kitchen garden. International Research in Geographical and Environmental Education, 28, 309–323.
Wiek, A., Withycombe, L. y Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability. Sustainability Science, 6, 203–218.
Williams, D. y Dixon, S. (2013). Impact of garden-based learning on academic outcomes. Review of Educational Research, 83, 211–235.

LÍNEA TEMÁTICA 3

NATURALEZA DE LA CIENCIA, EPISTEMOLOGÍA Y ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Aportaciones relacionadas con la comprensión de la ciencia como forma de conocer el mundo, la naturaleza del conocimiento científico, su enseñanza y su papel en la alfabetización científica del alumnado.

La naturaleza de la ciencia (NOS) en el núcleo de la formación didáctica específica del profesorado

Carlos Agudelo-Carvajal[1], Àngela Garcia-Lladó[1], Carolina Pipitone-Vela[1], Agustín Adúriz-Bravo[2]

[1]Departament d'Educació Lingüística, Científica i Matemàtica, Universitat de Barcelona, España

[2]CONICET, Universidad de Buenos Aires, Argentina

*Correspondencia: agudelocar@ub.edu

RESUMEN: Esta comunicación presenta una propuesta para la formación inicial del profesorado en ciencias centrada en la enseñanza explícita y reflexiva de la naturaleza de la ciencia (NOS, por sus siglas en inglés). Partimos de la consideración de la NOS como un metaconocimiento complejo, cuya enseñanza resulta más efectiva cuando se convierte en un contenido curricular intencional y evaluable. Tras identificar que un abordaje meramente implícito de la NOS no transforma las concepciones ingenuas del profesorado en formación, se diseñó una secuencia de actividades para trabajar de manera sistemática ideas clave tales como observación e inferencia, creatividad, intersubjetividad, uso de modelos, provisionalidad del conocimiento, y relaciones entre ciencia y sociedad. La propuesta combina actividades que permiten movilizar y hacer explícitas distintas dimensiones epistémicas y no epistémicas implicadas en la práctica científica, promoviendo procesos de modelización, generación de evidencias, revisión de interpretaciones y negociación colectiva. Asimismo, se atienden aspectos socioafectivos —como la confianza, la gestión del error y la empatía— que favorecen la participación y el compromiso del estudiantado, especialmente en quienes presentan baja autopercepción de competencia científica. La propuesta aquí presentada pone de manifiesto que las actividades permiten conectar nociones abstractas de NOS con experiencias concretas de aula, contribuyendo a desarrollar una visión de ciencia más compleja, situada y alejada de modelos reduccionistas basados en un método científico único y lineal.

PALABRAS CLAVE: naturaleza de la ciencia; enseñanza explícita y reflexiva; formación inicial del profesorado; propuesta didáctica; dimensiones de la actividad científica

ABSTRACT: This communication presents a proposal for preservice teacher education in science focused on the explicit and reflective teaching of the nature of science (NOS). We begin by considering NOS as a complex form of metaknowledge that can be taught more effectively when it is approached as intentional and assessable curriculum content. After identifying that a merely implicit approach to NOS does not transform the naïve conceptions held by preservice teachers, a sequence of activities was designed to systematically address key ideas such as observation and inference, creativity, intersubjectivity, use of models, the tentative nature of scientific knowledge, and the relationships between science and society. The proposal combines activities that allow different epistemic and non-epistemic dimensions of scientific practice to be mobilized and made explicit, promoting processes of modelling, evidence generation, revision of interpretations, and collective negotiation. Likewise, socio-affective aspects — such as trust, error management, and empathy— are considered, as they foster students' participation and engagement, particularly among those with low self-perceived scientific competence. The proposal that is presented here highlights how these activities help connect abstract NOS notions with concrete classroom experiences, contributing to the development of a more complex and situated view of science, one that moves away from reductionist models based on a single, linear scientific method.

KEYWORDS: nature of science; explicit and reflective teaching; preservice teacher education; didactical proposal; dimensions of the scientific activity

IMPORTANCIA DEL ABORDAJE EXPLÍCITO DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

La naturaleza de la ciencia (NOS, por sus siglas en inglés) es un metaconocimiento sobre la ciencia construido con aportes de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia, cuyo significado preciso es todavía difícil de definir al interior de nuestra comunidad (Acevedo-Díaz y García-Carmona 2015). En relación con cómo enseñar NOS, la investigación muestra un amplio consenso en que su enseñanza resulta más efectiva cuando se aborda mediante un enfoque didáctico *explícito* y *reflexivo* (Abd-El-Khalick y Lederman 2023). Este enfoque implica concebir la NOS como un contenido curricular específico, con objetivos de aprendizaje propios, cuya enseñanza requiere el diseño de actividades que fomenten la reflexión y el debate en el aula, así como el uso de estrategias de evaluación coherentes que permitan identificar la comprensión del estudiantado y orientar la retroacción necesaria para su mejora (García-Carmona 2020, 2023)que solo suelen estar focalizados en prácticas epistémicas. Para ello, (1.

A partir de estudios previos en formación del profesorado de primaria, se ha visto que, tras cursar una asignatura de didáctica de la física y la química donde la NOS se trabajó de forma implícita (Garcia-Lladó, et al., 2021), el profesorado continúa mostrando una visión ingenua, prácticamente igual a la inicial. Esto revela una desconexión entre la experiencia de aula y sus concepciones sobre la NOS. Por ello, el equipo docente diseñó una secuencia de actividades para abordar algunas ideas clave de NOS en las primeras sesiones, de modo que pudieran retomarse durante el curso al trabajar los modelos científicos escolares (materia, cambio químico, energía, fuerza, etc.) y su didáctica. En este trabajo presentamos dicha secuencia, las ideas que se abordan y ejemplos de cómo se referencian nuevamente durante el curso para explicitar lo que inicialmente se trató de manera implícita.

QUÉ NOS ABORDAMOS EN LA FORMACIÓN INICIAL

Esta propuesta se fundamenta en el trabajo de García-Carmona y Acevedo-Díaz (2015) que resalta aquellas ideas (Tabla 1) fundamentales sobre la ciencia que han generado un cierto consenso en la comunidad didáctica, teniendo en cuenta que la NOS que se espera que se aprenda al final de la escolaridad sea más compleja.

Tabla 1. Ideas elementales de NOS. Adaptada de García-Carmona y Acevedo-Díaz (2015)

IDEA CLAVE NOS	Nociones principales
Observación e inferencia	Observar es obtener datos; inferir es interpretarlos. Distintas interpretaciones generan teorías diferentes.
Leyes y teorías	Las leyes describen fenómenos; las teorías los explican y predicen. No hay jerarquía entre ellas.
Evidencia empírica	El conocimiento científico tiene base empírica, pero está cargado de teoría.
Métodos de la ciencia	No hay un método único. Se usan diversas estrategias, con errores y hallazgos inesperados.
Creatividad	La creatividad es clave para formular preguntas, hipótesis y diseños experimentales.
Objetividad y subjetividad	La construcción del conocimiento está influida por factores personales, compensados por el consenso científico.
Conocimiento tentativo	El conocimiento científico es provisional y puede cambiar con nuevas pruebas, instrumentos, modelos y teorías.
Ciencia y sociedad	La ciencia se ve afectada por el contexto social y también influye en la sociedad.

Abordar estas ideas en la formación inicial del profesorado está fundamentado en que los contenidos NOS se deberían seleccionar por su valor para la educación científica de la ciudadanía y con base en la historia y la filosofía de la ciencia, *advertidos* por la sociología de la ciencia contra el dogmatismo, el triunfalismo, el elitismo y el sesgo de género propios de las visiones cientificistas (Izquierdo et al. 2016).

FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICA DEL DISEÑO DE LA PROPUESTA

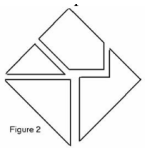
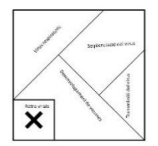
La enseñanza de las ciencias que conciba a estas como un cuerpo de verdades objetivas y cerradas tiende a generar desinterés y fatiga en el estudiantado, tal como advierte Izquierdo (2013). En contraste, diversos estudios desarrollados previamente (Pipitone-Vela y Garcia-Lladó, 2020) muestran que la inclusión de contenidos de NOS lleva a que el profesorado en formación inicial (PFI) evidencie cambios favorables en sus emociones hacia la física y la química. Este cambio emocional está asociado a la incorporación de factores metodológicos y al hecho de considerar dimensiones no-epistémicas (García-Carmona 2020), que transforman la experiencia de aprendizaje. Entre los primeros, destacan las actividades dialógicas a partir de la experimentación, que favorecen modos activos de construcción de significado y permiten al PFI participar en dinámicas auténticas de "hacer ciencia" en el aula. Esto contribuye tanto a la mejora de su comprensión conceptual como a la resignificación emocional de su relación con las ciencias.

De la misma manera, considerar aspectos relacionados con las dimensiones no-epistémicas desempeña un papel decisivo en la experiencia de aprendizaje, ya que establece un vínculo pedagógico basado en la atención a la diversidad, la empatía, el respeto, la confianza y la creación de espacios de reflexión, así como el uso formativo del error como herramienta para generar conflicto cognitivo y favorecer la construcción y evolución del conocimiento (Pipitone et al., 2019). Superar el miedo a equivocarse es especialmente relevante en estudiantes con escasa autopercepción de competencia científica y pedagógica en ciencias. La interacción simultánea y articulada de estos factores metodológicos y socioafectivos resulta esencial para desarrollar una visión de ciencia más realista y más cercana al estudiantado.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

En la Tabla 2 se presenta una lista de las actividades, cada una de ellas asociada a las principales ideas de NOS que se trabajan.

Tabla 2. Descripción de las actividades propuestas

ACTIVIDAD	IDEAS DE NOS	DESARROLLO	BASADA EN / ADAPTADA DE
Resolvemos un caso de asesinato	• Observación e inferencia • Uso de modelos	Para el desarrollo de la actividad utilizamos un capítulo del libro *Crímenes ilustrados*. El alumnado tiene que usar las pistas gráficas para encontrar al supuesto culpable. A partir de los datos que identifican, elaboran una historia plausible de los hechos. Inicialmente, cada equipo de 3 o 4 personas hace una propuesta que se comparte y se debate en grupo general para intentar llegar a un acuerdo general de explicación.	García y De Castro (2021). *Crímenes ilustrados*. Penguin Random House Grupo Editorial. ISBN 978-84-01-02591-4
Tangram	• Conocimiento tentativo • Papel de la creatividad	Se entrega al alumnado las piezas para que formen un primer cuadrado Una vez resuelto, se entrega una nueva pieza (X) para que formen un nuevo cuadrado. Posteriormente se pide que identifiquen avances científicos reales que puedan estar representados en la nueva figura.  	Choi, J. (2004)., *Sleepy Hollow High School, Westchester*, NY en Science Teacher Program

Caja negra	• Uso de modelos • Intersubjetividad • Observación e inferencia • Papel de la creatividad	Se entrega al alumnado una caja con objetos, cuerdas cruzadas y una cierta estructura interna (en la foto un trozo de madera). Se pide al alumnado que haga un listado de los objetos y que explique y represente como están unidas las cuerdas. Después de una primera representación hecha en equipos, se les ofrecen otros instrumentos como cuerdas para hacer simulaciones e imanes para aumentar el tipo de interacciones con el interior de la caja. Aunque el alumnado muestra especial interés por abrir la caja para "comprobar" si la representación es "correcta", se plantea la reflexión que el modelo (o modelos) consensuado(s) es el mejor que se tiene hasta el momento. 	Beard J. (1989). Mystery boxes: Uncertainty, collaboration and scientific argumentation.
Tricky tracks	• Observación e inferencia • Evidencia empírica	A partir de la imagen se le pide al estudiantado que describa la imagen y que imagine una historia que la explique. Posteriormente, se pone en común y se discute sobre qué es lo que han observado y qué es lo que inferido. Una posible variante es presentar un trozo de la figura y que después de haberla interpretado, hagan una predicción de lo que verían si se ampliara el plano de visión.	Warren, D. (2001). *The nature of science: Understanding what science is all about*. Royal Society of Chemistry.
Tres casos paradigmáticos de la historia	• Evidencia empírica. • Ciencia y sociedad. • Métodos de la ciencia.	Se propone al alumnado la lectura de las tres historias: *El guiso fantasmagórico*, *Vampiros en Valaquia* y un relato sobre la fiebre puerperal. Se les pide que identifiquen elementos de la práctica científica. Se trabaja la idea de que hay elementos comunes en cada una de las historias, pero que no todas tienen la misma manera de proceder. Se trata de que identifiquen características de la práctica científica, pero al mismo tiempo vean que no hay una única manera de llevarla adelante. Además, es posible trabajar cuestiones vinculadas con la perspectiva de género, las jerarquías y la influencia del contexto socio-político en el momento que se genera ese conocimiento científico.	Adúriz-Bravo, A. (2005). *Vampiros en Valaquia.* Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Adúriz-Bravo, A. (2005). *El guiso fantasmagórico: Relato de la mítica invención de los marcadores radiactivos.* Buenos Aires: MECyT. Díaz, J.A., García-Carmona, A., & Aragón, M.M. (2016). Un caso de historia de la ciencia para aprender naturaleza de la ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 408-422.

Estas actividades propuestas no requieren ser presentadas en una secuenciación determinada, ya que no suponen la progresión de ideas a desarrollar. Cada una de las actividades funciona bien con cierta independencia de las otras para destacar una o más ideas de NOS.

Por ejemplo, con la actividad del tangram y la de la caja negra es posible generar reflexiones a partir de la introducción de las siguientes ideas clave de NOS:

Tangram

- El conocimiento científico se construye a partir del enriquecimiento de modelos que dan explicación a los datos que se obtienen de los experimentos.
- La aparición de nuevas evidencias puede llevar a la reinterpretación de los datos que ya se tenían y dar lugar a nuevos modelos que permiten mejores explicaciones y predicciones.
- El conocimiento científico es fiable, pero nunca se puede dar por definitivo. Es modificable y nunca perfecto.

- Se cambiará siempre que haya un conjunto de evidencias que así lo necesite.
- En cada momento de la historia, las teorías o modelos que quedan atrás no son errores, sino que han sido el camino para llegar a las actuales.

Caja negra:

- La ciencia es una actividad social: el conocimiento se construye en equipo y es necesario poner en juego diferentes miradas, habilidades, conocimientos previos, etc. Con todo ello se busca la intersubjetividad.
- La creatividad es necesaria para imaginar modelos iniciales, analogías, etc., de manera que se pueda dar el salto de las observaciones al modelo y ensayar cómo ponerlo a prueba.
- La evidencia empírica ayuda a generar consenso y a poner a prueba los modelos, pero no es suficiente, ya que debe ser interpretada de manera razonable y coherente con el conocimiento actual.
- En muchas ocasiones, la observación empírica no puede ser directa y es necesario interpretar observaciones indirectas para construir los modelos, especialmente en situaciones alejadas de las escalas humanas de tiempo, de tamaño, de masa, de velocidad, de distancia, etc.
- Los instrumentos científicos, en particular, y los recursos que se tengan, en general, condicionan las observaciones y por tanto la financiación (intereses, prioridades, etc.) es un condicionante.

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN

De la experiencia observamos que la incorporación explícita de la Naturaleza de la Ciencia (NOS) en la formación inicial del profesorado contribuye a superar visiones simplificadas y a promover una comprensión más crítica y contextualizada de la ciencia. Las actividades experimentales y dialógicas generan mejoras emocionales y mayor implicación del alumnado, reforzando su relación con la física y la química.

Asimismo, la inclusión de dimensiones no epistémicas —como el uso formativo del error— crea un clima de confianza que favorece la participación, especialmente en quienes se perciben con baja competencia científica.

En conjunto, la implementación de la secuencia y la reflexión docente sobre su implementación indican que la combinación de enfoques metodológicos y socioafectivos contribuyen a una formación del profesorado capaz de enseñar ciencias de manera más realista y más cercana al alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto PID2022-138166NB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España) y con el apoyo del grupo de investigación SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. (2023). «Research on Teaching, Learning, and Assessment of Nature of Science». en *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.

Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, *13*(1), pp. 3–19. https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2949

García-Carmona, A. (2020). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, *18*(1), 1108. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108.

García-Carmona, A. (2023). «Improving Preservice Primary Teachers' Understanding of the Nature of Methods of Science Through Reflective Reading of News Articles». *Science & Education* 32(6):1847-67. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00338-y

García-Lladó, Á., Pipitone-Vela, C. Agudelo-Carvajal, C. (2021). Relation Between emotions & Nature of Science in a Pre-service Teacher Training Course. ESERA. Braga, Portugal.

Izquierdo-Aymerich, M. 2013. «La química ¿emociona?» *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas, Vol. 2, p 307-327.* Grupo de investigación DEPROFE.

Izquierdo-Aymerich, M., García-Martínez, A., Quintanilla-Gatica, M. y Adúriz-Bravo, A. 2016. *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Pipitone, C. Guitart, F., Agudelo, C. y García Lladó, A. (2019). Favoreciendo el cambio emocional positivo hacia las ciencias en la formación inicial del profesorado. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(1), 41-54. https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.1.4608

Pipitone-Vela, C., & García-Lladó, Á. (2020). Factores que promueven el cambio emocional del profesorado en formación inicial hacia la física y la química en época de pandemia: presencialidad vs virtualidad. *Investigación en la Escuela, 102*, 32–53. https://doi.org/10.12795/IE.2020.i102.03

Evolución del concepto de alfabetización científica en educación infantil: del modelo deficitario a la participación ciudadana (2000-2024)

Juan-Francisco Álvarez-Herrero

Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Universidad de Alicante, España

* Correspondencia: juanfran.alvarez@ua.es

RESUMEN: Este trabajo analiza la evolución conceptual de la alfabetización científica aplicada a la educación infantil durante las últimas dos décadas y media mediante revisión sistemática de literatura científica. A través del análisis de 47 artículos publicados en revistas de alto impacto (Science Education, Journal of Research in Science Teaching, International Journal of Science Education), se identifican tres paradigmas sucesivos que han dominado el discurso académico: (1) el modelo deficitario-transmisivo (2000-2008), centrado en la adquisición de conocimientos científicos básicos; (2) el modelo constructivista-competencial (2009-2016), enfocado en el desarrollo de habilidades de indagación y pensamiento científico; y (3) el modelo socio-participativo (2017-2024), que conceptualiza la alfabetización científica como capacidad para participar informadamente en debates sociocientíficos y ejercer ciudadanía activa. Los resultados evidencian un desplazamiento progresivo desde concepciones exclusivamente cognitivas hacia visiones que integran dimensiones epistémicas, procedimentales, actitudinales y socio-políticas. Sin embargo, persiste una tensión entre estas conceptualizaciones teóricas y las prácticas educativas documentadas en infantil, que permanecen mayoritariamente ancladas en el primer paradigma. Se propone un marco integrador de alfabetización científica temprana que articule las tres dimensiones (conocer, hacer, participar) desde los 3-6 años, con implicaciones para el diseño curricular, la formación docente y la investigación en didáctica de las ciencias.

PALABRAS CLAVE: alfabetización científica; educación infantil; revisión sistemática; paradigmas educativos; ciudadanía científica

ABSTRACT: This work analyzes the conceptual evolution of scientific literacy applied to early childhood education during the last two and a half decades through systematic literature review. Through analysis of 47 articles published in high-impact journals (Science Education, Journal of Research in Science Teaching, International Journal of Science Education), three successive paradigms dominating academic discourse are identified: (1) the deficit-transmissive model (2000-2008), focused on acquisition of basic scientific knowledge; (2) the constructivist-competency model (2009-2016), focused on developing inquiry skills and scientific thinking; and (3) the socio-participatory model (2017-2024), conceptualizing scientific literacy as capacity to participate informedly in socio-scientific debates and exercise active citizenship. Results evidence a progressive shift from exclusively cognitive conceptions toward visions integrating epistemic, procedural, attitudinal, and socio-political dimensions. However, tension persists between these theoretical conceptualizations and documented educational practices in early childhood, which remain mostly anchored in the first paradigm. An integrative framework for early scientific literacy is proposed, articulating three dimensions (knowing, doing, participating) from ages 3-6, with implications for curriculum design, teacher training, and research in science education.

KEYWORDS: scientific literacy; early childhood education; systematic review; educational paradigms; scientific citizenship

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

El concepto de alfabetización científica (scientific literacy) emerge en la literatura educativa anglosajona a finales de los años 1950, pero su aplicación específica a la educación infantil es relativamente reciente.

Mientras que en etapas superiores existe amplio consenso sobre la centralidad de la alfabetización científica como meta educativa (Bybee, 1997; DeBoer, 2000), en educación infantil persisten debates fundamentales sobre qué significa "ser alfabetizado científicamente" a los 3-6 años y cómo operacionalizar este constructo en objetivos, contenidos y metodologías.

Cañal (2004) planteó que la alfabetización científica en infantil debe entenderse como un proceso de aproximación inicial a las formas de mirar, preguntar y explicar propias del conocimiento científico, aprovechando la curiosidad natural de la infancia. Sin embargo, esta definición, ampliamente citada en el contexto español, contrasta con otras conceptualizaciones más recientes que enfatizan dimensiones críticas y participativas (Garzón y Martínez, 2017).

Este trabajo parte de la hipótesis de que la conceptualización de alfabetización científica en infantil ha experimentado transformaciones sustanciales en las últimas décadas, paralelamente a cambios más amplios en la filosofía educativa y en la comprensión de la naturaleza de la ciencia. Comprender esta evolución resulta esencial para orientar políticas curriculares, programas de formación docente e investigaciones futuras.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo principal es caracterizar la evolución conceptual de la alfabetización científica aplicada a la educación infantil entre 2000-2024, identificando paradigmas dominantes, tensiones teóricas y tendencias emergentes. Los objetivos específicos son: (1) identificar definiciones y componentes de alfabetización científica propuestos para la etapa 3-6 años, (2) analizar cómo se conceptualiza el rol del niño/a (receptor pasivo, constructor activo, participante social), y (3) examinar las metodologías propuestas para desarrollar la alfabetización científica en educación infantil.

Diseño y protocolo de búsqueda

Se aplicó revisión sistemática siguiendo protocolo PRISMA adaptado a la investigación educativa. Las búsquedas se realizaron en Web of Science, Scopus y ERIC durante octubre-noviembre 2025. Los términos de búsqueda junto con el uso de operadores boleanos, fueron: ("scientific literacy" OR "science literacy") AND ("early childhood" OR "preschool" OR "kindergarten" OR "ages 3-6"). Criterios de inclusión: (1) artículos en revistas indexadas Q1-Q2, (2) publicados entre los años 2000 y 2024, (3) enfoque explícito en la conceptualización teórica de la alfabetización científica, y (4) referencia específica a la etapa de 3-6 años. Se excluyeron estudios centrados exclusivamente en contenidos específicos (p.ej., solo biología) sin una reflexión conceptual más amplia.

Análisis de datos

De los 284 registros iniciales, 47 cumplieron con los criterios de inclusión tras una revisión completa. Dos investigadores analizaron independientemente cada artículo codificando: (1) definición explícita de alfabetización científica, (2) componentes/dimensiones propuestos, (3) metáforas educativas subyacentes (transmisión, construcción, participación), (4) metodologías recomendadas, y (5) rol atribuido al niño/a. El análisis temático iterativo identificó patrones temporales mediante comparación constante, hasta alcanzar la saturación teórica. La concordancia intercodificador fue κ=0,81.

RESULTADOS

El análisis revela tres paradigmas cronológicamente identificables, aunque con solapamientos y coexistencias (Tabla 1).

Tabla 1. Paradigmas de alfabetización científica en educación infantil (2000-2024)

Paradigma	Período	Definición clave	Rol del niño/a	Metodología
Deficitario-transmisivo	2000-2008	Adquisición de vocabulario y conceptos científicos básicos	Receptor pasivo de conocimiento	Transmisión directa, experimentos demostrativos

Constructivista-competencial	2009-2016	Desarrollo de habilidades científicas: observar, preguntar, predecir, experimentar	Constructor activo, pequeño científico	Indagación guiada, ciclo de aprendizaje
Socio-participativo	2017-2024	Capacidad para participar en debates sociocientíficos y ejercer ciudadanía	Agente social, futuro ciudadano	Cuestiones sociocientíficas, proyectos comunitarios

Paradigma 1: Modelo deficitario-transmisivo (2000-2008)

Los trabajos de esta fase conceptualizan la alfabetización científica primariamente como adquisición de vocabulario científico y comprensión de fenómenos naturales básicos. French (2004) es representativo al definirla como "familiarización con terminología científica apropiada a la edad". El/La niño/a es visto como recipiente a llenar con conocimientos preparatorios para etapas posteriores. Las metodologías enfatizan las demostraciones del docente y las actividades estructuradas con resultados predeterminados.

Paradigma 2: Modelo constructivista-competencial (2009-2016)

El giro hacia las competencias redefine la alfabetización científica como un conjunto de habilidades procedimentales. Eshach y Fried (2005) argumentan que los/as niños/as de infantil pueden desarrollar capacidades científicas genuinas: formular preguntas investigables, hacer observaciones sistemáticas, y proponer explicaciones basadas en evidencias. Esta fase incorpora explícitamente teorías constructivistas (Piaget, Vygotsky) y enfatiza el aprendizaje por indagación. El/La niño/a pasa de receptor a "pequeño científico" que construye activamente conocimiento.

Paradigma 3: Modelo socio-participativo (2017-2024)

Los trabajos más recientes incorporan dimensiones críticas y participativas. Campbell et al. (2018) proponen que la alfabetización científica temprana debe incluir la capacidad de identificar cuestiones socialmente relevantes vinculadas a las ciencias (contaminación local, alimentación saludable) y participar en acciones colectivas apropiadas a la edad (campañas de reciclaje, huertos escolares). Esta conceptualización conecta con perspectivas de educación para la ciudadanía y la justicia social. El/La niño/a es reconocido como agente social que puede influir en su entorno.

DISCUSIÓN

La evolución identificada refleja cambios epistemológicos más amplios en didáctica de las ciencias. El desplazamiento desde modelos transmisivos hacia participativos es coherente con debates internacionales sobre las finalidades de la educación científica en las democracias contemporáneas (Feinstein, 2011). Sin embargo, persiste una tensión documentada entre estas elaboraciones teóricas y las prácticas reales en las aulas de educación infantil (García-Carmona et al., 2014).

Investigaciones empíricas sobre prácticas docentes en infantil (Alexander et al., 2012; Gerde et al., 2013) evidencian que la mayoría de maestros/as permanecen anclados en concepciones del primer paradigma, priorizando la transmisión de contenidos sobre el desarrollo de competencias o la participación. Esta brecha teoría-práctica sugiere que las conceptualizaciones académicas no se están trasladando efectivamente a la formación inicial y continua del profesorado.

Un hallazgo relevante es que los tres paradigmas no se han sucedido linealmente sino que coexisten. En publicaciones recientes aún encontramos trabajos que defienden enfoques transmisivos, mientras que algunos estudios pioneros de los años 2000 ya anticipaban elementos del tercer paradigma. Esto sugiere que la evolución conceptual en didáctica de las ciencias es más compleja que simples sustituciones paradigmáticas.

La emergencia del paradigma socio-participativo plantea desafíos metodológicos y éticos importantes. ¿Cómo trabajar cuestiones sociocientíficas potencialmente controvertidas con niños/as de 3-6 años sin adoctrinar? ¿Qué significa "participación ciudadana" a estas edades? Investigaciones futuras deben operacionalizar estos conceptos de forma apropiada al desarrollo infantil, evitando tanto la subestimación de capacidades como expectativas irrealistas.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Este análisis evidencia que el concepto de alfabetización científica en educación infantil ha experimentado transformaciones sustanciales, desde visiones exclusivamente cognitivas hacia conceptualizaciones que integran dimensiones epistémicas, procedimentales, actitudinales y socio-políticas. Las implicaciones para la didáctica de las ciencias son múltiples:

- Los programas de formación inicial de maestros/as de infantil deben actualizar sus concepciones de alfabetización científica, superando el paradigma transmisivo que aún domina.
- El diseño curricular debe articular explícitamente las tres dimensiones (conocer, hacer, participar), evitando reduccionismos hacia cualquiera de ellas.
- Se requieren investigaciones empíricas que documenten cómo implementar efectivamente el paradigma socio-participativo en aulas de infantil, con ejemplos concretos de cuestiones sociocientíficas apropiadas a 3-6 años.
- Los materiales didácticos comerciales para la educación científica en infantil deben evaluarse críticamente según qué paradigma de alfabetización científica promueven.

Indicar como limitación, que esta revisión se centró en literatura anglófona de alto impacto, potencialmente excluyendo contribuciones valiosas en otras lenguas o en publicaciones de menor difusión internacional. Estudios futuros deberían ampliar el corpus para capturar desarrollos conceptuales en contextos no anglófonos, particularmente de España y de América Latina, donde existe una rica tradición en educación popular y en ciencia comunitaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, J. M., Johnson, K. E. y Kelley, K. (2012). Longitudinal analysis of the relations between opportunities to learn about science and the development of interests related to science. *Science Education, 96*(5), 763–786. https://doi.org/10.1002/sce.21018

Bybee, R. W. (1997). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. Heinemann.

Campbell, C., Speldewinde, C., Howitt, C. y MacDonald, A. (2018). STEM practice in the early years. *Creative Education, 9*(1), 11–25. https://doi.org/10.4236/ce.2018.91002

Cañal, P. (2004). La alfabetización científica: ¿necesidad o utopía? *Culture and Education, 16*(3), 245–257. https://doi.org/10.1174/1135640042360951

DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 582–601. https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L

Eshach, H. y Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology, 14*(3), 315–336. https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9

Feinstein, N. (2011). Salvaging science literacy. *Science Education, 95*(1), 168–185. https://doi.org/10.1002/sce.20414

French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. *Early Childhood Research Quarterly, 19*(1), 138–149. https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.004

García-Carmona, A., Criado, A. M., y Cañal, P. (2014). Alfabetización científica en la etapa 3-6 años: un análisis de la regulación estatal de enseñanzas mínimas. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación Y Experiencias didácticas, 32*(2), 131–149. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.817

Garzón, A. y Martínez, A. (2017). Reflexiones sobre la alfabetización científica en la educación infantil. *Espiral. Cuadernos del Profesorado, 10*(20), 28–39. https://doi.org/10.25115/ecp.v10i20.1010

Gerde, H. K., Schachter, R. E. y Wasik, B. A. (2013). Using the scientific method to guide learning: An integrated approach to early childhood curriculum. *Early Childhood Education Journal, 41*(5), 315–323. https://doi.org/10.1007/s10643-013-0579-4

Robótica Educativa en la Enseñanza de las Ciencias: una Revisión de la literatura

Viviane Barbosa da Silva Paiva[1], Luciana Harumi dos Santos Sakano[2], Safaa Shamhood[3], Maria Martínez-Chicharro[4], Ivoneide Mendes da Silva[5], Sonia Pamplona[6] y Ignacio Julio Idoyaga[7]

[1,5] Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

[2] Escola de Artes, Ciências e Humanidade, Universidade de São Paulo, Brasil

[3,4,6,7] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid, España

*Correspondencia: viviane.silva@ufrpe.br

RESUMEN: La enseñanza de las ciencias se enfrenta a importantes retos y oportunidades, especialmente tras los debates suscitados por la pandemia de COVID-19, que pusieron en relieve el papel central de la ciencia en la sociedad y la necesidad de promover la alfabetización científica. En este contexto, la incorporación de tecnologías educativas ha transformado las prácticas pedagógicas, con la robótica educativa destacándose como una herramienta emergente y prometedora. Además de favorecer la comprensión práctica de conceptos científicos, este enfoque contribuye al desarrollo de habilidades esenciales, pero ¿cómo se ha aplicado la Robótica Educativa en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales? El presente estudio tuvo como objetivo analizar el uso de la robótica educativa en la enseñanza de las ciencias en España, a través de una revisión Literatura. Tras realizar búsquedas en diversas bases de datos, se identificaron 53 publicaciones, de las cuales solo ocho cumplían los criterios establecidos. Los resultados muestran que la producción científica en esta área es limitada, concentrada principalmente en los niveles de Educación Infantil y Primaria, con escasa incidencia de estudios centrados en la Educación Secundaria. En conclusión, si bien la robótica educativa constituye un recurso pedagógico relevante y muy prometedor, existe una clara necesidad de ampliar la investigación, especialmente en el contexto español y en la educación secundaria. Esta ampliación es fundamental para consolidar la evidencia científica, orientar las prácticas pedagógicas y fortalecer la integración de este enfoque en la enseñanza de las ciencias.

PALABRAS CLAVE: robótica educativa; enseñanza de las ciencias; revisión de la literatura, España

ABSTRACT: Science education faces significant challenges and opportunities, especially after the debates sparked by the COVID-19 pandemic, which highlighted the central role of science in society and the need to promote scientific literacy. In this context, the integration of educational technologies has transformed pedagogical practices, with educational robotics standing out as an emerging and promising tool. In addition to fostering the practical understanding of scientific concepts, this approach contributes to the development of essential skills, but how has educational robotics been applied in the teaching and learning of natural sciences? This study aimed to analyze the use of educational robotics in science education in Spain through a literature review. After searching various databases, 53 publications were identified, of which only eight met the established criteria. The results show that scientific output in this area is limited, concentrated mainly at the early childhood and primary education levels, with few studies focused on secondary education. In conclusion, while educational robotics is a relevant and very promising pedagogical resource, there is a clear need to expand research, especially in the Spanish context and in secondary education. This expansion is essential to consolidate scientific evidence, guide pedagogical practices, and strengthen the integration of this approach into science teaching.

KEYWORDS: educational robotics; science teaching; literature review; Spain

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias naturales se enfrenta en la actualidad a un escenario de profundas transformaciones, intensificadas por los debates surgidos durante la pandemia de COVID-19 en torno al papel de educación científica en las sociedades contemporáneas. Dichos debates han puesto de relieve que la ciencia no debe ser concebida únicamente como un contenido curricular, sino como un componente fundamental de la formación ciudadana. En este contexto, la incorporación de tecnologías en los procesos de enseñanza y de aprendizaje constituye uno de los rasgos más significativos de las transformaciones educativas recientes. Coll y Monereo (2010) señalan que el desarrollo tecnológico configura un nuevo paradigma que modifica las prácticas educativas, generando nuevos entornos de aprendizaje, nuevas formas de acceso al conocimiento y nuevas demandas para docentes y estudiantes. Estas transformaciones se caracterizan por la disponibilidad de información, la interconectividad y la necesidad de desarrollar competencias vinculadas a la alfabetización digital, lo que implica reconsiderar los objetivos y las estrategias de la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos.

Entre los recursos tecnológicos que han cobrado relevancia se encuentra la Robótica Educativa (RE), considerada en la literatura como una herramienta con potencial para promover aprendizajes significativos en contextos de enseñanza de las ciencias. De acuerdo con Azevedo (2017), la RE ha estado tradicionalmente asociada al desarrollo del razonamiento lógico y al aprendizaje de contenidos matemáticos, debido a su carácter problematizador y a las posibilidades que ofrece para la resolución de situaciones complejas. No obstante, en las últimas décadas su utilización se ha extendido a otros campos del conocimiento, especialmente al ámbito de la educación científica, donde se ha comenzado a explorar su contribución a la comprensión de conceptos, al desarrollo de habilidades experimentales y al fortalecimiento de competencias relacionadas con el pensamiento crítico.

Desde una perspectiva didáctica, la RE puede ser entendida como un recurso que favorece la construcción activa del conocimiento, en la medida en que sitúa a los estudiantes en contextos de aprendizaje en los que la manipulación de dispositivos, la toma de decisiones y la interacción con otros sujetos se articulan con la reflexión conceptual. En este sentido, su potencial no reside únicamente en el uso de dispositivos tecnológicos, sino en la posibilidad de diseñar situaciones didácticas que integren la acción, la experimentación y la discusión, promoviendo procesos de aprendizaje socialmente mediados. Sin embargo, a pesar de este potencial, la literatura especializada señala que la investigación sobre la RE en el ámbito de la enseñanza de las ciencias aún presenta un desarrollo incipiente. En efecto, la producción científica en este campo es todavía limitada, los grupos de investigación se encuentran en proceso de consolidación y persisten vacíos en relación con los marcos teóricos y metodológicos utilizados para analizar la incorporación de la RE en diversos contextos (Azevedo et al., 2017).

En este contexto, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se ha aplicado la RE en el ámbito de la Educación en Ciencias en España? Para dar respuesta a esta cuestión, el presente trabajo propone realizar un análisis sistemático de las publicaciones que abordan el uso de la RE en la enseñanza de las ciencias naturales en el contexto español. En particular, se examinan artículos publicados en revistas especializadas en Educación en Ciencias, con el propósito de identificar las finalidades educativas que orientan su implementación, los enfoques metodológicos adoptados y las principales aportaciones y limitaciones señaladas en la literatura.

METODOLOGÍA

Una revisión de la literatura constituye un procedimiento sistemático orientado a identificar, evaluar e interpretar la producción científica disponible en relación con preguntas de investigación. Para garantizar la validez y transparencia del proceso, es necesario establecer una planificación que defina con claridad las etapas de la revisión. En este sentido, se adoptaron los lineamientos propuestos por Kitchenham y Charters (2010), quienes señalan que una revisión sistemática debe incluir la formulación de las preguntas metodológicas, relacionadas con la pregunta de investigación, la definición de las estrategias de búsqueda, la selección de los estudios a incluir y la especificación de la información que será extraída. Además, antes de iniciar el proceso de revisión, es necesario justificar la pertinencia de

este tipo de estudio en función de los objetivos de la investigación. En el presente trabajo, la revisión de la literatura se consideró adecuada debido al carácter emergente del campo de la RE en la enseñanza de las ciencias y a la necesidad de sistematizar el conocimiento disponible. En consecuencia, se siguieron las etapas correspondientes comenzando por la formulación de una pregunta que orienta la revisión: ¿Qué investigaciones publicadas en el ámbito de la Enseñanza de las Ciencias en España han utilizado la Robótica como recurso metodológico y cómo se ha utilizado?

A partir de estas preguntas se definieron las estrategias de búsqueda, que constituyen la segunda etapa del proceso. La selección de las fuentes documentales se realizó considerando la relevancia de las bases de datos para el campo de la Educación en Ciencias, con el propósito de localizar la mayor cantidad posible de estudios pertinentes. En primer lugar, se consultaron tres revistas especializadas de referencia en el ámbito español: *Ápice. Revista de Educación Científica*, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* y *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*. Dado el número reducido de trabajos encontrados en estas revistas, en segundo lugar, la búsqueda se amplió a bases de datos bibliográficas de mayor alcance, concretamente *Scopus* y *Dialnet Plus*, por tratarse de repositorios que indexan literatura científica revisada por pares y que incluyen un número significativo de publicaciones en el campo de la educación. La búsqueda se realizó en títulos, resúmenes y palabras clave, utilizando el descriptor "Robótica Educativa" y sus equivalentes en inglés y portugués. No se estableció un límite temporal para la búsqueda, ya que se intentó recuperar el mayor número posible de publicaciones disponibles hasta el momento de la consulta, realizada en marzo de 2026. La aplicación de esta estrategia permitió obtener un total de 53 documentos. Los resultados se presentan en la Tabla 1, indicando el número de trabajos seleccionados para el análisis posterior.

Tabla 1. Resultado de búsqueda en bases de datos

BASE DE DATOS	TOTAL DE DOCUMENTOS	DOCUMENTOS SELECIONADOS
Ápice	1	0
Revista Eureka	3	0
Enseñanza de las Ciencias	0	0
Scopus	26	4
Dialnet plus	23	4

Una vez finalizada la fase de búsqueda, se procedió a la tercera etapa del proceso, correspondiente a la selección de los estudios, mediante la aplicación de criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. En primer lugar, se realizó una lectura exploratoria de los títulos y resúmenes con el fin de identificar aquellos trabajos que cumplían el criterio de inclusión establecido, consistente en que la investigación abordará el uso de la Robótica Educativa en la enseñanza de las ciencias en el contexto español. Asimismo, se establecieron dos criterios de exclusión: (a) la duplicación de publicaciones indexadas en más de una base de datos, y (b) los trabajos de revisión de la literatura, dado que el objetivo del estudio fue analizar investigaciones empíricas o experiencias didácticas. Tras la aplicación de estos criterios, se seleccionaron ocho artículos para su análisis en profundidad, los cuales constituyen el corpus final de la revisión y permiten dar respuesta a las preguntas planteadas siguiendo técnicas de análisis de contenido.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tras la aplicación de los criterios de búsqueda, inclusión y exclusión previamente definidos, se seleccionaron ocho artículos que cumplían con las condiciones establecidas. En la Tabla 2 se presenta un punteo de los trabajos analizados.

Tabla 2. Breve presentación de los documentos seleccionados

N.	TÍTULO	AUTORES	AÑO	REVISTA
1	Més enllà de la programació i la robotica educativa: el pensament computacional en l'ensenyament STEAM a infantil i primària.	Simarro et al.	2016	Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària
2	AIToy1, un robot neo-educativo con emociones.	Ledesma y Hernández	2013	Revista Iberoamericana de Informática Educativa
3	"El robot de les emociones", un projecte per estudiar la funció de relació a primaria	Álvarez, Lagarón et al.	2018	Revista Ciències
4	Proyecto de centro de pensamiento computacional en educación primaria.	Coll, Gallego et al.	2022	Revista FPIEM
5	Robótica aplicada al aula en Educación Primaria: un caso en el contexto español	Ferrada, Huenumán et al.	2021	Sociología y Tecnociencia
6	Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria	Casado y Romero	2020	Revista de Medios y Educación
7	¿Aprender con robótica en Educación Primaria? Un medio de estimular el pensamiento computacional.	González y Valcárcel	2020	Education in the Knowledge Society
8	Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil. Comunicar.	Repiso y González	2019	Revista Científica de Comunicación y Educación

El reducido número de trabajos encontrados, aun sin establecer límites temporales en la búsqueda, pone de manifiesto que la producción científica sobre RE en el ámbito de la Enseñanza de las Ciencias en España es limitada. Los ocho artículos seleccionados se concentran en un período aproximado de diez años, lo que coincide con lo señalado en la literatura acerca del carácter emergente de este campo de investigación. Este resultado confirma la necesidad de continuar desarrollando estudios que permitan comprender con mayor profundidad las posibilidades didácticas de la robótica en la educación científica.

El análisis de los artículos muestra que los trabajos presentan enfoques diversos en cuanto a sus objetivos y finalidades educativas. Algunos estudios, como los identificados con los números 2 y 3, describen propuestas didácticas, con juegos educativos, en las que la robótica se utiliza como recurso para el desarrollo de aspectos socioemocionales, integrando contenidos de Biología, sobre los virus y el cuerpo humano, con actividades orientadas a la expresión de emociones y a la interacción social. En estos casos, la RE se presenta como una herramienta que favorece la creación de situaciones de aprendizaje motivadoras, en las que la dimensión afectiva se articula con la construcción de conocimientos. Otros trabajos, 7 y 8, se centran en el desarrollo del pensamiento computacional, considerando la robótica como un medio para promover habilidades relacionadas con la programación, la resolución de problemas y el razonamiento lógico. En estos estudios, la enseñanza de las ciencias aparece vinculada a enfoques interdisciplinarios en los que se integran contenidos de Matemáticas, Tecnología y Ciencias Naturales, lo que refleja la tendencia actual hacia propuestas educativas que combinan diferentes áreas del conocimiento.

Por su parte, los artículos 1, 4, 5 y 6 presentan experiencias en las que la RE se utiliza como recurso para el desarrollo de competencias científicas, tales como la comprensión de conceptos, la experimentación, la modelización y el trabajo colaborativo. En particular, el artículo 1 describe diversas propuestas orientadas a promover el pensamiento computacional mediante actividades relacionadas con contenidos curriculares de Matemáticas y Ciencias Naturales, mientras que el artículo 4 presenta un proyecto de mayor alcance que involucra a un número elevado de estudiantes y que integra programación y robótica como herramientas para facilitar el aprendizaje de contenidos de distintas disciplinas desde un enfoque STEM.

En cuanto al nivel educativo, la mayoría de los estudios se sitúan en Educación Infantil y Educación Primaria, lo que sugiere que la incorporación de la RE en la enseñanza de las ciencias se ha desarrollado principalmente en los primeros niveles del sistema educativo. Este resultado coincide con lo señalado por diversos autores, quienes destacan que la utilización de dispositivos robóticos resulta especialmente adecuada en estas etapas debido a su carácter manipulativo.

El análisis de los trabajos seleccionados permite identificar algunas tendencias comunes en relación con los modos en que la RE ha sido utilizada en contextos de enseñanza de las ciencias. Se observa que la mayoría de las experiencias se apoyan en dispositivos de robótica de tipo tangible, lo que se explica por la edad de los estudiantes y por la necesidad de utilizar materiales concretos que faciliten la comprensión de conceptos. Entre los recursos más utilizados se encuentran los robots Bee-Bot y mBot. Estos dispositivos presentan diferentes niveles de complejidad y se emplean de acuerdo con las características del alumnado. Bee-Bot, por ejemplo, se utiliza principalmente en Educación Infantil y en los primeros años de Educación Primaria, ya que permite trabajar la programación de forma sencilla, sin necesidad de utilizar pantallas o lenguajes de código complejos. En cambio, mBot posibilita avanzar hacia formas más elaboradas de programación, lo que permite abordar actividades relacionadas con el pensamiento computacional y la resolución de problemas.

Además de estos dispositivos, algunos estudios describen el uso de otros recursos tecnológicos orientados a finalidades específicas. Por ejemplo, en el artículo 3 se menciona el programa socioeducativo Croma 2.0, desarrollado por la Universidad Autónoma de Barcelona, en el que la robótica se utiliza en contextos de intervención educativa con alumnado en situación de vulnerabilidad, y en el artículo 6, la robótica se emplea como herramienta para analizar el desarrollo de la creatividad.

Asimismo, varios trabajos destacan el uso de entornos de programación como Scratch, que permite crear animaciones, juegos e historias interactivas mediante bloques de comandos. Este tipo de herramientas facilita la introducción de la programación en edades tempranas y permite integrar la robótica con contenidos curriculares de ciencias y matemáticas. En algunos estudios también se mencionan kits de construcción como LEGO, KUBO o Arduino, los cuales comparten elementos comunes, como sensores, controladores y actuadores, que permiten diseñar actividades basadas en la experimentación y en la resolución de problemas. En conjunto, los resultados muestran que la RE se utiliza principalmente como un recurso para promover metodologías activas, basadas en la manipulación, la experimentación y el trabajo colaborativo.

En coherencia con lo señalado por Coll y Monereo (2010), los resultados permiten afirmar que la RE se configura como una herramienta pedagógica con un importante potencial para la enseñanza de las ciencias, en la medida en que facilita la creación de entornos de aprendizaje flexibles, promueve enfoques interdisciplinarios y favorece el desarrollo de competencias relevantes en la sociedad contemporánea, tales como el pensamiento computacional, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo. No obstante, el reducido número de estudios encontrados indica que este campo de investigación aún se encuentra en proceso de consolidación, lo que pone de manifiesto la necesidad de continuar desarrollando investigaciones para profundizar en el análisis de sus fundamentos didácticos y de sus efectos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

CONCLUSIÓN

La revisión de la literatura realizada permite afirmar que la integración de la RE, la programación y los contenidos curriculares se presenta como una estrategia con potencial para favorecer procesos de enseñanza y aprendizaje más significativos y contextualizados. Los estudios analizados muestran que el uso de estos recursos tecnológicos puede contribuir a incrementar la participación del alumnado, promover metodologías activas y ampliar las posibilidades didácticas disponibles para el profesorado, especialmente en propuestas que articulan la experimentación, la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento computacional. En este sentido, los resultados obtenidos refuerzan la relevancia de la RE como línea de investigación dentro del campo de la Didáctica de las Ciencias.

No obstante, la revisión también pone de manifiesto la limitada producción científica existente en el

contexto español, particularmente en lo que respecta a investigaciones desarrolladas en Educación Secundaria. La escasez de estudios encontrados, aun sin establecer restricciones temporales, sugiere que la incorporación de la RE en la enseñanza de las ciencias continúa siendo un campo en proceso de consolidación, lo que dificulta la construcción de un cuerpo teórico y empírico suficientemente amplio que permita orientar con mayor solidez las prácticas educativas. Esta situación evidencia la necesidad de impulsar nuevas investigaciones que analicen de manera sistemática el potencial, las limitaciones y los efectos de la RE en diferentes niveles del sistema educativo. En particular, resulta pertinente promover estudios centrados en la Educación Secundaria, donde el uso de estos recursos aún es incipiente, pero presenta un alto potencial para el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y cognitivas relevantes. En consecuencia, se considera necesario ampliar la producción científica en este ámbito con el fin de consolidar la evidencia disponible, orientar el diseño de propuestas didácticas fundamentadas y favorecer una integración crítica y reflexiva de la RE en la enseñanza de las ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, C. G., Lagarón, D. C., & Gallego, È. T. (2018). "El robot de les emocions", un projecte per estudiar la funció de relació a primaria. *Ciències: Revista Del Professorat De ciències De Primària I Secundària*, (36), 1–7.

Azevedo, E. M. S. De.; Francisco, D. J.; Nunes, A. O. O avanço das publicações sobre a robótica educacional como possível potencializadora no processo de ensino-aprendizagem: uma revisão sistemática da literatura. Revista Redin. v. 6 Nº 1. FACCAT RS. Outubro, 2017.

Casado, R. C. y Romero, M. C. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Píxel-BIT: Revista de Medios y Educación*, *58*, 51-69.

Coll, A. S., Gallego, S. G., Falcón, et al. (2022). Proyecto de centro de pensamiento computacional en educación primaria. Lecciones aprendidas y planificación futura partiendo del Real Decreto de enseñanzas mínimas de la LOMLOE. En *Experiencias e investigaciones en contextos educativos* (pp. 120-131).

Coll, C. y Monereo, C. Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e comunicação/ Porto Alegre: Artmed, 2010.

Ferrada, C. A., Huenumán, E. P., Silva Díaz, F., et al., (2021). Robótica aplicada al aula en Educación Primaria: un caso en el contexto español. *Sociología y Tecnociencia*, 240-259.

González, Y. A. C., & Valcárcel, A. G. (2020). ¿Aprender con robótica en Educación Primaria? Un medio de estimular el pensamiento computacional. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, *21*, 1-15.

Gutiérrez, J. L. G., González, J. M. M., & Rodríguez-Martín, A. (2023). Proyecto de centro de pensamiento computacional en educación primaria. FPIEM: Formación del Profesorado e Investigación en Educación Matemática, ISSN-e 1885-2912, Nº. 14, 2022, págs. 103-135.

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering,* Technical Report EBSE 2007-001.

Ledesma, A. G. & Hernández, A. (2013). AIToy 1, un robot neo-educativo con emociones.

Repiso, A. G. V. M., y González, Y. A. C. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 63-72.

Simarro, C. et al. «Més enllà de la programació i la robòtica educativa: el pensament computacional en l'ensenyament STEAM a infantil i primària». *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària,* 2016, núm. 32, p. 38-46.

Conocimiento epistémico y pensamiento crítico puesto en juego para evaluar la adecuación de una actividad de indagación en el laboratorio escolar

Leticia González-Rodríguez[1] *y Beatriz Crujeiras-Pérez*[2]

Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela, España

*Correspondencia: leticia.gonzalez.rodriguez@rai.usc.es[1]

RESUMEN: Esta comunicación examina el uso del conocimiento epistémico y del pensamiento crítico del alumnado de educación secundaria a la hora de evaluar los desempeños de una actividad de indagación científica en el laboratorio escolar realizada por un grupo ficticio de estudiantes, cuyo objetivo era averiguar si los ramos de flores se conservaban durante más tiempo al añadir aspirina al agua que los contenía. Los participantes son 10 estudiantes de 4º de ESO trabajando en pequeños grupos. La actividad consistía en examinar la adecuación de la indagación con relación al procedimiento llevado a cabo, la fiabilidad del proceso seguido, la calidad de los datos recogidos y de las conclusiones elaboradas. La toma de datos consistió en las grabaciones de las conversaciones de los pequeños grupos durante la evaluación de la actividad de indagación, así como sus respuestas escritas a las preguntas formuladas. Los datos se examinaron a través del análisis del discurso. Los resultados principales apuntan a desempeños epistémicos y críticos desiguales en los distintos grupos para cada dimensión, siendo más sofisticados los desempeños correspondientes a la evaluación del procedimiento y del análisis de los datos.

PALABRAS CLAVE: conocimiento epistémico; pensamiento crítico; indagación; educación secundaria; análisis del discurso.

ABSTRACT: This study examines the use of epistemic knowledge and critical thinking by secondary education students when evaluating the performance of a scientific inquiry activity conducted in a school laboratory by a hypothetical student group, whose aim was to determine whether flower bouquets last longer when aspirin is added to the water in which they are placed. The participants were 10 10th-grade students (4º ESO) working in small groups. The activity consisted of assessing the adequacy of the inquiry in relation to the procedure followed, the reliability of the process, the quality of the data collected, and the conclusions drawn. Data collection included recordings of the small-group discussions during the evaluation of the inquiry activity, as well as their written responses to the questions posed. The data were analysed through discourse analysis. The main results indicate uneven epistemic and critical performances across groups for each dimension, with the most sophisticated performances corresponding to the evaluation of the procedure and the analysis of the data.

KEYWORDS: epistemic knowledge; critical thinking; inquiry; high school; discourse analaysis

INTRODUCCIÓN

El contexto educativo actual, marcado por la desinformación y postverdad demanda una formación científica activa y crítica, capaz de tomar decisiones fundamentadas para enfrentarse a problemáticas globales. Tomando como base la definición de pensamiento crítico (en adelante PC) de Ennis (2011) la cual se considera como un pensamiento razonable y reflexivo que se centra en decidir qué creer o hacer, el enfoque de enseñanza y aprendizaje de las ciencias a través de las prácticas científicas (NRC, 2012), el cual consiste en implicar al alumnado a participar en la construcción del conocimiento en ciencias y de comprender por qué se elabora, prueba, evalúa y refina (Reiser, Berland y Kenyon, 2012), es ampliamente reconocido por la comunidad de didáctica de las ciencias por su idoneidad para este propósito. De las tres prácticas científicas: indagación, modelización y argumentación, este trabajo se centra en la indagación, para la cual el desarrollo del pensamiento crítico es necesario para comprender

mejor el proceso de construcción de conocimiento y para mejorar su capacidad de formular preguntas de calidad (Tsai et al., 2013), también para tomar decisiones acertadas y emitir juicios razonables en la resolución de la problemática que se presente (Butler et al., 2012), entre otros aspectos.

Las prácticas científicas también pueden entenderse como procedimientos epistémicos interdependientes para construir el conocimiento (Kite et al., 2021). A nivel epistémico, el conocimiento asociado a las prácticas científicas puede entenderse como aquel necesario para comprender cómo se sustentan las conclusiones científicas en pruebas y razonamientos, el uso de los modelos y sus límites o cómo afectan los errores en las medidas a la fiabilidad de una investigación científica (OECD, 2016). Este conocimiento se manifiesta a través de las acciones, decisiones y razonamientos (Sandoval, 2014). En este trabajo se examina el razonamiento del alumnado participante durante la evaluación de un ejemplo de procedimiento científico y de los datos obtenidos en una actividad de indagación científica en el laboratorio escolar (grupo ficticio). Para esto tomamos como base que este tipo de conocimiento se refleja tanto en los desempeños del alumnado como en su razonamiento y en sus decisiones tomadas durante actividades de investigación científica (Lee et al., 2023).

Este tipo de razonamiento puede examinarse a través de una serie de niveles epistémicos específicos para la indagación científica, como el marco de codificación de 5 niveles propuesto por Lee et al. (2023) para examinar el conocimiento a través de un cuestionario sobre indagación científica. Según este marco en el nivel más bajo, el no informado, las respuestas carecen de información sobre su estatus epistémico o utilizan el conocimiento de sentido común adquirido en situaciones cotidianas. En el nivel principiante el alumnado comienza a pensar en las actividades como parte de la práctica científica, pero sin articular claramente qué ni como o por qué realizarlas, utilizando un lenguaje científico inconsistente. En el siguiente nivel, el dogmático, el alumnado reconoce reglas y procedimientos científicos, pero sin hacer reflexiones ni consideraciones sobre el contexto o el conocimiento. En el nivel contextualizado, el alumnado conoce el contexto material y explican cómo deben manifestarse las reglas y normas del conocimiento científico de forma apropiada. Y finalmente en el nivel más alto, el reflexivo, el alumnado razona críticamente para examinar las fortalezas y limitaciones del conocimiento utilizado y justifican la relevancia de sus afirmaciones en base a un marco epistémico de indagación.

En esta comunicación se utilizan los niveles de desempeño epistémico de Lee et al. (2023) para evaluar el conocimiento utilizado por el alumnado a la hora de evaluar una actividad de indagación científica, desde la planificación seguida, las acciones relacionadas con la fiabilidad del proceso, los datos recogidos y las conclusiones elaboradas por un grupo de alumnado ficticio. A partir de esta codificación, se examinan los indicadores de pensamiento crítico que aparecen en el discurso del alumnado que se sitúa en el nivel más alto de sofisticación epistémica, el por ser el que incorpora la componente crítica.

Los objetivos de investigación son:

1. Identificar el nivel de conocimiento epistémico en el que se sitúan los desempeños del alumnado a la hora de evaluar la adecuación de una indagación científica escolar.
2. Examinar los indicadores de pensamiento crítico que utiliza el alumnado en la reflexión epistémica a cerca de la indagación científica escolar

METODOLOGÍA

El estudio se fundamenta en la investigación cualitativa, siendo un estudio de caso (Yin, 2003), ya que se examina en profundidad cómo un grupo clase particular aplica el conocimiento epistémico y el pensamiento crítico a la hora de evaluar la adecuación de una investigación científica escolar.

Participantes y contexto

Los participantes son 10 alumnos y alumnas de 4º de ESO que cursaban la asignatura de física y química en un centro público rural y que trabajaron organizados en cinco grupos, que se denominaron: G1, G2, G3, G4 y G5. Estos participantes forman parte de un estudio longitudinal más amplio, realizado a lo largo de dos cursos escolares encaminado a analizar los desempeños epistémicos del alumnado durante su participación en actividades de indagación científica y su evolución (González Rodríguez y Crujeiras-Pérez, 2024).

Descripción de la intervención

La actividad que se analiza en este trabajo se corresponde con la parte final del estudio longitudinal y consistía en analizar de forma crítica y justificada los desempeños de indagación llevados a cabo por un grupo ficticio de estudiantes para comprobar si era cierta la creencia de que si a un ramo de flores se le echa aspirina en el agua se conserva durante más tiempo. Para ello se le proporcionó un informe de laboratorio que se correspondería con el elaborado por ese grupo de alumnado ficticio y en el cual los participantes tenían que analizar la adecuación de: a) el procedimiento seguido; b) los datos tomados y c) la conclusión establecida, además de examinar la fiabilidad del proceso seguido. Cabe destacar que la actividad de indagación analizada se corresponde con la primera actividad de este estudio que realizaron los participantes en el laboratorio dos años antes, por lo que estaban familiarizados con el contexto de indagación.

Herramientas para la toma de datos y para el análisis

La toma de datos consistió en registrar en audio las conversaciones de los participantes durante la evaluación de la investigación, así como recoger sus respuestas escritas a las preguntas formuladas para apoyar el análisis. Los datos se examinaron a través del análisis del discurso (Gee, 2014), para lo cual se transcribieron los registros de audio de forma literal, respetando el anonimato de los y las participantes. El análisis de los datos se desarrolló mediante un proceso iterativo y sistemático, combinando codificación temática y análisis discursivo. En una primera fase, se realizó una lectura exhaustiva del corpus con el fin de familiarizarse con los datos e identificar patrones recurrentes en las evaluaciones realizadas por los estudiantes. A continuación, se elaboró un sistema de categorías inicial basado tanto en el marco teórico como en los datos empíricos. Dicho sistema se estructuró en torno a las cuatro dimensiones de análisis en las que se centraba la actividad (procedimiento, fiabilidad, datos y conclusiones) y en dos niveles de codificación, en consonancia con los objetivos propuestos: el conocimiento epistémico y el pensamiento crítico. Para el conocimiento epistémico se utilizó la rúbrica de niveles elaborada por Lee et al. (2023) adaptada al contexto de la actividad de evaluación, la cual se resume en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de pensamiento epistémico para cada dimensión evaluada.

NIVEL	DIMENSIONES			
	PROCEDIMIENTO	**DATOS**	**FIABILIDAD**	**CONCLUSIONES**
Reflexivo	Evalúa críticamente el procedimiento, considerando limitaciones, alternativas metodológicas y el impacto en la validez de los resultados.	Analiza críticamente la suficiencia, variabilidad, precisión y límites de los datos como pruebas científicas.	Examina críticamente la suficiencia, variabilidad, precisión y límites de los datos como pruebas científicas.	Analiza críticamente la suficiencia, variabilidad, precisión y límites de los datos como pruebas científicas.
Contextualizado	Justifica la adecuación o no del procedimiento en relación con la pregunta de investigación y con el contexto experimental concreto	Evalúa el tipo y número de datos en función de la pregunta de investigación y de las condiciones del experimento.	Explica cómo las decisiones metodológicas influyen en la fiabilidad en su contexto específico.	Evalúa si las conclusiones se ajustan a los datos y al contexto de la investigación.
Dogmático	Valora el procedimiento según reglas generales asumidas como normas fijas, sin explicación de su sentido.	Juzga la calidad de los datos mediante criterios normativos no justificados	Examina si la existencia de ciertos elementos metodológicos garantiza la fiabilidad, pero sin análisis crítico ni reflexión.	Analiza si las conclusiones son correctas o incorrectas de manera categórica, sin reconocer limitaciones.

Principiante	Valora el procedimiento con base en criterios científicos, pero sin justificar su adecuación.	Menciona la existencia de datos, pero sin valorar su pertinencia o suficiencia para responder a la pregunta.	Hace referencia a repeticiones o controles realizados, sin relacionarlos explícitamente con la fiabilidad.	Examina la relación entre conclusiones y datos de forma descriptiva, sin evaluar si son correctas o no.
No informado	alora el procedimiento desde el sentido común, sin referencia a criterios científicos	No se cuestiona el tipo ni el número de datos recogidos por el otro grupo; se aceptan sin análisis.	No considera la fiabilidad del proceso.	Acepta o rechaza las conclusiones propuestas sin referencia a las pruebas obtenidas

Cabe señalar que tanto la codificación inicial como los distintos análisis se realizaron de forma independiente por ambas autoras y fueron refinándose en posteriores ciclos de análisis hasta alcanzar el 100% de acuerdo en la codificación.

Para el análisis del PC se parte de la codificación anterior y se examinan los indicadores correspondientes a las actuaciones situadas en el nivel reflexivo, que es el que incorpora esta componente crítica. Los indicadores se establecen en interacción entre los datos y la literatura y, por cuestiones de espacio, se presentan junto con los resultados en el siguiente apartado.

RESULTADOS

Análisis del razonamiento epistémico realizado por el alumnado a la hora de evaluar la adecuación de una investigación científica escolar

Los resultados muestran distintos desempeños en función de las dimensiones analizadas (procedimiento, análisis de datos, conclusiones y fiabilidad). Las dimensiones de procedimiento y análisis de datos concentran los desempeños más sofisticados, ya que en ambas se identificaron desempeños en el nivel reflexivo en dos de los grupos (G3 y G5), lo que sugiere cierta capacidad para justificar las decisiones metodológicas y para interpretar los datos de forma crítica.

A modo de ejemplo, en la tabla 2 se recoge un fragmento de transcripción categorizado como nivel reflexivo para el análisis de datos.

Tabla 2. Ejemplo de transcripción del G5 sobre el análisis de los datos recogidos en la investigación correspondiente al nivel reflexivo.

TURNO	ALUMNO/A	TRANSCRIPCIÓN	EXPLICACIÓN
173	Paula	Y por otra parte tampoco aparece cuando se marchitan totalmente los ramos, solo aparece hasta el día 16, pero tampoco vemos cuando acaba	El alumnado discute sobre la adecuación del registro de datos realizado, reflexionando sobre la necesidad de llevar a cabo un registro continuo de ellos. Detectan ausencia de información relevante y cuestionan la fiabilidad del proceso seguido.
174	Pablo	Pero eso es igual	
175	Paula	No, no es igual porque no vemos la diferencia de flor con aspirina y la flor sin aspirina	
176	Pablo	Claro, porque aquí en el día 16 está igual, pero en el 20 ya está todo caído	
177	Paula	Y la flor sin aspirina no aparece ningún dato, eso no es fiable	
178	Pablo	Dice: sin cambios, pero no sabemos a que se refiere	
179	Paula	¿Sin cambios? ¿El qué? No hay ningún dato, no sabes si es fiable o no. Además, ¿sin cambios del día 3 al 16? ¿Y el día 17 qué? ¿Se murió? ¿La sacaron del agua? Además, de la flor sin aspirina no aparecen datos del ramo al completo.	

En relación con el resto de las dimensiones, el análisis de conclusiones es en la que se identificaron peores desempeños epistémicos, ya que tres de los cinco se sitúan en el nivel dogmático (G1, G2 y G4), lo cual indica una tendencia a evaluar las conclusiones de forma categórica sin reconocer límites ni condiciones.

Por último, en relación con la fiabilidad, solo un grupo (G5) se sitúa en el nivel reflexivo, pero tres de los cinco grupos (G2, G3 y G4) se sitúan en el nivel contextualizado, mostrando cierta consideración de los factores que pueden afectar a la calidad de los resultados.

Análisis de los indicadores de pensamiento crítico utilizados en la reflexión epistémica a cerca de la indagación científica escolar

En este apartado se examinan los indicadores de PC que aparecen en las conversaciones de aquellos grupos que se sitúan en el nivel reflexivo de conocimiento epistémico, es decir el G3 y el G5 para las dimensiones de análisis del procedimiento, datos y solo el G5 para la fiabilidad del proceso. Cabe señalar que no se contemplan indicadores de PC para la evaluación de las conclusiones porque no se identificó ningún grupo en este nivel reflexivo. Los resultados se resumen en la tabla 3.

Tabla 3. Indicadores de PC identificados en los desempeños epistémicos situados en el nivel reflexivo.

INDICADORES DE PC	GRUPOS
Evalúa si el diseño permite obtener datos válidos y suficientes	G3
Propone alternativas de procedimiento más adecuadas y explica por qué mejorarían la investigación	G3, G5
Reconoce la relación entre fiabilidad y control de las variables del procedimiento	G5
Evalúa la reproducibilidad del procedimiento seguido	G5
Identifica pasos poco claros que podrían generar inconsistencias	G5
Identifica la existencia de datos anómalos o contradictorios y explica su influencia en los resultados	G3
Diferencia entre distintos tipos de indicadores (oscurecer ≠ estropearse).	G5
Reconoce límites, incertezas o posibles omisiones de datos.	G3, G5

De los resultados de la tabla 3 se extrae que los grupos, a pesar de reflexionar sobre algunos aspectos comunes, como el reconocimiento de los límites o incertezas de los datos y en la propuesta de alternativas más adecuadas, también utilizan indicadores de PC en dos dimensiones diferentes, el G3 se centra más en la evaluación crítica de los datos y del diseño de la investigación, mientras que el G5 muestra un PC centrado más en el análisis metodológico del procedimiento seguido, centrándose en aspectos como la claridad de los pasos seguidos, la fiabilidad, reproducibilidad o el control de variables.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que el razonamiento epistémico y crítico del alumnado al evaluar una investigación científica escolar presenta un desarrollo desigual según la dimensión analizada. Los desempeños más sofisticados se concentran en la evaluación del procedimiento y del análisis de datos, mientras que la valoración de las conclusiones muestra mayores dificultades y tiende a situarse en niveles dogmáticos. Este patrón coincide con otros estudios como el de Lee et al. (2023) que señala que el alumnado suele encontrar más accesible analizar aspectos observables del proceso investigativo, como el diseño o el registro de datos, que cuestionar la validez de las conclusiones derivadas de los resultados.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto PID2022-138166NBC21 promovido por MCIN/AEI y al alumnado participante en el estudio.

REFERENCIAS

Butler, H., Dwyer, C., Hogan, M., Franco, A., y Almeida, L. (2012). The Halpern Critical Thinking Assessment and real-world outcomes: Cross-national applications. *Thinking Skills and Creativity,* 7, 112–121. http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2012.04.001

Ennis, R. H. (2011). *The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions andabilities.*

Gee, J. P. (2014). *An introduction to discourse analysis: Theory and method* (4ª Edición). Routledge.

González Rodríguez, L. y Crujeiras Pérez, B. (2024). Actividades para desarrollar el conocimiento epistémico y el pensamiento crítico a través de la indagación científica en el laboratorio escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 21*(3), 3201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3201

Kite, V., Park, S., McCance, K. y Seung, E. (2021). Secondary Science Teachers' Understandings of the Epistemic Nature of Science Practices. *Journal of Science Teacher Education*, 32, 243-264. http://dx.doi.org/10.1080/1046560X.2020.1808757

Lee, H-S., Gweoon, G-H; Webb, A., Damelin, D., y Dorsey, C. (2023). Measuring epistemic knowledge development related to scientific experimentation practice: A construct modelling approach. *Science Education,* 108, 383-411. http://dx.doi.org/10.1002/sce.21836

National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*. The National Academies Press.

Organisation for Economic and Cooperative Development (OECD) (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy.* OECD Publishing.

Reiser, B. J., Berland, L. K., y Kenyon, L. (2012). Engaging Students in Scientific Practices of Explantion and Argumentation. *Science and Children*, 49(8), 8-13.

Sandoval, W. (2014). Science education's need for a theory of epistemological development. *Science Education*, 98, 383 – 387. http://dx.doi.org/10.1002/sce.21107

Tsai, P., Chen, S., Chang, H., y Chang, W. (2013). Effects of prompting critical reading of science news on seventh graders' cognitive achievement. *International Journal of Environmental & Science Education,* 8(1), 85-107.

Yin, R. K. (2003). *Case study research. Design and methods* (3ª Edición). Sage Publications.

Valores de la ciencia y confianza epistémica: un desafío educativo en la era de la posverdad[1]

Elisa Izquierdo-Acebes[1*], *Antonio García-Carmona*[2]

[1]Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Internacional de Valencia (VIU), España

[2]Departamento de Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España

[*]Correspondencia: eliizqace@gmail.com

RESUMEN: En la actual era de la posverdad, narrativas engañosas relacionadas con la ciencia se difunden ampliamente a través de Internet y las redes sociales, socavando la confianza en la comunidad científica. Afrontar este desafío exige repensar la educación científica más allá de la mera transmisión de contenidos. En este sentido, argumentamos la necesidad educativa de comprender cómo se produce y valida el conocimiento científico, así como reconocer las dimensiones sociales y éticas de la práctica científica. Esto implica conocer los valores, normas y procesos colectivos (como la construcción de consensos y la revisión por pares) que guían la ciencia. Resulta fundamental superar imágenes idealizadas de los científicos, como que son agentes neutrales o que solo les mueven intereses personales o económicos, para presentarlos como profesionales orientados por valores compartidos y comprometidos con el bien común. Comprender el papel de estos valores y normas ofrece una visión más fidedigna de la ciencia y contribuye a reconstruir la confianza epistémica como parte esencial de la alfabetización científica deseable en el mundo actual.

PALABRAS CLAVE: confianza epistémica; ciencia sin valores; populismo científico; Naturaleza de la Ciencia; alfabetización científica

ABSTRACT: In the current post-truth era, misleading narratives related to science spread widely through the Internet and social media, undermining trust in the scientific community. Addressing this challenge requires rethinking science education beyond the mere transmission of scientific content. In this regard, we argue for the educational need to understand how scientific knowledge is produced and validated, as well as to recognise the social and ethical dimensions of scientific practice. This implies knowing the values, norms, and collective processes (such as consensus-building and peer review) that guide science. It is essential to move beyond idealised images of scientists; for example, the notion that they are completely neutral or driven solely by personal or economic interests and instead present them as professionals guided by shared values and committed to the common good. Understanding the role of these values and norms provides a more faithful view of science and helps rebuild epistemic trust as an essential component of the kind of scientific literacy needed in today's world.

KEYWORDS: epistemic trust; value-free ideal; science-related populism; Nature of Science; scientific literacy.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA EN LA ERA DE LA POSVERDAD

Estamos asistiendo a un momento histórico de acceso a la información sin precedentes. La disponibilidad masiva e instantánea de datos, noticias, y opiniones a través de Internet y las redes sociales ha transformado la forma en que las personas adquieren conocimiento y dan sentido al mundo (Burkle y Cobo, 2018). Científicos de distintos campos comparten información en diversas plataformas e incluso interactúan directamente con la ciudadanía, haciéndola partícipe del discurso científico (Bromme y Goldman, 2014). Sin embargo, esta democratización del flujo de información no ha derivado en una comprensión pública más profunda ni en un mayor compromiso crítico con los temas científicos (Slater *et al.,* 2019).

Un rasgo definitorio de los entornos digitales actuales es la difuminación de las fronteras entre

1 *Proyecto PID2022-137471NB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033*

expertos y no expertos (Bordignon, 2023). Figuras mediáticas de ámbitos como el deporte o la política pueden presentarse en redes sociales como expertas en ciencia, mientras que los propios científicos se convierten en celebridades mediáticas. Esta dinámica refleja los supuestos ideológicos de los medios digitales, que tienden a otorgar el mismo valor *a priori* a todas las opiniones. La falta de controles de calidad similares a los de los medios tradicionalmente considerados *guardianes* de la información (Eysenbach, 2008) ha favorecido la proliferación de narrativas sesgadas, discursos emocionales, y creencias personales en estos entornos hipermediatizados (Mihelj et al., 2022), por encima de afirmaciones respaldadas empíricamente. Esto facilita la difusión de contenidos no verificados o engañosos, fortalece realidades epistémicas alternativas (McIntyre, 2018), y erosiona la autoridad de las fuentes institucionales, debilitando en última instancia en la confianza pública en el conocimiento experto (Chinn et al., 2020). Dado que más de dos tercios de los jóvenes afirman utilizar Internet como principal fuente de información científica (FECYT, 2024), y que su capacidad crítica para evaluar la calidad de esa información no está suficientemente desarrollada (Wineburg et al., 2021), este colectivo es especialmente vulnerable a la desinformación y a la desconfianza.

¿Podemos hablar, entonces, de una crisis de la confianza de la ciudadanía en la ciencia? El último informe de la FECYT (2024) indica que la actitud de la población hacia la ciencia sigue siendo mayoritariamente positiva y la confianza incluso se reforzó tras la pandemia del COVID-19. No obstante, en el sentido moderno de *'crisis'*, la sociedad se enfrenta a un entorno epistémicamente desafiante, que ha llevado a científicos, responsables políticos, y educadores a señalar un clima de desconfianza (Feinstein y Baram-Tsabari, 2024). A menudo descrito como la *era de la posverdad*, este escenario refleja una erosión de los marcos de conocimiento y de las fuentes tradicionales de autoridad; lo cual exige mayor evaluación crítica, juicio reflexivo, y acción colectiva. En este contexto epistémicamente debilitado (Lerma-Mayer, 2025), emerge una sensación de incertidumbre que contribuye a percibir una confianza frágil en la ciencia.

Desde la educación científica, esta crisis exige plantearse qué debe conocer y saber hacer un ciudadano competente, aunque no especializado (Osborne y Pimentel, 2023). Si la alfabetización científica implica preparar a los estudiantes para asumir múltiples roles, responsabilidades, y actitudes epistemológicas, es razonable entenderla como un constructo multidimensional que cambia de acuerdo con las demandas sociales (OECD, 2023). Ello requiere, entre otros aspectos, que los estudiantes sean capaces de entender la naturaleza epistémica y social de la ciencia, comprender sus aplicaciones, pensar científicamente, aplicar el conocimiento científico a la resolución de problemas, participar en cuestiones socio-científicas, así como argumentar con datos y razonamientos científicos en conversaciones significativas (Almeida et al., 2023). Bajo esta concepción de la alfabetización científica, se asume que los estudiantes pueden evaluar por sí mismos la solidez de los argumentos científicos y convertirse en sujetos intelectualmente independientes (Allchin, 2020).

Sin embargo, es poco realista esperar que la educación científica tradicional proporcione los conocimientos necesarios para actuar como evaluadores críticos y autónomos en temas sociocientíficos de relevancia. Como ciudadanos no expertos, los estudiantes se encuentran en una situación de vulnerabilidad epistémica (Baier, 1986); su capacidad para procesar información es limitada, y como el conocimiento científico es complejo, la dependencia de los expertos resulta inevitable (Bromme y Gierth, 2021). La comprensión de muchos descubrimientos científicos actuales requiere una alta preparación, lo que dificulta que los no especialistas puedan evaluarlos de manera independiente. Esta dependencia epistémica se acentúa por la división interna del trabajo cognitivo dentro de la ciencia: la creciente especialización demanda una formación que el público general no posee. El resultado es una relación asimétrica, donde los no científicos tienen una capacidad limitada para influir en la producción de conocimiento y comprenderlo plenamente (O'Doherty, 2023). Esta distribución desigual de la autoridad epistémica genera una paradoja: se espera que los ciudadanos evalúen afirmaciones científicas que afectan a sus vidas, pero carecen del conocimiento y la experiencia necesarios para hacerlo adecuadamente (Bromme et al., 2010). Por ello, más que confiar solo en su propio juicio, deben apoyarse en las evaluaciones de los expertos y en la distribución social del conocimiento. La confianza epistémica se vuelve, por ende, indispensable tanto para la adquisición de conocimiento como para la

toma de decisiones fundamentadas (Rabb et al., 2019). En el aula de ciencias, esta confianza debería fomentarse mediante un currículo que permita "aprender de los científicos, con los científicos y sobre los científicos" (Hodson y Wong, 2017), incorporando con ello el objetivo de *aprender a confiar en la ciencia*. Sin embargo, este propósito no suele abordarse de manera explícita en la enseñanza (Allchin, 2020), lo que deja a los estudiantes en una situación de vulnerabilidad susceptible de ser explotada.

LA COMPRENSIÓN DE LOS VALORES DE LA CIENCIA COMO MEDIO PARA FOMENTAR LA CONFIANZA EPISTÉMICA

El profesorado de ciencias no es ajeno a la realidad que describimos, y muchos han intentado contrarrestar la desinformación mediante datos y explicaciones detalladas. Sin embargo, estas estrategias por sí solas han demostrado ser insuficientes (Liu, 2012), ya que la confianza en la ciencia no puede promoverse únicamente con enfoques educativos centrados en desarrollar conocimientos y habilidades. Estrategias para la llamada 'alfabetización mediática' se orientan a *inocular* al alumnado con "anticuerpos" epistémicos frente a narrativas pseudocientíficas (van der Linden y Roozenbeek, 2021). Se trata de que el alumnado aprenda a identificar información engañosa, evaluar la credibilidad de los argumentos y analizar críticamente las fuentes.

Pese a los prometedores resultados, la alfabetización mediática aborda solo una dimensión del problema: los enfoques de "inoculación" pueden reducir la confianza mal dirigida (O'Brien et al., 2021), pero apenas explican los mecanismos fundamentales de la fiabilidad de la ciencia. Generalmente, la falta de confianza hacia los científicos no deriva de dudas sobre su competencia, sino de sospechas sobre sus intenciones e integridad (Rosman y Merk, 2021). Esto se debe, en parte, a una comprensión limitada de los valores y las normas que orientan la práctica científica (Facse y Picó, 2019). Por ello, proponemos complementar la alfabetización mediática con una reconceptualización de la alfabetización científica que integre una comprensión holística de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) y de los procesos mediante los cuales el conocimiento científico se produce, justifica, valida y comunica (Muğaloğlu et al., 2022). Una educación científica con esta base debería capacitar al alumnado para comprender la ciencia como una práctica social distintiva que genera conocimiento fiable (Fernández et al., 2021). Concretamente, argumentamos que la desconfianza se alimenta por dos mitos relacionados con el papel de los valores en la ciencia. El primero es el ideal de la ciencia libre de valores (VFI, Value-Free Ideal), que presenta la ciencia como objetiva, lógica, y basada solo en evidencia empírica (Oreskes, 2019). Este mito se perpetúa desde la escuela, donde la ciencia suele presentarse como exenta de conflictos, desinteresada, plenamente racional, y puramente epistémica (Branch, 2022). Al ocultar la dimensión axiológica de la práctica científica, el VFI propicia una visión de la NdC poco realista. En consecuencia, cuando la ciudadanía se enfrenta a las realidades del quehacer científico, incluyendo desacuerdos y dilemas éticos, puede sentirse engañada o desilusionada, generándose así un contexto propicio para que prosperen críticas infundadas (Dijstelbloem et al., 2013).

La insistencia en la neutralidad de la ciencia también conduce a otra paradoja: si los científicos son personas guiadas por valores, la ciencia no puede ser ajena a ellos. Entonces, una visión neutral de la ciencia puede terminar socavando la confianza en la actividad científica, ya que la invisibilización de esos valores puede suscitar sospecha sobre la integridad de las agendas que orientan las decisiones científicas (Branch, 2022). Ello puede llevar al segundo mito: la élite científica movida por intereses propios (Self-Interested Scientific Elite, o S-ISE). Arraigado en redes sociales, estas narrativas presentan la ciencia como manipulada o moralmente comprometida (De Boer y Aiking, 2024), cuestionando la autoridad de los científicos mediante discursos populistas sobre la ciencia, que los retratan como aislados de la sociedad y guiados por intereses económicos o políticos.

Ambos mitos desvirtúan la NdC, al negar el papel legítimo de los valores de la ciencia y obviar sus conexiones con la sociedad actuando, así como "puertas de entrada a la posverdad" (Kienhues *et al.,* 2020). En cuestiones sociocientíficas, como la COVID-19, o debates complejos que implican juicios de valor implícitos, emerge en el alumnado una tensión entre lo que aprende en la escuela y lo que encuentra en los medios que consultan. Esta tensión puede generarles desconfianza hacia la ciencia y sensación de engaño.

HACIA UNA NATURALEZA DE LA CIENCIA QUE CONSIDERE LOS VALORES DE LA CIENCIA

Sostenemos que la comprensión del papel de los valores y las normas no solo permite entender con mayor precisión cómo funciona la ciencia, sino también por qué esta merece confianza. Los científicos no constituyen una comunidad libre de valores ni una élite guiada por intereses propios exclusivamente. Al ser una actividad humana, la ciencia está inevitablemente ligada a las convicciones de quienes la practican; pero, estas se regulan mediante un marco compartido de normas que orienta la validación y comunicación del conocimiento. El reconocimiento de esta intersección permite proyectar una visión más realista y confiable de la ciencia, donde los científicos actúan como agentes guiados por el rigor empírico y la responsabilidad ética. Bajo esta premisa, la reflexión explícita sobre estos valores en el aula no solo fortalece la confianza epistémica del alumnado, sino que también le proporciona herramientas críticas para desenvolverse en un entorno saturado de desinformación.

Desde esta perspectiva, argumentamos que una visión de la NdC basada predominantemente en supuestos epistémicos idealizados (Lederman, 2007) difícilmente contribuirá a mitigar la actual crisis de confianza en la ciencia (Allchin, 2022); entre otras razones, porque comprender la ciencia requiere también considerar las prácticas y factores no-epistémicos que intervienen en su construcción (García-Carmona, 2025). En este sentido, consideramos que enfoques como el del Parecido de Familia (EPF) (Erduran y Dagher, 2014) y el de la tradición Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016) resultan especialmente adecuados, al proponer una visión holística de la NdC en la que se integran de forma equilibrada dimensiones epistémicas y no-epistémicas. De esta forma, favorecen una comprensión más amplia de cómo opera la ciencia en la sociedad, lo que responde a la propuesta de Höttecke y Allchin (2020) de reconceptualizar la NdC como una Naturaleza de la Ciencia-en-Sociedad (NdCS).

De manera crucial, estos enfoques de NdC rechazan una concepción esencialista y libre de valores de la ciencia. Sostienen, en cambio, que los valores y las normas son contextuales, dinámicos y constitutivos de la práctica científica. Asimismo, muestran que la ciencia se desarrolla en contextos políticos, estructuras de financiación, relaciones de poder, intereses públicos, prioridades industriales, y consideraciones éticas (Erduran y Dagher, 2014). En consecuencia, la producción de conocimiento implica necesariamente la presencia de valores, sin que ello menoscabe la credibilidad de las afirmaciones científicas, pues tienen que superar procesos continuos de riguroso escrutinio y consenso por parte de la comunidad científica correspondiente.

COMENTARIO FINAL

En un mundo en el que la dependencia epistémica resulta inevitable, proponemos una educación científica que aborde una concepción holística de la NdC, mediante marcos como los propuestos por el EPF o el basado en la tradición CTS. Ambos permiten cuestionar dos narrativas distorsionadas en relación con la ciencia: por un lado, la imagen mítica y descontextualizada de una ciencia libre de valores, a menudo transmitida implícitamente en las aulas. Y, por otro, la representación de los científicos como una élite aislada, que está guiada solo por intereses propios; una idea frecuentemente amplificada en las redes sociales. Estas creencias se tornan en vulnerabilidad para la ciudadanía, pero pueden mitigarse si se abordan a partir de una mayor transparencia respecto a las normas y valores que subyacen al desarrollo de la ciencia. Por tanto, el desafío para la educación científica consiste en desmitificar a los científicos como una élite aislada, sin erosionar su autoridad epistémica. Comprender que la fortaleza de la ciencia no reside en su supuesta neutralidad axiológica, sino en las normas y valores compartidos por la comunidad científica, permite concebirla como un campo académico fiable y socialmente responsable. La viabilidad y eficacia de la propuesta teórica aquí defendida deberá ser, no obstante, evaluada en contextos educativos diversos a partir de diseños didácticos apropiados. Este será el siguiente paso de esta línea de investigación, que busca fortalecer la confianza epistémica de los estudiantes como parte fundamental de su alfabetización científica. Para ello, se recurrirá, entre otros recursos, a la lectura crítica de pasajes de historia de la ciencia, noticias científicas de actualidad y debates en redes sociales seleccionados *ad hoc*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13*(1), 3–19. https://doi.org/10498/18010

Allchin, D. (2020). From science as "special" to understanding its errors and justifying trust [book review]. *Science Education*, *104*(3), 605–613. https://doi.org/10.1002/sce.21571

Allchin, D. (2022). Who Speaks for Science? *Science & Education, 31*(6), 1475–1492. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00257-4

Almeida, B., Santos, M. y Justi, R. (2023). Aspects and abilities of scientific literacy in the context of nature of science teaching. *Science & Education, 32*(3), 567–587.

Baier, A. (1986). Trust and antitrust. *Ethics, 96*(2), 231–260.

Bordignon, F. (2023) Alternative science, alternative experts, alternative politics. The roots of pseudoscientific beliefs in Western Europe. *Journal of Contemporary European Studies, 31*(4), 1469-1488. DOI:10.1080/14782804.2023.2177838

Branch, T. Y. (2022). Enhanced Epistemic Trust and the Value-Free Ideal as a Social Indicator of Trust. *Social Epistemology, 36*(5), 561–575. DOI:10.1080/14782804.2023.2177838

Bromme, R. y Gierth, L. (2021). Rationality and the public understanding of science. In M. Knauff & W. Spohn (Eds.), *The handbook of rationality* (pp. 767–776). The MIT Press.

Bromme, R. y Goldman, S. R. (2014). The Public's Bounded Understanding of Science. *Educational Psychologist, 49*(2), 59–69. DOI:10.1080/00461520.2014.921572

Bromme, R., Kienhues, D. y Porsch, T. (2010). Who knows what and who can we believe? Epistemological beliefs are beliefs about knowledge (mostly) attained from others. En L. D. Bendixen y F. C. Feucht (Eds.), *Personal epistemology in the classroom: Theory, research, and implications for practice* (pp. 163–193). Cambridge University Press.

Burkle, M., y Cobo, C. (2018). Redefining knowledge in the digital age. *Journal of New Approaches in Educational Research, 7*(2), 79 – 80. https://doi.org/10.7821/naer.2018.7.294

Chinn, C. A., Barzilai, S. y Duncan, R. G. (2020). Disagreeing about how to know: The instructional value of explorations into knowing. *Educational Psychologist, 55*(3), 167–180. DOI:10.1080/00461520.2020.1786387

Erduran, S. y Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. Springer.

de Boer J. y Aiking H. (2024). Citizens and conspiratorial anti-science beliefs: Opposition versus support in 38 countries across Europe. *Public Understanding of Science, 33*(8), 1027-1045. https://doi.org/10.1177/096366252412453

Dijstelbloem, H., Huisman, F., Miedema, F. y Mijnhardt, W. (2013). *Why science does not work as it should and what to do about it.* Science in Transition. DOI:10.1007/978-94-024-2115-6_3

Eysenbach, G. (2008). Credibility of health information and digital media: New perspectives and implications for youth. In M. J. Metzger y A. J. Flanagin (Eds.), *Digital media, youth, and credibility* (pp. 123–154). MIT Press.

Fasce, A. y Picó, A. (2019). Conceptual foundations and validation of the Pseudoscientific Belief Scale. *Applied Cognitive Psychology, 33*(4), 617–628. https://doi.org/10.1002/acp.3501

FECYT (2024). Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología. https://doi.org/10.58121/90E2-ME77

Feinstein, N. y Baram-Tsabari, A. (2024). Epistemic networks and the social nature of public engagement with science. *Journal of Research in Science Teaching, 61*(9), 2047–2290.

Fernández, N., Benitez, F. y Romero-Maltrana, D. (2022). Social Character of Science and Its Connection to Epistemic Reliability. *Science Education, 31*(6), 1429–1448.

García-Carmona, A. (2025). The non-epistemic dimension, at last a key component in mainstream theoretical approaches to teaching the nature of science. *Science & Education*, *34*(3), 1149-1165.

Hodson, D. y Wong, S. L. (2017). Going Beyond the Consensus View: Broadening and Enriching the scope of NOS-Oriented Curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 17*(1), 3–17. DOI:10.1080/14926156.2016.1271919

Höttecke, D. y Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, *104*(4), 641–666. https://doi.org/10.1002/sce.21575

Kienhues, D., Jucks, R. y Bromme, R. (2020). Sealing the gateways for post-truthism: Reestablishing the epistemic authority of science. *Educational Psychologist, 55(3*), 144–154.

Rosman, T. y Merk, S. (2021). Teacher's Reasons for Trust and Distrust in Scientific Evidence: Reflecting a "Smart But Evil" Stereotype? *AERA Open*, *7*. https://doi.org/10.1177/2332858421102859

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Erlbaum.

Lerma-Mayer, A. (2025). Understanding Dialogic Relationships in Digital Science Communication. En A. Fage-Butler, L. Ledderer y K. H. Nielsen (Eds.), *Science Communication and Trust* (pp. 259–281). Springer Nature Singapore

Liu, D. W. C. (2012). Science denial and the science classroom. *Life Sciences Education, 11*(2), 129–134.

McIntyre, L. (2018). *Post-truth*. MIT Press.

Mihelj, S., Kondor, K. y Štetka, V. (2022). Establishing trust in experts during a crisis: Expert trustworthiness and media use during the Covid-19 pandemic. *Science Communication, 44*(3), 292–319. https://doi.org/10.1177/1075547022110055

Muğaloğlu E. Z., Kaymaz, Z., Mısır, M. E. y Laçin-Şimşek, C. (2022). Exploring the Role of Trust in Scientists to Explain Health-Related Behaviors in Response to the COVID-19 Pandemic. *Science Education, 31*(5), 1281–1309. DOI: 10.1007/s11191-022-00323-5

O'Brien, T. C., Palmer, R. y Albarracin, D. (2021). Misplaced trust: When trust in science fosters belief in pseudoscience and the benefits of critical evaluation. *Journal of Experimental Social Psychology, 96,* 104184.

O'Doherty, K. C. (2023). Trust, trustworthiness, and relationships: ontological reflections on public trust in science. *Journal of Responsible Innovation*, *10*(1). https://doi.org/10.1080/23299460.2022.2091311

OECD (2023). PISA 2025 Science Framework (draft). https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/

Oreskes, N. (2019). *Why trust science?* Princeton University Press.

Osborne, J. y Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education, 107*(3), 553–571. https://doi.org/10.1002/sce.21790

Rabb, N., Fernbach, P. M. y Sloman, S.A. (2019). Individual representation in a community of knowledge. *Trends in Cognitive Sciences, 23*(10), 891–902. DOI: 10.1016/j.tics.2019.07.011

Slater, M. H., Huxster, J. K. y Bresticker, J. E. (2019). Understanding and Trusting Science. *Journal of Genneral Philosophy of Science, 50*(2), 247–261.

van der Linden, S. y Roozenbeek, J. (2021). Psychological inoculation against fake news. En R. Greifeneder, M. E. Jaffé, E. J. Newman y N. Schwarz (Eds.), *The psychology of fake news: Accepting, sharing, and correcting misinformation* (pp. 147–169). Routledge.

Wineburg, S., Breakstone, J., McGrew, S., Smith, M. y Ortega, T. (2021). Lateral reading on the open internet. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.3936112

Analogías para indagar concepciones de estudiantes de secundaria sobre el concepto de ciencia

María Gabriela Lorenzo[1], Teresa Quintero[2] y Ángel Blanco-López[3]*

[1]Universidad de Buenos Aires. CONICET. Argentina.

[2]Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.

[3]Departamento de Didáctica de la Matemática, Didáctica de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España.

*Correspondencia: ablancol@uma.es

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es presentar el uso estratégico de analogías para realizar una indagación guiada acerca del concepto de ciencia de estudiantes de educación secundaria obligatoria españoles. La estrategia permite la explicitación progresiva de las ideas previas más implícitas a través del planteo personal de una analogía, seguida de una explicación individual y debate colectivo para la construcción consensuada del concepto de ciencia. Se presenta una investigación descriptiva y cualitativa realizada en el contexto natural del aula de clases. Participaron en esta experiencia 59 estudiantes de 4º curso (15-16 años) de dos centros de secundaria. La estrategia de indagación fue implementada por el equipo de investigadores en presencia del profesor a cargo de cada grupo. Se recogieron las producciones escritas de los estudiantes y se examinaron aplicando el análisis de contenido. Se ha identificado un amplio abanico de características de la ciencia y de valoraciones personales sobre ella que se han organizado en cuatro tipos de rasgos (valorativos, estructurales, epistémicos y cognitivos). Los resultados apuntan a que las analogías pueden ser un buen recurso para que el profesorado pueda indagar en las ideas de sus estudiantes sobre la ciencia.

PALABRAS CLAVE: naturaleza de la ciencia; educación secundaria; conocimiento científico; metodología científica; ideas previas.

ABSTRACT: The aim of this study is to present the strategic use of analogies to conduct a guided inquiry into the concept of science among Spanish secondary school students. The strategy allows for the progressive explicitation of more implicit prior ideas through the personal proposal of an analogy, followed by an individual explanation and collective debate for the consensual construction of the concept of science. This paper presents a descriptive and qualitative study conducted in the natural context of the classroom. Fifty-nine 11th-year students (aged 15-16) from two secondary schools participated in this experience. The inquiry strategy was implemented by the research team in the presence of the teacher in charge of each group. The students' written work was collected and examined using content analysis. A wide range of characteristics of science and personal assessments of it were identified and organised into four types of features (evaluative, structural, epistemic and cognitive). The results suggest that analogies can be a good resource for teachers to explore their students' ideas about science.

KEYWORDS: nature of science; secondary school; scientific knowledge; scientific methodology; previous ideas.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre la naturaleza de la ciencia (en adelante NdC) es una de las competencias clave en la alfabetización científica de los ciudadanos (González-García et al., 2021). No obstante, la construcción de un concepto abstracto y complejo, como el de ciencia, es difícil y constituye un desafío en la educación

secundaria. Más allá de los contenidos disciplinares, este concepto involucra representaciones sobre las prácticas epistémicas (las formas de producción y legitimación de conocimiento) y no epistémicas (cooperación y colaboración, la comunicación, aspectos éticos, etc.) del quehacer científico (García-Carmona, 2021; Osborne & Allchin, 2025). La investigación en NdC ha mostrado que las concepciones estudiantiles suelen ser implícitas, resistentes al cambio y asociadas a visiones simplificadas que identifican la ciencia con la experimentación, el descubrimiento de verdades y la figura del científico como sujeto excepcional (Lederman, 2007). Sin embargo, estas representaciones rara vez se exploran de manera sistemática en el aula. Diversos estudios han analizado el uso de analogías como recurso para enseñar conceptos científicos (Duit, 1991; Dagher, 1995), pero su utilización como herramienta metodológica para indagar concepciones previas ha sido muy poco explorada.

En el campo de la didáctica de las ciencias, la analogía se ha definido de manera consistente como una comparación explícita entre dos dominios —uno familiar y otro menos conocido— que comparten relaciones estructurales, funcionales o semánticas y cuya puesta en correspondencia permite generar nuevos significados (Duit, 1991; Oliva, 2004). Esta explicitación distingue a la analogía de la metáfora, que opera de forma implícita y no necesariamente requiere la identificación consciente de correspondencias entre dominios. En el uso espontáneo del lenguaje cotidiano, metáforas y analogías aparecen entrelazadas, pero las metáforas funcionan como disparadores iniciales, poco regulados, de sentido. La técnica del retrato chino tiene su origen en ámbitos extraescolares, particularmente en el campo de la creatividad, la publicidad y el marketing. Se basa en la formulación de consignas del tipo "*si X fuera Y...*", que invitan a establecer asociaciones simbólicas y comparaciones metafóricas para explorar la naturaleza profunda de un objeto, problema o concepto. En el ámbito de la didáctica de las ciencias, esta técnica fue recontextualizada y utilizada como actividad de apertura en secuencias de formación docente orientadas a la reflexión sobre la NdC, con el propósito de indagar y explicitar concepciones previas a partir del uso de analogías y metáforas (Farré & Lorenzo, 2018). En este marco, el presente trabajo se inscribe en una línea poco explorada al utilizar analogías como herramienta metodológica para indagar y explicitar las concepciones previas de los estudiantes sobre qué es la ciencia y promover la construcción de nuevo conocimiento científico sobre bases más sólidas. En concreto, se pretende responder a la siguiente pregunta ¿Qué ideas manifiestan sobre el concepto de ciencia estudiantes que están finalizando la Educación Secundaria Obligatoria a partir del uso de una analogía?

METODOLOGÍA

Diseño y desarrollo de la actividad en el aula. La actividad fue diseñada a partir de la técnica del retrato chino y adaptada al contexto de aula de educación secundaria con el objetivo de favorecer la explicitación progresiva de las ideas previas (concepciones implícitas) de los estudiantes sobre la ciencia. Se desarrolló en tres fases:

1. Se planteó de manera individual la consigna escrita: *"Si la ciencia fuera un animal ¿cuál sería? y ¿por qué?"*. Esta formulación invita a los estudiantes a establecer una relación de similitud entre un concepto abstracto y complejo con un referente cotidiano, significativo para ellos.

2. Se realizó una puesta en común en plenario, donde el coordinador registra en la pizarra los animales propuestos, sin emitir valoraciones ni jerarquizaciones. A partir de este registro inicial, se abre un espacio de intercambio oral en el que los estudiantes exponen los fundamentos de sus elecciones. Durante este proceso, se recuperan y sistematizan las ideas emergidas de las argumentaciones, registrando palabras clave y estableciendo relaciones entre las distintas intervenciones.

3. A partir de un cierto número de las ideas consensuadas previamente, los estudiantes trabajan colaborativamente (4-5 estudiantes) en la elaboración de una definición colectiva de ciencia con el propósito de avanzar desde las analogías iniciales hacia formulaciones más abstractas, manteniendo el anclaje en las concepciones expresadas por los propios estudiantes. Finalmente, se comparte la lectura de las definiciones en el gran grupo y se elaboran conclusiones finales.

Participantes. La actividad se llevó a cabo 59 estudiantes (39 chicos y 20 chicas) de dos centros concertados de nivel socioeducativo medio, medio-alto de la ciudad de Málaga (34 del grupo A y 25 del grupo B) con la presencia del profesor a cargo de cada grupo. Se implementó en el primer trimestre del curso 2025-26, como parte del programa de la asignatura de Física y Química, en su contexto natural del aula distribuidos por propia decisión en pequeños grupos de 4-5 integrantes, con una duración de 55 minutos. Se contó con la autorización del centro para la realización de la actividad y en todo momento se preservó la identidad de los estudiantes participantes.

Análisis de los datos. En este trabajo nos centramos, por motivos de espacio, solo en el apartado 1 de la actividad. Teniendo en cuenta la naturaleza de los datos, respuestas escritas a una pregunta abierta, se ha llevado a cabo un análisis de contenido y análisis comparativo constante siguiendo las siguientes etapas:

A) Identificación y delimitación de las unidades de análisis, es decir, los fragmentos de respuestas de los estudiantes que representan características de las ciencias, con independencia de que estén relacionadas a uno o varios animales. Por tanto, las respuestas de los estudiantes pueden contener una o más características de la ciencia, como se muestra en los dos ejemplos siguientes. Las características (en cursivas) pueden estar asignadas explícitamente a la ciencia o implícitamente en el animal:

"El calamar… porque es *importante y necesario* para mantener el ciclo de la vida, como la ciencia, que es *necesaria para mantener a la sociedad y al mundo* y *dar explicación de muchas cosas*. Son *rápidos*" (Grupo A)

"Los murciélagos ven en la oscuridad, algo que los humanos no pueden ver, como *la ciencia que "ve" lo invisible, descubre cosas que no pueden observarse, ondas*…Son animales *mal entendidos*, pero *son muy útiles.* Los murciélagos viven entre lo desconocido y lo visible como *en la ciencia entre la duda y el conocimiento* (Grupo B)

B) Elaboración del sistema de categorías, de forma inductiva en la que las categorías emergen directamente de los datos. Para ello, y con objeto de asegurar la fiabilidad del proceso (Watts & Finkenstaedt-Quinn, 2021), uno de los investigadores propuso una primera versión del sistema con 12 categorías. Posteriormente otros dos investigadores, lo aplicaron de forma independiente analizando la totalidad de las respuestas e incorporando nuevas categorías en caso necesario. El resultado final es el sistema con 15 categorías que se muestra en las tablas 1 y 2. A su vez, se agruparon estas categorías en tres grandes rasgos que se pueden entender como niveles crecientes de profundización en el concepto de ciencia y un cuarto rasgo entiendo como transversal a los tres anteriores.

C) Categorización completa de las unidades de análisis. Se llevó a cabo por uno de los investigadores, decidiéndose de forma conjunta las unidades de análisis que se mostraron más difícil de categorizar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en cada una de las categorías identificadas en el análisis se muestran en las Tablas 1 y 2 organizadas según los rasgos definidos. Se describe el sentido de cada categoría y se indican los animales en los que se apoyaban los estudiantes para indicar las características de la ciencia incluida en ella. También se incluyen la frecuencia de cada categoría y su porcentaje con respecto a la frecuencia total del rasgo. En primer lugar, hay que destacar que el uso de la analogía ha permitido aflorar un gran número de características de la ciencia que se han incluido en 15 categorías organizadas en cuatro rasgos. Tres de ellos representan, desde nuestro punto de vista, niveles crecientes de profundización en el concepto de ciencia (valorativos, estructurales y epistémicos) (Tabla 1). Aparecen con frecuencias similares en las respuestas de los estudiantes. *Los rasgos valorativos* (f=29) recogen opiniones sobre cualidades generales de la ciencia, que responderían a una aproximación más superficial a la idea de ciencia. Dentro de estos rasgos, destaca sobre todo la idea de que la ciencia es vista por un buen número de estudiantes como extraña, rara, extravagante, misteriosa, diferente (IB, 41% sobre el rasgo). Pero, a su vez, también consideran que la ciencia es importante (ID, 24%) y útil, aunque a la vez también

implica peligros (compuestos químicos que pueden ser venenosos) (IC, 14%). *Los rasgos estructurales* (f=22) recogen visiones sobre cómo es la ciencia y su organización. Estas visiones se mantienen en un plano predominantemente descriptivo. Dentro de estos rasgos se encuentran tres categorías que se centran en: a) la evolución (IIB, 45,5%) en el sentido de que la ciencia avanza, cambia, se adapta, se transforma, muestra supervivencia y resistencia y en la velocidad; b) la organización (IIA, 32%) en el sentido de que la ciencia tiene muchas ramas y una comunidad muy amplia; c) en la velocidad a la que se producen los descubrimientos científicos (IIC, 22,5%), aunque un estudiante planteó que la ciencia avanza lentamente y tiene mucha antigüedad.

Tabla 1. Descripción de las categorías incluidas en los rasgos valorativos, estructurales y epistémicos

Rasgos	Categorías		Descripción/ animales	fA	% rasgo
I. Valorativos (38%)	**IA**	Belleza/ Creatividad	La ciencia es creativa, tiene belleza. *Búho, Gato, Murciélago*	3	10,5
	IB	Rareza/diferente	La ciencia es extraña, rara, extravagante, misteriosa, diferente, se esconde y nunca se muestra. *Ornitorrinco, Camaleón, Lagarto, Dragón de Komodo, Luciérnaga, Panda rojo, Serpiente, Murciélago*	12	41,0
	IC	Utilidad/ peligros	*La ciencia es útil, aunque* también implica peligros (compuestos químicos que pueden ser venenosos*). Dinosaurio, Calamar, Mono, Serpiente, Camaleón, Gato*	4	14,0
	ID	Importancia	La ciencia es importante. *Oso polar, Búho, León*	7	24,0
	IE	Independencia	La ciencia es independiente. *León*	1	3,5
	IF	Interés / Curiosidad	La ciencia es curiosidad y es muy interesante. *Mono, Camaleón*	2	7.0
			Total	29	100
II. Estructurales (28%)	**IIA**	Organización	La ciencia tiene muchas ramas y una comunidad muy amplia. *Ornitorrinco, Dinosaurios, Pájaro, Pulpo, Perro, Mono*	7	32,0
	IIB	Evolución	La ciencia avanza, cambia, se adapta, se transforma, muestra supervivencia y resistencia. *León, Tortuga, Oso polar, Dinosaurio, Mono*	10	45,5
	IIC	Velocidad	Simbolizan la velocidad de los descubrimientos científicos. Pero también que avanza lentamente, tiene mucha antigüedad. *Liebre, Conejo, Calamar, Búho*	5	22,5
			Total	22	100
III. Epistémicos (34%)	**IIIA**	Complejidad	La ciencia es compleja, tiene muchos conocimientos. *Ornitorrinco, Pulpo, Hipopótamo*	5	19,0
	IIIB	Metodología	La ciencia tiene distintas formas de proceder: explicación, exploración, descubrimiento, experimentación (con animales), demostrar las cosas con pruebas, dar razones, vive entre la duda y el conocimiento. *Luciérnaga, Conejo, Rata, León, Búho, Murciélago*	7	27,0
	IIIC	Finalidad	Explicar, averiguar las razones de las cosas, descubrir cosas que no se ven, estudiar las enfermedades, iluminar. *Murciélago, Calamar, Luciérnaga, León*	4	15,5
	IIID	Alcance	La ciencia abarca todos los aspectos de la vida, lo ve todo, lo explica todo, tiene visión de futuro, aunque quedan cosas por descubrir. *Mono, León, Pájaro, Liebre, Camaleón, Murciélago, Perro*	10	38,5

Total		26	100

Los rasgos epistémicos (f=26) recogen visiones centradas en cómo se produce el conocimiento científico, o sobre la finalidad y el alcance de la ciencia. Se trata, por tanto, de rasgos de mayor profundidad que muestran una mejor comprensión de la NdC. En este rasgo se diferenciaron cuatro categorías. Los estudiantes, en sus respuestas muestran una visión muy optimista del alcance de la ciencia (IIID, 38,5%), considerando que la ciencia abarca todos los aspectos de la vida y lo explica todo, aunque, algún estudiante indica que aún quedan cosas por descubrir. También dedican atención a la metodología de la ciencia (IIIB, 27%) afirmando que tiene distintas formas de proceder: explicación, exploración, descubrimiento, experimentación (con animales), que tiene que demostrar las cosas con pruebas y dar razones. Destaca también la respuesta de un estudiante, mostrada anteriormente, que indicaba que la ciencia vive entre la duda y el conocimiento. La complejidad de la ciencia (IIIA, 19%) y su finalidad (IIIC, 15,5%) son los dos otros aspectos recogidos en este rasgo.

Y, por último, y de forma transversal a estos rasgos, se situarían *los rasgos cognitivos* (f=40) (tabla 2) al que los estudiantes dedican gran atención y en el que se recogen puntos de vista sobre la inteligencia y la sabiduría de la ciencia (IVA, 72,5%). A veces se refieren a la ciencia y en otros casos a los científicos. Relacionada con esta categoría, los estudiantes también consideran, desde el punto de vista de su relación con ella, que la ciencia es difícil de entender, que necesita mucho estudio y que pocas personas la comprenden (IVB, 27,5%).

Tabla 2. Descripción de las categorías incluidas en los rasgos cognitivos

Rasgos	Categorías		Descripción/ animales	fA	% rasgo
IV. Cognitivos	**IVA**	Inteligencia/ sabiduría	Los científicos (o a veces la propia ciencia) son listos, sabios, astutos, altas capacidades, capaces de pensar o resolver cosas, tienen las cosas muy claras *Delfín, Mono, Elefante, Búho, Pulpo, Gato, León*	29	72,5
	IVB	Comprensibilidad/ dificultad	La ciencia es difícil de entender, confusa, necesita mucho estudio, pocas personas la comprenden *Ornitorrinco, Pulpo, Pájaro, Murciélago, León,*	11	27,5
			Total	40	100

Considerados de forma global los resultados, los estudiantes que están finalizando su educación obligatoria manifiestan una visión dual de la ciencia. Por un lado, la ven como una actividad importante y útil para la sociedad, pero a la vez como algo difícil de entender, compleja y extraña, lo que llama la atención teniendo en cuenta que estos estudiantes han elegido asignaturas optativas de ciencia y que probablemente van a continuar estudios de ciencias en Bachillerato. Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2005) a partir de las opiniones estudiantes de 4º de ESO sobre la ciencia a partir de su enseñanza en el aula. A pesar de estas consideraciones también aparecen, y lo consideramos un resultado muy positivo, un número significativo de respuestas que muestran ideas más avanzadas sobre la metodología, la finalidad y el alcance de la ciencia, incluidas en los rasgos epistémicos. Por otro lado, apenas muestran características de la ciencia relacionadas con las prácticas no epistémicas (sociales), más allá de alusiones a la comunicación y a la comunidad científica. Estas prácticas se consideran hoy día aspectos importantes para que la ciudadanía pueda comprender la ciencia presente en la vida diaria, aunque no sean expertos en ciencia (García-Carmona, 2021; Osborne & Allchin, 2025).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Las producciones escritas de los estudiantes mostraron un amplio abanico de características de la ciencia y de valoraciones personales sobre ella, lo que apuntan a que las analogías pueden ser un buen recurso para que el profesorado pueda indagar en las ideas de sus estudiantes sobre la ciencia. En conjunto, el diseño de la actividad favorece un proceso de explicitación gradual de las ideas previas, evitando la apelación directa a definiciones académicas y habilitando un espacio discursivo propicio para la exploración de concepciones implícitas sobre la ciencia. En este trabajo, por cuestión de espacios, solamente hemos analizado las respuestas individuales de los estudiantes, quedando pendiente el estudio de las construcciones colectivas del concepto de ciencia (apartado 3de la actividad) y cómo han incluido en ellas el conocimiento de las características planteadas en el debate (apartado 2). Somos conscientes de que las ideas manifestadas por los estudiantes sobre la ciencia están influenciadas por diversos factores, entre ellos por la ciencia escolar que han recibido durante su educación obligatoria. En este sentido, habría que investigar si el catálogo de ideas que han aparecido en este trabajo puede considerarse una visión general del concepto de ciencia de los estudiantes al finalizar la educación obligatoria o si, por el contrario, pueden existir diferencias entre centros educativos o entre diferentes sistemas educativos; para lo que es necesario ampliar la muestra y contemplar la participación de estudiantes de diferentes países. Por otro lado, también es importante indagar si la conocida brecha de género, ya consolidada al final de la educación obligatoria (Martín-Carrasquilla et al., 2022), se pone de manifiesto también en diferencias en la visión del concepto de ciencia entre chicos y chicas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos I+D+i PID2023-147028NB-I00 UBACYT 20020220100116BA, FONCYT-PICT-2021-295 y PPI-UNRC (2024-2026)-C586-2. Se agradece a los directivos, profesores y alumnos de los centros secundarios participantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dagher, Z. R. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, *79*(3), 295–312.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education, 75*(6), 649–672.

Farré, A. S., & Lorenzo, M. G. (2018). ¿Cómo elegir un libro de texto para nuestras clases teniendo en cuenta la naturaleza de la ciencia? En M. G. Lorenzo, H. S. Odetti & A. E. Ortolani (Eds.), *Comunicando la Ciencia. Avances en investigación en Didáctica de la Ciencia* (pp. 81–106). Ediciones UNL.

García-Carmona, A. (2021). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 18*(1),1108. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108

González-García, F. J., Blanco-López, Á., España-Ramos, E., & Franco-Mariscal, A. J. (2021). The nature of science and citizenship: A delphi analysis. *Research in Science Education, 51*(3), 791-818. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9817-5

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Routledge.

Martín-Carrasquilla, O., Santaolalla-Pascual, E., & Muñoz-San Roque, I. (2022). La brecha de género en la Educación STEM. *Revista de Educación*, 396, 151-175.

Oliva, J. M. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *3*(3), 363–384.

Osborne, J., & Allchin, D. (2025). Science literacy in the twenty-first century: informed trust and the competent outsider. *International Journal of Science Education*, *47*(15–16), 2134–2155.

Vázquez-Alonso, A. & Manassero-Mas, M. (2005). La ciencia escolar vista por los estudiantes, *Bordón, 57*(5), 717-735.

Watts, F.M. & Finkenstaedt-Quinn, S.A. (2021). The current state of methods for establishing reliability in qualitative chemistry education research articles. *Chemical Education Research and Practice, 22*, 565–578.

La evolución biológica en el currículo LOMLOE de Educación Secundaria: un análisis desde el modelo de ser vivo complejo

Javier M. Zambruno[1], Hortensia Morón Monge[2], Paula Daza Navarro[3] y Miguel Ángel Herrera Pavo[4].

[1]Biología y Geología. Junta de Andalucía.

[2]Departamento de Didáctica de las Ciencias experimentales y sociales. Universidad de Sevilla.

[3]Departamento de Biología Celular. Universidad de Sevilla.

[4]Área de Educación. Universidad Andina Simón Bolívar sede Ecuador.

*Correspondencia: javier.m.zambruno.edu@juntadeandalucia.es

RESUMEN: Este estudio analiza el tratamiento de la teoría de la evolución en el currículo LOMLOE de Biología y Geología para la ESO en Andalucía, con el objetivo de valorar su presencia, desarrollo e integración como modelo explicativo. Para ello, se emplea una rúbrica original que no solo evalúa la frecuencia de aparición de los ítems, sino también su nivel de desarrollo o su localización en los distintos elementos curriculares. Los resultados muestran que las ideas nucleares de la evolución se presentan de forma fragmentada y sin progresión, que el modelo de ser vivo complejo se desarrolla de manera parcial y desde una perspectiva antropocéntrica y que los contenidos impartidos sobre la teoría evolutiva están desactualizados. Se constata pues que la evolución aparece como un contenido aislado, lejos de su potencial como eje integrador de la Biología.

PALABRAS CLAVE: evolución biológica; educación secundaria; currículum; modelo de ser vivo complejo; rúbrica.

ABSTRACT: This study analyzes how the theory of evolution is addressed in the new curriculum for Biology and Geology in Secondary Education (ESO) in Andalusia (Spain), in order to assess its presence, development and integration as an explanatory model. To this end, an original rubric is employed, that evaluates not only the frequency of the items' appearance but also their level of development and their placement within the different curricular elements. The results show that the core ideas of evolution are presented in a fragmented manner and without progression; that a complex model of living organisms is developed only partially and from an anthropocentric point of view; and that the content taught on evolutionary theory is outdated. Therefore, it is concluded that evolution appears as an isolated content, far from its potential as an integrating framework for Biology.

KEYWORDS: biological evolution; Secondary Education; curriculum; complex model of living organism; rubric.

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La teoría de la evolución (en adelante, TE) constituye uno de los pilares fundamentales de la Biología moderna y una de las ideas organizadoras más relevantes de las Ciencias de la Vida (Dobzhansky 1973; Futuyma, 1998; Harlen, 2010; Soler, 2003). Sin embargo, el conocimiento social sobre este fenómeno continúa siendo limitado, ya que una parte significativa de la población presenta dificultades para comprender los procesos evolutivos o mantiene concepciones alternativas sobre el origen y la diversidad de los seres vivos (Gefaell et al., 2020).

Desde la Didáctica de las Ciencias, se ha señalado que esta situación está relacionada, en parte, con el modo en que la evolución se aborda en los programas educativos. Con frecuencia, su enseñanza se presenta de forma fragmentada, como un bloque de contenidos aislado y terminal, lo que favorece un aprendizaje memorístico no constructivo (Ceballos et al., 2017; Luvinson-Araújo, 2022). Esta

problemática se evidencia especialmente en Educación Primaria, donde los estudios de Vázquez-Ben y Bugallo-Rodríguez (2017, 2018) muestran que el modelo evolutivo aparece de forma atomizada, a través de conceptos aislados y sin conexión. A esta situación se suma la escasa formación del profesorado en relación con la TE. Tal y como evidencian los estudios de Zambruno et al. (2022, 2024); ya que, aunque el profesorado en formación muestra una alta aceptación de la evolución, su nivel de competencia es limitado, lo que contribuye a reproducir en la práctica docente un enfoque igualmente fragmentado.

Ante este contexto, resulta necesario analizar cómo se está abordando la TE en el currículo actual. En particular, aún se desconoce en qué medida el currículo derivado de la LOMLOE incorpora enfoques que permitan superar esta fragmentación y avanzar hacia una enseñanza más integrada. En consecuencia, el presente estudio tiene como objetivo analizar la presencia y el tratamiento de la TE en el currículo vigente para la Educación Secundaria en Andalucía (Orden de 30 de mayo de 2023). Para ello, se emplea una rúbrica de análisis que permite evaluar no solo la presencia de los conceptos evolutivos, sino también su grado de desarrollo e integración curricular.

MARCO TEÓRICO

Diversos estudios demuestran que mejorar la enseñanza de la evolución biológica no implica únicamente aumentar su presencia en el currículo, sino reconfigurarla como un modelo explicativo integrador de la Biología, articulado en torno a tres elementos clave:

(i) *Ideas nucleares de la evolución como modelo explicativo.* La evolución debe entenderse como un modelo científico que permite interpretar la diversidad de los seres vivos y los cambios en las poblaciones a lo largo del tiempo. Esto implica abordar de forma progresiva un conjunto de ideas interrelacionadas —variación, herencia, selección natural, adaptación, cambios en las poblaciones, ascendencia común, biodiversidad o extinción— cuya comprensión depende de las lazos que se establecen entre ellas y no de su aprendizaje aislado, configurando la evolución como un marco explicativo integrador de la Biología (Vázquez-Ben y Bugallo-Rodríguez, 2018, 2020).

(ii) *La evolución desde el modelo de ser vivo complejo.* La comprensión de la evolución requiere situarse en un enfoque que conciba a los seres vivos como sistemas complejos, abiertos y dinámicos en interacción constante con su entorno (Capra y Luisi, 2014; García Rovira, 2005; Gómez Galindo et al., 2007). Este modelo implica integrar distintos niveles de organización —desde la célula hasta la biosfera— y combinar enfoques reduccionistas y sistémicos (Chávez y Chávez, 2021; Plante, 2025). Desde esta perspectiva, la evolución se entiende como una propiedad emergente de la dinámica de los sistemas vivos, lo que permite relacionar procesos microevolutivos y macroevolutivos y comprender el cambio biológico en términos de interacción y adaptación (Gilbert y Justi, 2017; Vázquez-Ben y Bugallo-Rodríguez, 2022).

(iii) *Actualización de la TE en la enseñanza*. Aunque la base de la TE se sustenta en la Síntesis Evolutiva, los avances recientes —como la epigenética, la construcción del nicho, la exaptación o los constreñimientos del desarrollo— han ampliado significativamente la comprensión de los procesos evolutivos (Futuyma, 2017). Sin embargo, estos hallazgos apenas están presentes en los currículos y en la práctica educativa (Luvinson-Araújo, 2022), lo que contribuye a una visión simplificada y desactualizada de la evolución. Su incorporación resulta clave hoy en día para una enseñanza científicamente completa.

En su conjunto, la implementación de estos enfoques permitiría avanzar desde una enseñanza de la evolución como temática aislada hacia su consideración como un modelo explicativo, capaz de articular la comprensión de la diversidad, el cambio y las relaciones ser vivo-entorno.

METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta las limitaciones detectadas en estudios previos, este trabajo tiene como objetivo analizar en qué medida el currículo LOMLOE de Educación Secundaria se ajusta a un enfoque integrador de la enseñanza de la evolución, así como identificar sus principales carencias. Para ello, se

realiza un análisis documental de carácter cualitativo mediante una rúbrica diseñada específicamente para evaluar la presencia y la integración de 26 ítems, organizados en tres dimensiones clave: (A) *ideas nucleares de la evolución* (n=10), que incluyen conceptos como herencia, variación, selección natural o adaptación; (B) *modelo de ser vivo complejo* (n=6), que integra aspectos como los niveles de organización, el tiempo geológico o la interacción ser vivo-ambiente; y (C) *actualización de la TE* (n=10), que abarca conceptos como deriva genética, epigenética o construcción del nicho.

El análisis se centra en el currículo de Educación Secundaria Obligatoria de Andalucía (Orden de 30 de mayo de 2023), concretamente en el Anexo II de la materia de Biología y Geología para 1º, 3º y 4º de ESO, siendo este último curso de carácter no obligatorio. Para ello, se realizó una revisión sistemática del currículo, registrando cada aparición de los ítems e identificando su dimensión, curso (1º, 3º o 4º ESO), elemento curricular (descripción de la materia, competencias específicas, saberes básicos o criterios de evaluación) y tipo de presencia (implícita, explícita o central). Posteriormente, las apariciones registradas se agruparon por dimensiones y se evaluó su nivel de presencia según los criterios establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los niveles de desarrollo de las distintas dimensiones.

Nivel	Descriptor	Interpretación didáctica
N1. Ausencia	Los ítems de la dimensión analizada no aparecen explícita ni implícitamente en el currículo y están ausentes en todos los cursos.	Esta dimensión no forma parte del currículo, por lo que no existe tratamiento didáctico de estos contenidos en la etapa.
N2. Implícita o anecdótica	Los ítems de la dimensión aparecen de forma indirecta o una sola vez, normalmente asociados a otros contenidos.	La dimensión se sugiere como trasfondo conceptual, pero no se trabaja ampliamente, no permitiendo construir el modelo evolutivo.
N3. Puntual o fragmentada	Los ítems aparecen explícitamente una o dos veces, generalmente concentrados en un elemento curricular específico. La distribución es aislada, sin continuidad en el currículo.	La dimensión se trabaja como contenido aislado o suceso externo, centrándose en definiciones o mecanismos sin conexión entre varios conceptos.
N4. Recurrente	Los ítems aparecen explícitamente entre tres y cinco veces dentro del currículo y se distribuyen en distintos elementos curriculares.	Existe cierta continuidad en el tratamiento de la dimensión, pero sigue apareciendo fragmentada, sin constituir un eje estructurador.
N5. Transversal e integrada	Los ítems aparecen más de cinco veces y se distribuyen verticalmente en varios elementos curriculares y con un papel central.	La dimensión se presenta como marco explicativo integrador, articulando diferentes contenidos.

El análisis se ha planteado fundamentalmente desde una perspectiva vertical, examinando en cada curso (1º, 3º y 4º ESO) la presencia de dichas dimensiones. No obstante, también se ha llevado a cabo una lectura complementaria de carácter horizontal, considerando cada dimensión a lo largo de los distintos cursos para identificar la progresión de su tratamiento. De este modo, se obtiene una doble perspectiva que ofrece una visión más completa del desarrollo curricular de la evolución biológica según los mencionados modelos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos tras el análisis del currículo LOMLOE andaluz se recogen en la Tabla 2 y la Tabla 3, donde destacan los ítems más relevantes en cada curso y donde se especifica el nivel de presencia de cada dimensión estudiada por curso, respectivamente.

Interpretación por cursos (vertical)

En 1.º de ESO se aprecia una presencia desigual de las dimensiones analizadas. El modelo de ser vivo complejo (DB) se sitúa en un nivel implícito o anecdótico (N2), puesto que, aunque se abordan distintos niveles de organización (como la célula o los ecosistemas) y algunas ideas sobre la interacción de los

seres vivos con su entorno (como el impacto ambiental o las características que permiten la vida en la Tierra), estos ítems no se llegan a explicitar. En cambio, las ideas nucleares de la evolución (DA) alcanzan un nivel fragmentado (N3) debido a la presencia reiterada del concepto de biodiversidad en distintos elementos curriculares, así como a la incorporación implícita de nociones como el ancestro común y la extinción, que subyacen, respectivamente, a la clasificación de los seres vivos en cinco reinos y a la conservación de la biodiversidad. Por último, la actualización de la TE (DC) está ausente (N1), lo que indica que no se incorporan enfoques evolutivos modernos en este curso.

En 3.º de ESO, se observa un avance moderado en el desarrollo de las dimensiones analizadas. Tanto la DA como la DB se sitúan en un nivel fragmentado (N3). Por un lado, las ideas evolutivas se abordan de forma más explícita, aunque todavía de manera aislada, apoyadas de nuevo en la mención de la biodiversidad en los criterios de evaluación y en la incorporación implícita de nociones como la adaptación o la selección natural, especialmente aplicadas al uso adecuado de antibióticos y vacunas. La DC continúa permaneciendo ausente (N1).

Por último, en 4.º de ESO se consolida una mayor presencia de la DA y DB, que alcanzan un nivel recurrente (N4). Las ideas nucleares de la evolución se trabajan de forma más frecuente y explícita, abarcando nuevos conceptos clave como la herencia, la variación de los rasgos y la mutación. Además, aparece explícitamente la evolución como saber básico, con lo que se asume la aparición implícita de otros ítems como la adaptación o la selección natural. Por su parte, el modelo de ser vivo complejo se desarrolla con mayor amplitud, incorporando la interacción entre los organismos y su entorno a gran escala en saberes como la tectónica de placas, de la historia de la Tierra o el tiempo geológico. En cualquier caso, ninguna de las dos dimensiones llega a constituir un eje plenamente integrador del currículo (N5). Asimismo, la DC vuelve a permanecer ausente (N1), lo que corrobora la falta de los enfoques actuales de la evolución en toda la etapa.

Tabla 2. Ideas relacionadas con la evolución por curso

Curso	Ítems más mencionados
1º ESO	Biodiversidad, interacción del ser vivo con su entorno (características del planeta Tierra que permiten la vida, impactos ambientales), ancestro común (clasificación de los seres vivos)
3º ESO	Biodiversidad, interacción del ser vivo con su entorno (riesgos naturales e impactos ambientales), niveles de organización del cuerpo humano, adaptación y selección natural (antibióticos y vacunas)
4º ESO	Mutación, evolución, herencia, historia de la Tierra, tiempo geológico

Interpretación por dimensiones (horizontal)

La DA se aborda de forma puntual en 1.º y 3.º de ESO (N3), principalmente a través del concepto de biodiversidad y como trasfondo de otros contenidos, y aumenta su presencia en 4.º. Sin embargo, no existe una progresión ni una conexión entre las ideas trabajadas, que además no se vinculan explícitamente con el hecho evolutivo. Esto dificulta la construcción de un modelo coherente de la evolución, agravado por el carácter optativo de la materia en 4.º, lo que limita el acceso del alumnado a estos contenidos más desarrollados.

En cuanto a la DB, se observa cierta continuidad en los primeros cursos a través del estudio de los impactos ambientales y los riesgos naturales, que en 3.º se amplía con los niveles de organización del cuerpo humano. No obstante, este enfoque es mayoritariamente antropocéntrico y no se generaliza al conjunto de los seres vivos. Más adelante, en 4.º, aparece por primera vez la historia de la Tierra como oportunidad para integrar la interacción entre los seres vivos y su entorno a gran escala, conectándola con procesos evolutivos; sin embargo, esta integración no está explícitamente prescrita y, al ser una materia optativa, no se garantiza la continuidad con ideas anteriores.

Por último, como ya se ha mencionado, la DC está completamente ausente en el currículo, por lo que

predominan enfoques clásicos —como el darwinismo, el lamarckismo o la teoría neodarwinista— sin incorporar aportaciones más recientes, como la deriva genética, la epigenética o los constreñimientos del desarrollo, lo que evidencia una enseñanza muy desactualizada de la TE.

Tabla 3. Nivel de presencia de las tres dimensiones de estudio en el currículo LOMLOE andaluz.

Dimensión	1º ESO	3º ESO	4º ESO
Ideas nucleares de la evolución	N3	N3	N4
Modelo de ser vivo complejo	N2	N3	N4
Actualización de la teoría evolutiva	N1	N1	N1

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos son coherentes con lo señalado por la literatura en Didáctica de las Ciencias. El tratamiento fragmentado y poco progresivo de las ideas nucleares de la evolución coincide con estudios que evidencian una enseñanza basada en conceptos aislados, sin conexiones que permitan construir un modelo explicativo integrado (Ceballos et al., 2017; Luvinson-Araújo, 2022). Este patrón, ya identificado en etapas anteriores (Vázquez-Ben y Bugallo-Rodríguez, 2017, 2018), se aleja de la consideración de la evolución como eje organizador de la Biología (Futuyma, 1998; Harlen, 2010). Del mismo modo, el desarrollo limitado y en gran medida antropocéntrico del modelo de ser vivo complejo confirma la falta de un enfoque sistémico que integre niveles de organización y la interacción con el entorno, tal y como proponen Capra y Luisi (2014), García Rovira (2005) o Gilbert y Justi (2017).

Asimismo, la ausencia de contenidos actualizados sobre evolución refuerza la idea de una enseñanza desfasada, centrada en enfoques clásicos y alejada de los avances recientes de la disciplina (Futuyma, 2017; Luvinson-Araújo, 2022), lo que contribuye a las dificultades de comprensión detectadas a nivel social (Gefaell et al., 2020). En conjunto, estos resultados evidencian que la evolución continúa presentándose en el currículo LOMLOE como un contenido más dentro de Biología y Geología, lejos de aprovechar su carácter integrador o de incorporar modelos de enseñanza respaldados por la investigación.

Por otra parte, la rúbrica empleada se revela como un instrumento especialmente valioso, ya que permite no solo analizar la frecuencia de los ítems, sino también la importancia que se les concede y su localización en los distintos elementos curriculares, aportando un mayor contexto y profundidad al análisis. Este enfoque abre nuevas líneas de investigación, como su aplicación a otros itinerarios educativos (diversificación curricular o formación profesional básica), a libros de texto y programaciones didácticas o para el análisis comparado de currículos internacionales. Concretamente, los miembros del equipo de investigación han participado en el diseño del currículo de las materias de ciencias a todos los niveles educativos en Ecuador, con lo que la aplicación de esta rúbrica para el análisis de la ley educativa ecuatoriana se revela igualmente pertinente para próximos trabajos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto de cooperación al desarrollo «Desarrollando competencias en la enseñanza de las ciencias de los maestros y maestras de Ecuador a través del diseño e implementación de una nueva Maestría en Didácticas para la Educación Básica», de la oficina de Cooperación al Desarrollo del Vicerrectorado de Internacionalización de la Universidad de Sevilla para el curso 2026-27.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capra, F., y Luisi, P. L. (2014). *The systems view of life: A unifying vision*. Cambridge University Press.

Chávez, G. H., y Chávez, Y. H. (2021). Reduccionismo y enfoque de sistemas: dos enfoques complementarios. *Horizonte de la Ciencia, 11*(21), 73-80. https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2021.21.896

Ceballos, M., Vílchez, J. E. y Escobar, T. (2017). La enseñanza de la evolución en Primaria. Opinión del profesorado y exploración de ideas inadecuadas en los niños. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, 4,* 55-68.

Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher, 35*(3), 125–129. https://doi.org/10.2307/4444260

Futuyma, D.J. (1998). *Evolutionary Biology*. Sinauer Associates.

Futuyma DJ. (2017). Evolutionary biology today and the call for an extended synthesis. *Interface Focus, 7*(5). https://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0145

García Rovira, M. P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra del VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias,

Gefaell, J., Prieto, T., Abdelaziz, M., Álvarez, I., Antón, J., Arroyo, J., Bella J. L., Botella, M., Bugallo, A., Claramonte, V., Gijón, J., Lizarte, E., Maroto, R.M., Megías, M., Milá, B., Ramón, C., Vila, M. y Rolán-Alvarez, E. (2020). Acceptance and knowledge of evolutionary theory among third-year university students in Spain. *PLOS ONE 15*: e0238345. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238345

Gilbert, J.K. y Justi, R. (2017). Introducing Modelling into School Science. En: Yeo, J., Teo, T., Tang, KS. (eds.). *Science Education Research and Practice in Asia-Pacific and Beyond*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5149-4_2

Gómez Galindo, A. A., Puig, N. S., y Pujol, R. M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias did*ácticas, *25* (5) 325-340. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3699

Harlen, W. (coord.)(2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Ashford Colour Press.

Luvison-Araújo, L.A. (2022) The centrality of evolution in biology teaching: towards a pluralistic perspective. *Journal of Biological Education*, *56*(1), 109-120. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1757486

Orden de 30 de mayo de 2023, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y a las diferencias individuales, se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado y se determina el proceso de tránsito entre las diferentes etapas educativas. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 2 de junio de 2023.

Plante, M. (2025). A new symbiotic, holistic and gradualist model proposal for the concept of "living organism". *Theory in Biosciences, 144*(1), 45-65. https://doi.org/10.1007/s12064-024-00429-0

Soler, M. (ed.) (2003). *Evolución, la base de la biología*. Proyecto Sur Ediciones S.L.

Vázquez-Ben, L. y Bugallo-Rodríguez, A. (2017). El modelo de evolución en Educación Primaria: desafíos identificados por expertas y expertos. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 4293-4298.

Vázquez Ben, L. y Bugallo Rodríguez, A. (2018). El modelo de evolución biológica en el currículo de Educación Primaria: Un análisis comparativo en distintos países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 15*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3101

Vázquez-Ben, L. y Bugallo Rodríguez, A. (2020). Teaching to teach the model of evolution In primary education: an experience with pre-service teachers at a Spanish university. En Puig, B.; Blanco Anaya, P.; Gil Quílez, M.J. y Grace, M. *Biology Education Research: Contemporary topics and directions*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Zaragoza. España. https://doi.org/10.26754/uz.978-84-16723-97-3

Vázquez-Ben, L. y Bugallo-Rodríguez, A. (2022). ¿Qué saben niños y niñas sobre evolución? Diseño y aplicación de un modelo científico escolar de evolución para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19*(1). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1102

Zambruno, J.M., Morón Monge, H. y Daza Navarro, P. (2022). ¿En qué medida se estudia la teoría de la evolución en el Grado de Biología? Un estudio exploratorio. *30 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales.*

Zambruno, J.M., Morón Monge, H. y Daza Navarro, P. (2024). El conocimiento del profesorado de Biología y Geología de secundaria sobre la teoría de la evolución. *31 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales.*

Comprensión de la naturaleza de la ciencia y la indagación científica en Educación Infantil: Estudio piloto en el País Vasco utilizando el instrumento YCVS

Aritz Ruiz-González [1], Arantza Rico [1]

[1] Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Educación y Deporte, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, España

* Correspondencia: aritz.ruiz@ehu.eus

RESUMEN: La alfabetización científica, como objetivo último de la educación en ciencias, exige una comprensión global de qué es la ciencia, y de cómo y por qué las y los científicos desarrollan el conocimiento científico. A pesar del creciente consenso sobre la importancia de introducir la Naturaleza de la Ciencia (NOS) y la Naturaleza de la Indagación Científica (NOSI) desde las primeras etapas educativas, la evidencia empírica sobre la comprensión de estos aspectos en la etapa de Educación Infantil sigue siendo escasa. Este estudio evaluó la comprensión sobre la ciencia, las personas que la practican, así como determinados aspectos de NOS y NOSI, en 53 niñas y niños de Educación Infantil (5-6 años) escolarizados en un centro del País Vasco, mediante el protocolo oral YCVS (*Young Children's Views of Science*). Los resultados muestran que el alumnado de esta etapa educativa presenta, en general, una comprensión aún muy limitada de los diez aspectos evaluados en el YCVS, ya que la mayoría de las respuestas fueron clasificadas como "inadecuadas" (M = 66,04%; DT = 14,04). No obstante, se identifican comprensiones "*adecuadas*" y "*mixtas*" incipientes, especialmente en el carácter *empírico* de la ciencia, la *creatividad* y la figura de las y los *científicos*. Estos hallazgos son coherentes con investigaciones realizadas en primaria, lo que sugiere que, sin una instrucción explícita y reflexiva, estas limitaciones persisten a lo largo de la escolarización. El estudio subraya la necesidad de abordar los aspectos epistemológicos de la ciencia de forma intencionada desde la Educación Infantil y destaca la importancia de una formación docente adecuada en esta etapa.

PALABRAS CLAVE: Naturaleza de la ciencia; Educación Infantil; Indagación científica

ABSTRACT: Scientific literacy, as the ultimate goal of scientific education, requires an overall understanding of what science is, and how and why scientific knowledge is developed by scientists. Despite growing consensus on the importance of introducing the Nature of Science (NOS) and Nature of Scientific Inquiry (NOSI) from the earliest years of schooling, empirical evidence on young children's understandings of these aspects remains scarce. This study assesses the knowledge about science, scientists, and key aspects of NOS and NOSI, using the oral protocol of the *Young Children's Views of Science* (YCVS) on a sample of 53 children aged 5–6 (Early Childhood Education), enrolled in a Basque school (Spain). Results show that children at this educational stage still present a very limited understanding of the ten aspects assessed through the YCVS, as most responses were classified as *inadequate* (M = 66.04%; SD = 14.04). However, incipient *adequate* and *mixed* understandings were identified, particularly regarding the *empirical* nature of science, *creativity*, and the image of *scientists*. These findings are consistent with research conducted at the primary level, suggesting that without explicit and reflective instruction, these limitations persist throughout schooling. The study highlights the need for intentional NOS and NOSI teaching from Early Childhood education and underscores the importance of adequate teacher training at this stage.

KEYWORDS: Nature of science; Early Chilhood Education, Scientific inquiry

INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica, como objetivo último de la educación científica, exige una comprensión global de qué es la ciencia, cómo se construye el conocimiento científico y cómo participan las personas en estos procesos. Bajo el constructo paraguas de la naturaleza de la ciencia, la investigación en didáctica de las ciencias ha abordado estas cuestiones desde hace décadas, existiendo un amplio acuerdo en que su adecuada comprensión es un componente central de la alfabetización científica y una meta prioritaria de la educación científica desde las etapas educativas iniciales (Cofré et al., 2019; Lederman, 2019). De hecho, diferentes estudios inciden en la relevancia de trabajar aspectos básicos de la naturaleza de la ciencia desde la Educación Infantil (EI) (Akerson et al., 2011; Bell & Clair, 2015). Su enseñanza explícita no solo ayuda al alumnado a conectar con la ciencia y descubrir su significado (Hansson et al., 2021), sino que contribuye, además, a superar visiones estereotipadas sobre la ciencia y sobre quiénes son las personas que la practican, favoreciendo una participación más equitativa, crítica e informada en una sociedad democrática (Akerson et al., 2011; Hansson et al., 2021).

Diversos autores, aun reconociendo la estrecha relación entre ambas dimensiones, distinguen entre la naturaleza del conocimiento científico (*Nature of Scientific Knowledge*, NOSK, o simplemente *Nature of Science*, NOS, en inglés) y la naturaleza de la indagación científica (*Nature of Scientific Inquiry*, NOSI) (Schwartz et al., 2008; Lederman, 2019). Esta diferenciación es de carácter principalmente analítico y didáctico, ya que ambas se solapan e interactúan de manera íntima en el desarrollo y en el estatus ontológico del conocimiento científico. Sin embargo, mientras que NOS está más vinculada al *producto* de la indagación científica y, por tanto, se refiere principalmente a las características del conocimiento científico —carácter tentativo, base empírica, dimensión creativa y sociocultural entre otras—, la NOSI se vincula más estrechamente con el *proceso* de indagación científica, incluyendo algunas de sus características fundamentales —la importancia de las preguntas, la inexistencia de un "método científico" único o la relación entre conclusiones y datos/conocimientos previos— (Schwartz et al., 2008; Lederman, 2019; Bartels & Lederman, 2022).

La evidencia empírica acumulada muestra que el alumnado de EI es capaz de participar en prácticas científicas significativas, entender algunas ideas abstractas, participar en procesos de indagación, hacer inferencias y extraer nuevos conocimientos mediante la experimentación cuando se les ofrece una enseñanza adecuada y contextualizada (Akerson et al., 2011; Eshach & Fried, 2005). Estudios recientes muestran, además, que intervenciones explícitas y sistemáticas pueden mejorar las concepciones infantiles sobre algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia (Akerson et al., 2011; Hansson et al., 2021), lo que refuerza tanto la viabilidad como la importancia de trabajar estos aspectos desde las primeras etapas educativas (Bell & Clair, 2015). Sin embargo, la mayor parte de la investigación empírica en este ámbito se ha concentrado en el alumnado de Secundaria y Bachillerato, así como en el profesorado —en formación inicial y en activo— quedando las etapas de Educación Primaria (EP) y, especialmente, EI claramente infraexploradas (Akerson et al., 2011; Ampatzidis & Ergazaki, 2026; Cofré et al., 2019).

Teniendo en cuenta (a) la importancia de comprender aspectos epistemológicos de la ciencia para la alfabetización científica, (b) la relevancia de su enseñanza y aprendizaje en las etapas educativas iniciales y (c) el hecho de que la investigación al respecto en EI es prácticamente inexistente, resulta fundamental desarrollar nuevos estudios en esta etapa educativa. En este sentido, el protocolo oral *Young Children's Views of Science* (YCVS; Lederman & Bartels, 2018) constituye una herramienta válida y fiable para evaluar, mediante entrevistas, las concepciones de niños y niñas de infantil y primeros cursos de primaria sobre qué es la ciencia, quiénes son las y los científicos, así como sobre algunos aspectos clave de la NOS y NOSI identificados en la literatura. Si bien Bartels y Lederman (2022) han utilizado recientemente este instrumento en la etapa de EP, no existen aún datos empíricos para EI, lo que representa un vacío de investigación relevante que este trabajo pretende abordar.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio, enmarcado en un proyecto más amplio de carácter internacional (Bartels et al., en

revisión), tiene como objetivo caracterizar las concepciones de niños y niñas de EI sobre la ciencia, las personas que la practican, así como determinados aspectos de NOS y NOSI, mediante la utilización del YCVS (Lederman & Bartels, 2018). En concreto, se pretende: (a) identificar qué elementos se encuentran ya presentes o emergen en esta etapa y (b) señalar posibles dificultades que permitan orientar futuras intervenciones didácticas y líneas de investigación.

METODOLOGÍA

Contexto y participantes

El estudio se llevó a cabo en un centro público de EI (VitoriaGasteiz, País Vasco), que escolariza alumnado de nivel socioeconómico medio-bajo. La lengua de instrucción del centro es el euskera, aunque la mayoría del alumnado presenta mayor dominio del castellano. El colegio organiza la enseñanza en la etapa de EI mediante la propuesta pedagógica del movimiento autónomo impulsada por el Berritzegune —centro de apoyo a la innovación educativa del Gobierno Vasco— y alineada con los principios del Decreto 75/2023 del currículo de EI de Euskadi, combinando actividades guiadas por la maestra y propuestas de juego y exploración libre, con espacios específicos para ciencia y proyectos al aire libre. En este estudio participaron un total de 53 niños y niñas de 56 años de 3º curso de EI.

Instrumento

Se utilizó el protocolo oral del instrumento *Young Children's Views of Science (YCVS;* Lederman & Bartels, 2018), que permite evaluar de forma verbal la comprensión del alumnado mediante entrevistas de grupos focales. Estas entrevistas incluyen preguntas guiadas, observaciones y escenarios hipotéticos diseñados para explorar la comprensión del alumnado sobre diferentes aspectos y procesos científicos fundamentales, abarcando a) qué es la *ciencia*, b) quiénes son las y los *científicos*, así como algunas características clave de c) la naturaleza de la ciencia (NOS; carácter *empírico*, *tentativo*, *subjetivo* y *creativo*; diferencia entre *observación* e *inferencia*) y d) la indagación científica (NOSI; inicio de la investigación con *preguntas,* la inexistencia de un único *método científico* y que las *conclusiones* deben estar fundamentadas en los datos y conocimientos previos). El protocolo YCVS, originalmente en inglés, fue traducido y adaptado al castellano y al euskera mediante un procedimiento de traducción y retrotraducción, con el fin de garantizar la equivalencia semántica y la validez lingüística del instrumento en el contexto de aplicación.

Procedimiento

Las entrevistas se realizaron en el propio centro, al final del curso escolar, en grupos de 3-4, siguiendo el protocolo del YCVS y obteniendo datos a nivel individual. El protocolo se administró en la lengua escolar habitual, respetando el idioma en que cada niño/a se expresaba con mayor fluidez (euskera o castellano). Las conversaciones se grabaron en audio para su posterior transcripción literal. Previamente, se obtuvo el consentimiento informado de las familias y la autorización del centro, así como la autorización pertinente del comité de ética de la investigación de la universidad (M10-2023-346).

Análisis de datos

Las entrevistas fueron transcritas y las respuestas de cada alumno/a se codificaron individualmente siguiendo el procedimiento de codificación establecido en el YCVS (véase Lederman & Bartels, 2018; Bartels & Lederman, 2022), que clasifica cada respuesta en cuatro categorías: *adecuada*, *mixta*, *inadecuada/naif* y *sin respuesta*. Las respuestas *inadecuadas* eran aquellas que contradecían o no reflejaban adecuadamente los aspectos contemporáneos evaluados en el YCVS. Las respuestas *mixtas* eran parcialmente coherentes con dichos aspectos o no aportaban ejemplos congruentes con la respuesta proporcionada. Las respuestas *adecuadas* eran coherentes con las comprensiones informadas y aceptadas, tal y como se recogen en el protocolo YCVS (Lederman & Bartels, 2018). Para una

correcta codificación, se realizaron sesiones de formación con las autoras principales del YCVS hasta obtener un consenso entre codificadores ≥80%, lo que garantiza la consistencia y fiabilidad del proceso de codificación. Posteriormente, dos evaluadores clasificaron las respuestas de forma independiente, alcanzando igualmente un acuerdo inter-codificador ≥80%. Por último, se calcularon las frecuencias y porcentajes de cada categoría lo que permitió caracterizar el grado de comprensión de los niños y niñas sobre los diez aspectos evaluados (i.e. la ciencia, las y los científicos, y las características NOS y NOSI).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados revelaron que las niñas y niños de entre 5 y 6 años muestran, en general, una comprensión todavía limitada sobre la ciencia, la labor de las y los científicos, así como de los aspectos de NOS y NOSI evaluados mediante el YCVS. Las respuestas *inadecuadas* predominaron en los diez aspectos analizados (M = 66,04%; DT = 14,04), mientras que las respuestas *mixtas* alcanzaron una media del 16,98% (DT = 8,20) y las *adecuadas* fueron claramente minoritarias (M = 5,85%; DT = 6,06). Si se consideran conjuntamente las categorías *mixta* y *adecuada*, los niveles de comprensión ascienden a un 22,83% de media (DT = 11,75), lo que apunta a comprensiones emergentes, pero todavía poco consolidadas (Figura 1).

Si se analizan los resultados por aspectos concretos, el mayor índice de comprensión *inadecuada* se registró en "Las conclusiones se basan en datos y conocimientos previos" (94,34%; 0% adecuado), seguido de "Tentativo" (75,47%), "La ciencia parte de una pregunta" (69,81%), "Métodos múltiples" (67,92%) y "Subjetividad" (66,04%; mayor no respuesta: 20,75%). Por el contrario, los niveles más altos de comprensión *adecuada* se encontraron en la base "Empírica" de la ciencia (16,98%), "Creatividad" (13,21%) y "¿Quiénes son las y los científicos?" (11,32%), que también resultaron los aspectos más accesibles al considerar conjuntamente comprensión adecuada y mixta: "Empírico" (43,40%), "Científicos/as" (39,62%), "Creatividad" (24,53%) y "¿Qué es la ciencia?" (22,64%) (Figura 1).

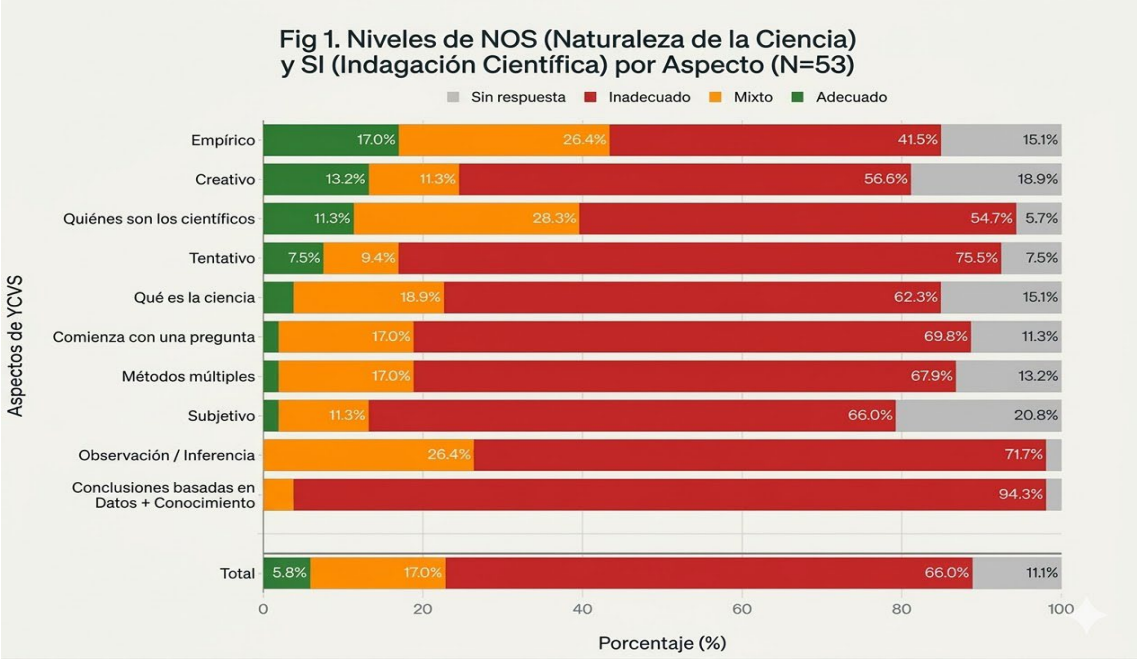


Figura 1. Distribución de los niveles de comprensión para los diferentes aspectos evaluados mediante el YCVS ordenados de mayor a menor comprensión *adecuada* **(N=53).**

Estos resultados son coherentes con estudios realizados en EP que, utilizando igualmente el YCVS, han mostrado que aspectos como la base *empírica* de la ciencia, la importancia de la *creatividad* y la imagen sobre las y los *científicos* tienden a ser más accesibles, mientras que otros —como la *subjetividad*, la inexistencia de un único "*método científico*" o el inicio de las investigaciones con *preguntas*— continúan siendo problemáticos incluso en etapas superiores (Bartels & Lederman, 2022). Esto indica que algunas de las dificultades observadas no son exclusivas de la etapa infantil, sino que persisten a lo

largo de la escolarización si no se abordan mediante intervenciones didácticas específicas y sostenidas (Cofré et al., 2019).

Cabe destacar que las concepciones identificadas sobre la ciencia y quienes la practican fueron muy limitadas y marcadamente estereotipadas, en línea con trabajos anteriores que documentan imágenes simplificadas y distorsionadas (Ferguson & Lezotte, 2020). No obstante, se observa una asimetría llamativa: el alumnado mostró una mayor comprensión —aunque parcial y estereotipada— de "quiénes son las y los científicos" que de "qué es la ciencia" (Adecuada+Mixta: 39,62% vs. 22,64%). Esta diferencia ha sido también documentada en estudios con alumnado de EP y suele vincularse a la influencia de fuentes extraescolares —medios de comunicación, literatura infantil, familia— que proporcionan imágenes más concretas de quienes hacen ciencia que de la práctica científica en sí (Bartels & Lederman, 2022; Cofré et al., 2019). La mayor accesibilidad del aspecto *empírico* es igualmente consistente con la literatura, que señala que los niños en edades tempranas poseen una comprensión intuitiva incipiente de que el conocimiento científico se basa en pruebas obtenidas a partir de la observación del mundo natural, especialmente cuando dicha comprensión está anclada en experiencias concretas y contextualizadas (Trundle & Saçkes, 2015).

Es importante destacar que, pese al predominio de respuestas inadecuadas, el alumnado de esta etapa no parte de cero: la existencia de concepciones *adecuadas* y *mixtas* —especialmente en torno al carácter *empírico*, la *creatividad* y la figura de las y los *científicos*— constituye un punto de partida relevante sobre el que construir una instrucción más sistemática. Akerson et al. (2011) subrayan precisamente que el alumnado en edades tempranas es capaz de desarrollar comprensiones significativas de la naturaleza de la ciencia cuando se les ofrece una instrucción adecuada, y que ignorar esta etapa supone perder una ventana de oportunidad clave. Sin embargo, el hecho de que muchos niños y niñas no identificaran la ciencia subyacente en actividades de su rutina diaria —como actividades de indagación con rampas, el huerto escolar, o examinar fósiles— ilustra que la exposición sin mediación docente explícita no es suficiente. La investigación ha demostrado de forma consistente que el enfoque explícito y reflexivo es fundamental para desarrollar comprensiones informadas de la ciencia y sus procesos a cualquier edad (Lederman, 2019; Akerson et al., 2011).

Desde una perspectiva docente, Hansson et al. (2021) señalan que la naturaleza de la ciencia raramente aparece de forma explícita en la enseñanza de ciencias en EI, y que son precisamente los docentes con una comprensión más sólida de estos aspectos quienes los integran de manera natural en sus interacciones con las niñas y niños. Esto conecta directamente con una limitación estructural del contexto estudiado: aunque el currículo español promueve la indagación y la exploración libre, no plantea de forma suficientemente explícita los componentes epistemológicos del conocimiento científico y sus procesos. Además, la literatura muestra que muchos docentes, tanto en formación inicial como en ejercicio, no se sienten adecuadamente preparados para trabajar estos aspectos con seguridad en el aula, lo que contribuye a mantener enfoques ingenuos —como el centrado en un "método científico" único y simplificado— y refuerza la necesidad de seguir investigando y diseñando propuestas específicas para las primeras etapas educativas (Ampatzidis & Ergazaki, 2026; Cofré et al., 2019; Hansson et al., 2021).

CONCLUSIONES

Este estudio —si bien requiere ser replicado con muestras más amplias y diversas— contribuye a llenar un vacío en la literatura al ofrecer una primera caracterización sistemática de las concepciones de niños y niñas de EI sobre la ciencia, las y los científicos, así como diferentes aspectos vinculados a NOS y NOSI en nuestro contexto. Los datos muestran que, a los 5–6 años, predominan las comprensiones *inadecuadas*, en línea con lo documentado en etapas posteriores, pero también ponen de relieve la existencia de concepciones *adecuadas* y *mixtas* incipientes que constituyen un punto de partida para la enseñanza. En conjunto, los hallazgos refuerzan dos implicaciones principales: la necesidad de introducir de manera temprana, explícita y reflexiva los rasgos epistemológicos del conocimiento científico y de los procesos de indagación en EI, y la importancia de fortalecer la formación del profesorado de esta etapa para que pueda integrar estos aspectos con coherencia en su práctica (Akerson et al., 2011; Ampatzidis & Ergazaki, 2026; Hansson et al., 2021).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akerson, V. L., Buck, G. A., Donnelly, L. A., Nargund-Joshi, V., & Weiland, I. S. (2011). The importance of teaching and learning nature of science in the early childhood years. *Journal of Science Education and Technology, 20*(5), 537–549. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9312-5

Ampatzidis, G., & Ergazaki, M. (2026)Pre-service early years teachers' understanding of nature of science. *Research in Science Education* 56, 223–242. https://doi.org/10.1007/s11165-025-10261-1

Bartels, S., & Lederman, J. (2022). What do elementary students know about science, scientists and how they do their work? *International Journal of Science Education, 44*(4), 627–646. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2050487

Bell, R. L., & St. Clair, T. L. (2015). Too little, too late: Addressing nature of science in early childhood education. En K. C. Trundle y M. Saçkes (Eds.), *Research in early childhood science education* (pp. 125–141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9505-0_6

Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education, 28*(5), 591–634. https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3

Eshach, H., & Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology, 14*(3), 315–336. https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9

Ferguson, S., & Lezotte, S. (2020). Exploring the state of science stereotypes: Systematic review and meta-analysis of the Draw-A-Scientist Checklist. *School Science and Mathematics*, 120, 55-65. https://doi.org/10.1111/ssm.12382

Hansson, L., Leden, L., & Thulin, S. (2021). Nature of science in early years science teaching. *European Early Childhood Education Research Journal, 29*(5), 795–807. https://doi.org/10.1080/1350293X.2021.1968463

Lederman, J. S., & Bartels, S. L. (2018). Assessing the ultimate goal of science education: Scientific literacy for all! En S. Kahn (Ed.), *Toward inclusion of all learners through science teacher education* (pp. 277–285). Brill. https://doi.org/10.1163/9789004368422_030

Lederman, N. G. (2019). Contextualizing the relationship between nature of scientific knowledge and scientific inquiry. *Science & Education, 28*, 249–267. https://doi.org/10.1007/s11191-019-00030-8

Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2008). What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education, 30*(6), 727–771. https://doi.org/10.1080/09500690701225801

Trundle, K. C., & Saçkes, M. (Eds.). (2015). *Research in early childhood science education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9505-0

NOS-copio: Imágenes generadas por IA como recurso explícito-reflexivo sobre Naturaleza de la Ciencia en la formación inicial docente

Eva M. Terrado Sieso, Jorge Pozuelo Muñoz, Esther Cascarosa Salillas, Francisco J. Serón Torrecilla, Ana de Echave Sanz, Carlos Rodríguez Casals*

Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza

* Correspondencia: eterrado@unizar.es

RESUMEN: Este estudio evalúa la potencialidad de las imágenes generadas por Inteligencia Artificial (imágenes-IA) como recurso explícito-reflexivo sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC) en la formación inicial del profesorado. Bajo un enfoque de Investigación Basada en el Diseño, se implementó la secuencia "NOS-copio" con 28 estudiantes del Máster en Profesorado (especialidad Física y Química). Para la evaluación de esta primera iteración se triangularon datos cuantitativos de cuestionarios pre-post y datos cualitativos del análisis del discurso en el foro de reflexión y la evaluación de propuestas didácticas. Los resultados evidencian que las imágenes-IA actúan como eficaces espejos epistemológicos, catalizando reflexiones que permiten deconstruir mitos cientificistas y promover una evolución significativa hacia visiones más informadas. No obstante, el análisis también revela la persistencia de algunas concepciones erróneas profundamente arraigadas sobre la práctica científica, lo que demuestra que una intervención puntual resulta insuficiente para lograr una transformación epistémica consolidada. Asimismo, en los diseños del profesorado en formación, aunque la integración curricular fue excelente, algunos participantes muestran dificultades para generar metáforas visuales disruptivas y preguntas detonadoras adecuadas. Se concluye que esta hibridación IA-NdC es una innovación prometedora, pero requiere un abordaje transversal y continuado en la formación docente, así como profundizar en la alfabetización en *prompting* pedagógico.

PALABRAS CLAVE: Naturaleza de la Ciencia; Formación del profesorado; Inteligencia Artificial; Práctica explícito-reflexiva

ABSTRACT: This study evaluates the potential of Artificial Intelligence-generated images (AI-images) as an explicit-reflective resource on the Nature of Science (NOS) in initial teacher education. Using a Design-Based Research approach, the "NOS-cope" sequence was implemented with 30 pre-service teachers from a Master's program (Physics and Chemistry specialization). To evaluate this first iteration, quantitative data from pre- and post-test questionnaires were triangulated with qualitative data from discourse analysis of a reflection forum and the assessment of pedagogical proposals. The results show that AI-images act as effective epistemological mirrors, catalysing reflections that help deconstruct scientistic myths and foster a significant shift toward more informed views. However, the analysis also reveals the persistence of some deeply rooted misconceptions regarding scientific practice, demonstrating that a single intervention is insufficient to achieve a consolidated epistemic transformation. Furthermore, while the curricular integration in the pre-service teachers' designs was excellent, some participants showed difficulties in generating disruptive visual metaphors and appropriate triggering questions. We conclude that this AI-NOS hybridization is a promising innovation, but it requires a transversal, continuous approach in teacher education, alongside further development of pedagogical prompting literacy.

KEYWORDS: Nature of Science; Teacher training; Artificial Intelligence; Explicit-reflective practice.

INTRODUCCIÓN Y BREVE MARCO TEÓRICO

La Naturaleza de la Ciencia (NdC) se define como un metaconocimiento que integra aportaciones de la historia, la filosofía, la sociología y la propia comunidad científica para definir qué es la ciencia, qué la

caracteriza y diferencia, y cómo se construye y valida el conocimiento que genera (Lederman, 2007). En las últimas décadas, la NdC se ha consolidado como un pilar fundamental de la alfabetización científica, siendo un componente clave en marcos de evaluación internacional como el reciente PISA 2025 (OCDE, 2023), el cual que enfatiza la necesaria capacitación de la ciudadanía para evaluar datos y evidencias científicas en contextos de incertidumbre. Su enseñanza en la Educación Secundaria implica que el alumnado no solo aprenda conceptos y procedimientos científicos, sino que también comprenda la ciencia como una forma particular de conocer el mundo, un constructo social y colectivo con sus alcances, limitaciones y valores intrínsecos.

Desde una perspectiva epistemológica, la NdC se conceptualiza hoy bajo modelos holísticos que superan el listado de características aisladas. Siguiendo la propuesta de Acevedo-Díaz et al. (2017), los contenidos a enseñar sobre NdC se puede estructurar en dos dimensiones:

- Epistémica: Abarca la naturaleza del conocimiento (carácter tentativo, distinción ley/teoría, carga teórica de la observación etc.) y del proceso científico (observación, experimentación, modelización etc.)
- No-Epistémica: Atiende a la sociología interna de la comunidad científica (revisión por pares, género, competitividad etc.) y externa (influencia del contexto histórico, político y económico).

Pese al consenso en cuanto a la necesidad de ser incluida como parte del currículo de las materias científicas escolares, la investigación reporta que la enseñanza de la NdC en las aulas sigue siendo deficitaria (García-Carmona, 2021) e inclusive en el propio currículo educativo (García-Carmona, 2022). El profesorado, a menudo influenciado por su propia formación académica positivista, tiende a perpetuar visiones de la ciencia como una actividad algorítmica y descontextualizada. Para revertir esta tendencia, la formación inicial docente debe trascender incluso de la mera instrucción teórica sobre NdC. Como señalan Abd-El-Khalick y Lederman (2000), el aprendizaje de la NdC no ocurre espontáneamente mediante la práctica de laboratorio, sino que requiere de un enfoque explícito y reflexivo. En la educación científica española de los últimos años (García-Carmona, 2021) este enfoque se ha vehiculado a través de pasajes de historia de la ciencia, en el seno de indagaciones escolares o mediante el análisis de controversias socio-científicas contemporáneas.

Como alternativa, en este trabajo proponemos la utilización de imágenes generadas mediante Inteligencia Artificial (imágenes-IA) como artefactos promotores de la reflexión explícita sobre NdC. Su fundamentación reside en la capacidad de la visualización para actuar como un anclaje conceptual que facilita la mediación de ideas epistemológicas abstractas (Eilam y Gilbert, 2014). Asimismo, en el momento actual, la IA generativa ofrece una flexibilidad inédita para diseñar escenarios visuales a medida. Este recurso no pretende desplazar a los ya citados, sino actuar como un complemento estratégico adaptado a una generación de estudiantes y futuros docentes con una cultura eminentemente visual.

Partiendo de la necesaria incorporación de la NdC en las aulas y bajo el marco pedagógico propuesto por García-Carmona y Acevedo-Díaz (2018), nos planteamos como objetivo general: evaluar la potencialidad de las imágenes-IA como recurso explícito para la reflexión sobre NdC en la formación inicial del profesorado de Física y Química. De este planteamiento emanan las siguientes preguntas de investigación: ¿En qué medida el uso de imágenes IA facilita el tránsito de concepciones sesgadas y tecnocráticas a visiones más informadas y realistas sobre NdC? y ¿Qué capacidad de transposición didáctica muestra el profesorado al diseñar actividades basadas en imágenes-IA con intención epistemológica?. Para dar respuesta a sendas cuestiones, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las concepciones iniciales del profesorado en formación sobre NdC y determinar su evolución tras la mediación con imágenes-IA
- Analizar el proceso de reflexión y la interacción crítica con las imágenes IA de los participantes
- Evaluar la competencia de los participantes en el diseño de actividades sobre NdC con imágenes-IA.

METODOLOGÍA

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo e interpretativo enmarcado en la Investigación Basada en el Diseño (Guisasola et al., 2021). Representa la primera iteración de un ciclo destinado a mejorar la práctica educativa y generar conocimiento teórico sobre la enseñanza de la NdC en la formación inicial del profesorado de ciencias.

Contexto y participantes

La muestra incidental fueron los 28 estudiantes del Máster en Profesorado (especialidad Física y Química) cursando activamente la asignatura de "Innovación e Investigación Educativa" durante el curso 2025-26. Este colectivo posee una sólida formación científica, pero tiende a presentar visiones positivistas e ingenuas de la ciencia que requieren una transición hacia concepciones más informadas (García-Carmona, 2021).

Diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje

La secuencia, denominada "NOS-copio" (por la abreviatura en inglés de *Nature of Science*) adopta un enfoque explícito-reflexivo. Su diseño se fundamenta en los principios pedagógicos de García-Carmona y Acevedo-Díaz (2018) y se estructura en cuatro fases:

- Diagnóstico y Activación (15 min): Aplicación de un pretest digital con 12 ítems Likert (escala 1-5) adaptados del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 1999), abarcando dimensiones epistémicas y no-epistémicas.
- Exploración y Reflexión (30 min): Presentación de 8 imágenes generadas *ad hoc* con IA, cada una vinculada a uno o dos elementos de NdC. Cada participante elige una, responde a sus "preguntas detonadoras" en el hilo correspondiente del foro de reflexión y, seguidamente, debe contraargumentar o apoyar la aportación de un compañero en un hilo distinto.
- Estructuración Teórica (20 min): Instrucción directa basada en la literatura para sistematizar qué es la NdC, por qué trabajarla como parte de la competencia científica y cómo enseñarla.
- Acción (40 min + trabajo autónomo): Diseño de una situación de aprendizaje para educación secundaria. Requiere identificar elementos de NdC, definir objetivos de aprendizaje, generar una imagen-IA, formular dos preguntas detonadoras y describir la dinámica del aula, finalizando con la cumplimentación del posttest.

Instrumentos y criterios de calidad

Para garantizar la triangulación metodológica, los siguientes tres instrumentos diseñados fueron validados por tres expertos en Didáctica de las Ciencias Experimentales y analizados los datos resultantes de manera independientes por dos de los investigadores para asegurar la consistencia interpretativa: Cuestionario Pre-Post, que mide la evolución de las concepciones mediante los 12 ítems citados previamente; Rúbrica de Análisis de la Reflexión Epistémica (RARE), que analiza y clasifica cualitativamente el discurso del foro en tres niveles: Nivel 1 (Descriptivo), Nivel 2 (Analítico-Parcial) y Nivel 3 (Crítico-Reflexivo); Rúbrica Analítica de Transposición Didáctica (RTD), que evalúa de 1 a 3 puntos las producciones del alumnado en los criterios de (I) coherencia interna, (II) potencia metafórica de la imagen generada y (III) adecuación de las preguntas detonadoras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de las concepciones sobre NdC

El análisis comparativo (pretest-posttest, N=30) revela una evolución positiva en las concepciones del profesorado en formación, evidenciando el potencial de las imágenes IA como catalizadores de reflexión epistemológica. Inicialmente, la muestra exhibía perfiles híbridos, esto es, posturas

altamente informadas sobre la práctica científica coexistían con visiones tecnocráticas, caracterizadas por la creencia en un método científico universal, la asimilación de modelos como copias exactas de la realidad o la percepción de una ciencia aislada de intereses sociopolíticos. Estas concepciones ingenuas coinciden, precisamente, con los estereotipos que los motores de IA reproducen por defecto. Tras implementar NOS-copio, el posttest constata un tránsito hacia visiones más informadas. En la dimensión epistémica, la confrontación visual facilitó, por ejemplo, el abandono de posturas dogmáticas, logrando que gran parte de los participantes problematizara la inexistencia de un método único y el carácter tentativo de los modelos. En la no-epistémica, destacó una mayor sensibilización ante la falta de neutralidad, reconociendo los sesgos derivados de factores sociales internos y externos. No obstante, mitos muy arraigados como la infalibilidad científica presentaron mayor resistencia al cambio. Esto sugiere que, aunque las imágenes-IA generan un conflicto cognitivo eficaz para iniciar la deconstrucción, la asimilación profunda de la NdC exige un abordaje más intensivo y longitudinal en la formación docente.

Calidad de la reflexión y niveles de desempeño en el foro

El análisis de los hilos del foro (vinculados a los 8 escenarios visuales generados por el equipo docente) mediante la rúbrica RARE revela que las imágenes-IA, debidamente andamiadas por preguntas disparadoras, cataliza eficazmente la reflexión epistemológica. Sin embargo, la participación en cada hilo fue asimétrica. Metáforas fundacionales ("La manzana de Newton") y de rigidez procedimental ("El altar del método", Figura 1A) suscitaron el mayor debate, confirmando que los mitos escolares más arraigados actúan como potentes detonantes dialógicos. Se observó una presencia marginal del Nivel 1 (Descriptivo) ya que el alumnado obvió los aspectos técnicos de la IA para decodificar su mensaje subyacente. No obstante, en los hilos de mayor afluencia afloraron resistencias epistémicas minoritarias que justificaban una vez más la universalidad del método único para hacer ciencia, evidenciando la gran resiliencia de este mito.

Figura 1. Composición de imágenes-IA con dos de los escenarios creados por el equipo docente: "El altar del método" (A) y "El laboratorio de Haber" (B); y dos ejemplos de las propuestas diseñadas por los discentes: "La torre de Tesla" como crítica a la privatización del conocimiento (C) y "La central nuclear dividida" como reflejo de las controversias socio-científicas (D).

La mayor parte de la muestra se situó en un sólido Nivel 2 (Analítico-Parcial). Los futuros docentes demostraron competencia para identificar aislamientos epistémicos (la ciencia no

es fruto del descubrimiento fortuito de algunos genios en "La manzana de Newton") y no-epistémicos (el peso de los condicionantes socio-políticos en "El laboratorio de Haber", Figura 1B). Sin embargo, en este nivel la reflexión se circunscribió al análisis teórico del artefacto visual, sin llegar a proyectar estrategias resolutivas para el aula. El impacto más pronunciado de las imágenes-IA cristalizó en el Nivel 3 (Crítico-Reflexivo). En estos casos, casi un tercio del futuro profesorado deconstruyó sesgos complejos abordando problemáticas estructurales, como el borrado histórico femenino ("mujeres científicas que trabajaban sin reconocimiento formal") o el sesgo eurocéntrico ("la ciencia occidental dominó la narrativa académica"). Más allá de la denuncia, estos discentes formularon espontáneamente propuestas de compensación didáctica, argumentando que perpetuar estos sesgos resulta excluyente y reclamando visibilizar una ciencia cotidiana, diversa y colaborativa para fomentar vocaciones STEM reales.

Evaluación de las tareas diseñadas

Para evaluar la capacidad del futuro profesorado de Física y Química para diseñar actividades sobre NdC con imágenes-IA, se analizaron sus propuestas didácticas mediante la rúbrica RTD. Los resultados evidencian un desempeño asimétrico en sus tres dimensiones.

En la Dimensión 1 (Coherencia interna), la muestra alcanzó mayoritariamente un Nivel 3 (Transformador). Este profesorado en formación logró superar la enseñanza descontextualizada de la NdC, integrándola en los saberes curriculares de Física y Química (ej. hibridando termodinámica con el debate ético sobre la energía nuclear, Figura 1D). En contraste, en la Dimensión 2 (Potencia metafórica) predominó el Nivel 2 (Funcional). Se constató una cierta tendencia a utilizar la IA de forma literal, como un mero ilustrador de escenas ("científicos colaborando en el CERN"), desaprovechando su capacidad para generar sesgos intencionados. No obstante, afloraron diseños excepcionales (Nivel 3) que sí funcionaron como espejos epistémicos. Destacaron, por ejemplo, la creación de una torre de Tesla rodeada de candados dorados (Figura 1C) para tensionar la relación entre el avance tecnológico, las patentes y las presiones macroeconómicas. Finalmente, en la Dimensión 3 (Preguntas detonadoras) se observó una notable polarización. Mientras algunos participantes formularon cuestiones cuya respuesta sería puramente descriptiva o reproductiva (Nivel 1), los diseños mejor valorados (Nivel 3) articularon cuestiones orientadas explícitamente a la deconstrucción del sesgo y la generación de conflicto cognitivo (por ejemplo, ¿crees que una idea científicamente válida puede morir solo porque no es rentable?). Estas últimas propuestas demuestran una alta capacitación para trasladar la reflexión epistemológica abstracta a situaciones de aprendizaje dialógicas en las aulas de secundaria.

CONCLUSIONES Y RELEVANCIA DIDÁCTICA

La evaluación de los resultados de la primera implementación de "NOS-copio" permite extraer unas primeras conclusiones sobre el potencial de imágenes-IA en la formación inicial del profesorado sobre NdC.

En primer lugar, los resultados confirman que estos artefactos visuales pueden actuar eficazmente como "espejos epistemológicos". Al reproducir los estereotipos cientificistas más comunes, facilitan que los futuros docentes identifiquen y confronten sus propias concepciones ingenuas, propiciando un tránsito hacia visiones más informadas sobre NdC.

En segundo lugar, el análisis del discurso en el foro de reflexión evidencia que la mediación visual reduce la abstracción inherente a la NdC. Las imágenes-IA no solo actúan como anclajes visuales, sino como artefactos detonadores de conflicto cognitivo. Sin embargo, la persistencia del mito del "método científico universal", por ejemplo, subraya que la deconstrucción de ciertos dogmas positivistas requiere intervenciones longitudinales que vayan más allá de una única intervención.

En cuanto a la competencia en diseño de actividades, se concluye que, si bien el profesorado en formación participante muestra una alta competencia para integrar la NdC en el currículo formal,

persiste una brecha en la transposición visual-metafórica. El uso literal de la IA para ilustrar escenarios reconocibles, en lugar de diseñar activamente sesgos que inviten a la reflexión, sugiere que la secuencia debe dedicar más tiempo a lo que podríamos denominar "alfabetización en *prompting* pedagógico", que incluye la mediación semiótica entre imágenes y preguntas detonadoras. No basta con saber usar la IA. Es necesario aprender a interrogarla para convertirla en una herramienta de crítica epistemológica.

Finalmente, la relevancia didáctica de este trabajo reside en ofrecer una secuencia replicable y escalable que responde a las exigencias de los marcos vigentes sobre alfabetización científica. Al hibridar la cultura visual contemporánea con el enfoque explícito-reflexivo, NOS-copio tiene el potencial de dotar a los futuros docentes de herramientas para transformar la imagen de la ciencia en sus aulas, pasando de una visión dogmática y cerrada a una ciencia humana, falible y profundamente vinculada a los retos de la sociedad actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd-El-Khalick, F., y Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education, 22*(7), 665-701. https://doi.org/10.1080/09500690050044044

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia. Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica*. OEI.

Eilam, B., y Gilbert, J. K. (Eds.). (2014). *Science teachers' use of visual representations*. Springer.

García-Carmona, A. (2021). La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: una revisión sistemática de la última década. *Revista de Educación, 394*, 241-270. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507

García-Carmona, A. (2022). La comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en el nuevo currículo de Educación Secundaria Obligatoria, tras la LOMLOE. *Revista Española de Pedagogía, 80*(283), 433-450. https://doi.org/10.22550/REP80-3-2022-01

García-Carmona, A., y Acevedo-Díaz, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education: Rationale of a set of essential pedagogical principles. *Science & Education, 27*, 435-460. https://doi.org/10.1007/s11191-018-9984-9

Guisasola, J., Ametller, J. y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(1), 1801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Lawrence Erlbaum Associates.

OCDE. (2023). PISA 2025 Science Framework. OECD Publishing. https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/

Vázquez-Alonso, Á., y Manassero-Mas, M. A. (1999). Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad. CIDE.

Avances en la caracterización de la alfabetización genética funcional: análisis de instrumentos de evaluación para los desafíos del siglo XXI

Zudaire, I.[1]; Ayuso, G.E.[2], Robles-Moral, F.J.[3]; Vázquez-Urio, I.[4]; Huidobro, C.[5] Napal, M.[6] ; Uriz, I.[7]; Cruz Lorite, I.M.[8]; Ruya Bedizel, N.[9].

[1] Dpto. Ciencias. Universidad Pública de Navarra;

[2] Dpto. Didáctica de las CC. Experimentales. Universidad de Murcia;

[3] Dpto. Didáctica de las CC. Experimentales. Universidad de Murcia;

[4] Dpto. Ciencias. Universidad Pública de Navarra;

[5] Dpto. Ciencias de la Educación. Universidad de Oviedo;

[6] Dpto. Ciencias. Universidad Pública de Navarra;

[7] Dpto. Ciencias. Universidad Pública de Navarra;

[8] Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza;

[9] Department of Secondary Science and Mathematics Education, Balıkesir University Necatibey. Turkey.

*Correspondencia: [2] ayuso@um.es

RESUMEN: En el marco del proyecto de investigación GENEDU21H, presentamos avances de la Fase 1 del mismo, centrada en una revisión sistematizada de instrumentos de evaluación de la alfabetización genética utilizados en diferentes poblaciones (estudiantes, docentes, profesionales de la salud, pacientes y ciudadanía en general). El proyecto parte de una concepción de alfabetización genética funcional entendida como una competencia multidimensional que integra conocimiento conceptual, sociocultural y epistémico, necesaria para comprender la genética en diferentes contextos. En este análisis profundizamos en las características de los instrumentos basados en encuestas y cuestionarios, atendiendo al tipo de instrumento, uso de instrumentos validados, si estos se desarrollan, aplican o modifican instrumentos previos y qué dimensiones de conocimiento genético evalúan. A partir de una muestra amplia de artículos se ha construido una matriz que codifica población diana, tipo de instrumento, grado de validación y contenido evaluado. Los resultados muestran un claro predominio de cuestionarios escritos, un uso recurrente de ciertos instrumentos validados y una fuerte centralidad del conocimiento conceptual clásico; en cambio, las dimensiones sociocultural y epistémica aparecen de forma más fragmentada y, a menudo, asociadas únicamente a bloques de actitudes o percepciones sin conexión explícita con tareas de argumentación o análisis crítico de la incertidumbre. Estos resultados señalan la necesidad de desarrollar instrumentos híbridos que integren ítems conceptuales clave con situaciones sociocientíficas auténticas y tareas epistémicas, especialmente para alumnado y profesorado de Educación Primaria y Secundaria, objetivo central de las siguientes fases del proyecto GENEDU21H.

PALABRAS CLAVE: Alfabetización genética funcional; Cuestionarios de evaluación; Dimensiones de la alfabetización; Revisión bibliográfica sistematizada.

ABSTRACT: Within the framework of the GENEDU21H research project, we present progress from Phase 1, which focuses on a systematic review of genetic literacy assessment instruments used across diverse populations, including students, teachers, health professionals, patients, and the general public. The project is based on a conception of functional genetic literacy understood as a multidimensional competence that integrates conceptual, sociocultural, and epistemic knowledge. This competence is essential for understanding genetics across various real-world contexts. In this analysis, we delve into the characteristics of survey-based and questionnaire-based instruments, examining the instrument type,

the use of validated tools, and whether these involve the development, application, or modification of previous instruments. Furthermore, we analyze which dimensions of genetic knowledge they evaluate. Based on an extensive sample of articles, a matrix has been constructed to code the target population, instrument type, degree of validation, and evaluated content. The results reveal a clear predominance of written questionnaires and a recurrent use of specific validated instruments. There is a strong centrality of classical conceptual knowledge; in contrast, the sociocultural and epistemic dimensions appear more fragmented and are often associated solely with blocks of attitudes or perceptions, lacking explicit connections to argumentation tasks or the critical analysis of uncertainty. These findings highlight the need to develop hybrid instruments that integrate key conceptual items with authentic socio-scientific issues and epistemic tasks, particularly for primary and secondary education students and teachers, which constitutes the central objective of the subsequent phases of the GENEDU21H project.

KEYWORDS: Functional genetic literacy; Assessment questionnaires; Literacy dimensions; Systematized literature review.

INTRODUCCIÓN

La genética se ha consolidado como una rama de la biología con una presencia cada vez más relevante en la vida cotidiana de la ciudadanía, desde el diagnóstico de enfermedades raras hasta las pruebas genéticas directas al consumidor, la medicina personalizada o la edición génica. En este contexto, la alfabetización genética resulta clave para que estudiantes, docentes y población general puedan participar de forma informada en situaciones que implican decisiones personales y colectivas. Sin embargo, diversos estudios señalan que el nivel de comprensión de la información genética suele ser limitado y fuertemente dependiente de modelos escolares centrados en contenidos abstractos y descontextualizados.

El proyecto de investigación denominado GENEDU21H en el que se contextualiza esta comunicación, surge con el objetivo de caracterizar y promover una alfabetización genética funcional en alumnado de diferentes etapas educativas, desde la Educación Primaria hasta la Universitaria, así como en otros colectivos clave como el profesorado y los profesionales de la salud. Diversas publicaciones han utilizado el término "alfabetización genética" para referirse tanto a políticas educativas como a estrategias de comunicación científica. Destaca la propuesta de Boerwinkel et al. (2017), quienes, tras consultar a expertos, definieron tres dimensiones de la alfabetización genética: conceptual, sociocultural y epistémica. En la dimensión conceptual se incorporaron las ideas centrales sugeridas por Duncan y Hmelo-Silver (2009), como la organización de la información genética, su función en la elaboración de proteínas, la relación genotipo-fenotipo, la variación genética o la interacción con factores ambientales. La dimensión sociocultural incluye conocimientos sobre tecnologías genéticas y sus implicaciones personales y sociales. La dimensión epistémica abarca la certeza e incertidumbre de la información genética, la historia de la genética, su representación mediática y la competencia argumentativa.

Para avanzar en la mejora de la alfabetización genética, es fundamental realizar un análisis previo de los mecanismos de evaluación empleados en la literatura internacional. El presente estudio, integrado en la fase inicial del proyecto GENEDU21H, consiste en una revisión sistematizada de los instrumentos diseñados para caracterizar las dimensiones conceptuales, socioculturales y epistémicas en diversas poblaciones. El objetivo principal es ofrecer un diagnóstico actualizado de estas herramientas e identificar carencias, con especial énfasis en el déficit de evaluación de los aspectos socioculturales y epistémicos. Este panorama servirá como base para el desarrollo de nuevos instrumentos de medición adaptados específicamente al ámbito de la educación formal.

ALFABETIZACIÓN GENÉTICA FUNCIONAL Y DIMENSIONES DE ANÁLISIS

Muchas encuestas validadas se han desarrollado para caracterizar la alfabetización genética tanto en el ámbito educativo (Bowling et al., 2008; Carver et al., 2017) como en las ciencias médicas. Ahora bien, las encuestas en educación se centran en las dificultades asociadas con la enseñanza de la genética, mientras que las provenientes de las ciencias médicas se orientan sobre todo a evaluar las actitudes

hacia las pruebas genéticas, ya sea entre el público general o entre los pacientes y sus familias. En el proyecto GENEDU21H pretendemos adoptar un enfoque de alfabetización genética funcional más amplio que integre tres grandes dimensiones interrelacionadas:

- Dimensión conceptual: incluye las ideas nucleares sobre la organización jerárquica de la información genética (ADN, genes, cromosomas), la universalidad y replicación del material genético, la función de los genes como instrucciones para proteínas, la expresión génica y la relación genotipo-fenotipo, la transmisión del material hereditario, la variación genética y la interacción con factores ambientales. Estas ideas constituyen un conjunto de conceptos estructurantes que permiten interpretar fenómenos y resolver problemas en contextos diversos.

- Dimensión sociocultural: se refiere al conocimiento sobre las tecnologías genéticas utilizadas en contextos sociales (cribados poblacionales, pruebas diagnósticas, test directos al consumidor, medicina personalizada, aplicaciones forenses o en nutrición y deporte), así como a la comprensión de implicaciones personales, éticas, legales y sociales. Esta dimensión abarca, entre otros aspectos, la participación y actitudes ante las tecnologías genéticas, la percepción de riesgos y beneficios, los derechos de privacidad de la información genética o las desigualdades de acceso.

- Dimensión epistémica: abarca la comprensión de la naturaleza del conocimiento genético, incluyendo la certeza e incertidumbre asociadas a los resultados, la historia del desarrollo del campo, la forma en que los medios representan la genética, la identificación de sesgos y simplificaciones y la capacidad de identificar y sopesar argumentos en la toma de decisiones. Implica reconocer que el conocimiento genético se construye mediante modelos, que las evidencias son probabilísticas y que las aplicaciones tecnológicas están sujetas a controversias.

Desde este marco, un instrumento de evaluación de la alfabetización genética funcional debería integrar ítems y tareas que permitan valorar de forma equilibrada las tres dimensiones. En esta comunicación profundizamos en esta cuestión analizando los instrumentos identificados.

METODOLOGÍA

Selección de estudios

Se ha llevado a cabo una revisión sistematizada de la bibliografía, realizando búsquedas en 4 bases de datos especializadas (*Scopus*, *ERIC*, *PubMed* y *Web of Science*) utilizando 24 cadenas de búsqueda que incluían y combinaban términos relativos a la alfabetización genética (ej. *genetic literacy*, *genomics knowledge*) con otros relativos a los instrumentos (ej., *questionnaire*, *survey*, *instrument*) y a contextos y aspectos didácticos (ej., *socioscientific issues*). Al eliminar duplicados se obtuvieron 3305 artículos que abordan la alfabetización genética en diferentes poblaciones.

Para la presente comunicación, se seleccionaron aquellos trabajos que utilizan una encuesta, un cuestionario o una entrevista estructurada o semiestructurada como instrumento principal de recogida de datos. Estas investigaciones deben tener como objetivo explícito la evaluación de conocimientos, percepciones, actitudes, creencias o competencias vinculadas con la genética y la genómica. Asimismo, se han incluido únicamente aquellos estudios que permitían la consulta del instrumento utilizado.

Matriz de análisis

A partir de los artículos seleccionados se construyó una matriz de análisis que recogía, para cada estudio, las siguientes variables principales:

- Población objetivo: niveles educativos (primaria, secundaria, universidad), profesorado (en formación o en ejercicio), profesionales de la salud, pacientes, familiares o población general.

- Tipo de instrumento: cuestionario escrito (autoadministrado o aplicado por entrevistador), entrevista (estructurada, semiestructurada o en profundidad), escalas mixtas o instrumentos de otro tipo.

- Origen del instrumento: de desarrollo (cuestionario diseñado en el propio estudio); modificación

o adaptación (versión traducida, abreviada o ampliada de un instrumento previo); o de aplicación (uso de un instrumento publicado sin cambios sustantivos).

- Validación y reporte de evidencias psicométricas (consistencia interna, análisis factorial, validez de constructo o criterio).

- Contenido evaluado: codificación de ítems según núcleos conceptuales de genética; conocimiento sociocultural; y conocimiento epistémico.

La codificación fue realizada por varias personas del equipo, con acuerdos previos sobre las definiciones de cada categoría. En esta fase los resultados se presentan de forma descriptiva, subrayando tendencias y vacíos relevantes para el diseño de futuros instrumentos.

RESULTADOS

Tipología

El análisis de los estudios incluidos muestra un claro predominio de los cuestionarios escritos como instrumento para evaluar la alfabetización genética, especialmente en investigaciones con grandes muestras de estudiantes de secundaria y universidad, profesorado, población general, pacientes y profesionales de la salud. Las entrevistas estructuradas o semiestructuradas se emplean sobre todo en investigaciones cualitativas de menor escala, dirigidas a explorar modelos mentales y concepciones sobre genética y herencia, y son más frecuentes cuando se trabaja con niñas y niños de Educación Primaria o con pequeñas muestras de adolescentes, donde el objetivo principal es indagar explicaciones espontáneas más que medir la alfabetización genética en sentido amplio.

Validación

Destaca la existencia de un conjunto de instrumentos que se han consolidado como referentes internacionales y que suelen identificarse mediante acrónimos: GLAI (*Genetics Literacy Assessment Instrument*), GNCI (*Genomic Nursing Concept Inventory*), PUGGS (*Public Understanding and Gene-Genetic Science Scale*), iGLAS (*International Genetics Literacy and Attitudes Survey*) y sus variantes, REAL-G (*Rapid Estimate of Adult Literacy in Genetics*), así como otros como GKGH, GeWi, GKnowM, GeneLiFT o CoG-NR. Muchos estudios aplican estos instrumentos en su versión original, mientras que otros realizan adaptaciones lingüísticas o culturales, modificando el número de ítems o agregando secciones nuevas. Sin embargo, no siempre se reportan de forma detallada los procesos de revalidación psicométrica, lo que dificulta valorar la robustez de las versiones adaptadas.

Origen de los instrumentos

Se observan tres orígenes principales: a) cuestionarios desarrollados específicamente para un estudio o contexto local, que a menudo combinan ítems procedentes de exámenes curriculares o trabajos previos, pero sin ofrecer siempre el instrumento completo ni evidencias sistemáticas de validez (cuestionarios de desarrollo, ver Tabla 1); b) adaptaciones y modificaciones de escalas existentes (como GKGH, iGLAS, REAL-G o cuestionarios de conocimiento y actitudes sobre pruebas genéticas), con grados muy variables de documentación sobre traducción y confiabilidad (cuestionarios de modificación); y c) aplicación directa de instrumentos consolidados sin cambios sustantivos, lo que favorece la comparabilidad internacional, aunque no siempre se facilita el banco completo de ítems, limitando su transferencia a contextos escolares (cuestionarios de aplicación).

Dimensiones de conocimiento evaluadas

Respecto a los aspectos evaluados, la dimensión conceptual constituye el núcleo de la mayoría de los instrumentos. Los cuestionarios incluyen con gran frecuencia ítems sobre la organización jerárquica de la información genética (diferenciación entre ADN, genes y cromosomas, localización, universalidad y replicación), la función de los genes y la expresión génica (genes como instrucciones para proteínas, relación ADN-proteína-carácter, diferencias de expresión entre tipos celulares), la transmisión del material genético y los patrones de herencia (papel de los gametos, segregación y combinación de alelos, herencia mendeliana simple, relación genotipo-fenotipo) y la variación genética y su interacción

con el ambiente (origen de la variabilidad, predisposición frente a determinismo, influencia de factores ambientales y de estilo de vida en rasgos complejos). Otros núcleos, como los mecanismos de regulación de la expresión génica o la cuantificación del riesgo genético, aparecen menos representados.

La dimensión sociocultural se refleja sobre todo en bloques de ítems relativos a tecnologías genéticas en contextos reales (cribado prenatal, estudios de riesgo de cáncer, test directos al consumidor, programas de cribado poblacional, medicina personalizada), a sus implicaciones personales y sociales (confianza, percepción de beneficios y riesgos, privacidad, discriminación genética, equidad en el acceso) y la participación y toma de decisiones (disposición a realizar pruebas, compartir información genética, apoyando determinadas políticas). No obstante, estos contenidos suelen abordarse principalmente como actitudes y percepciones mediante escalas tipo Likert, y con menor frecuencia exigen aplicar conocimientos conceptuales a situaciones sociocientíficas concretas, lo que limita la evaluación integrada de una alfabetización genética funcional.

Finalmente, la dimensión epistémica es la menos representada en los instrumentos revisados. Solo un número reducido de cuestionarios incorpora ítems o tareas que exploran explícitamente la certeza e incertidumbre del conocimiento genético y de los resultados de las pruebas, la comprensión del carácter probabilístico del riesgo, la historia del desarrollo del conocimiento genético, la representación de la genética en los medios o la capacidad para identificar y sopesar argumentos en dilemas sociocientíficos relacionados con la genética. En algunos estudios se recurre a entrevistas o escenarios de dilemas para abordar estas competencias, pero mayoritariamente en poblaciones adultas y contextos clínicos. La presencia de tareas epistémicas adaptadas a alumnado de Educación Primaria y Secundaria es especialmente escasa, lo que pone de manifiesto un vacío importante que el proyecto GENEDU21H se propone abordar en el diseño de nuevos instrumentos.

A modo de síntesis, la Tabla 1 ilustra cómo se distribuyen algunas características clave en un conjunto de instrumentos representativos (los ejemplos concretos se adaptarán a los artículos finalmente seleccionados para la comunicación):

Tabla 1. Características principales de algunos instrumentos representativos de evaluación de la alfabetización genética.

INSTRUMENTO (EJEMPLO)	ACRÓNIMO	POBLACIÓN PRINCIPAL	TIPO DE INSTRUMENTO	ORIGEN	DIMENSIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN SOCIO-CULTURAL	DIMENSIÓN EPISTÉMICA
Instrumento de evaluación de conocimientos genéticos	GLAI	Estudiantes universitarios	Cuestionario escrito	Desarrollo / aplicación	Alta presencia de ítems sobre ADN gen cromosoma y herencia	Presencia limitada, centrada en genética y sociedad	Escasa o indirecta
Escala de comprensión pública y ciencia genética	PUGGS	Población general y estudiantes	Cuestionario escrito	Desarrollo / aplicación	Ítems sobre conceptos de genética y determinismo	Ítems sobre implicaciones sociales	Algunos ítems sobre incertidumbre y creencias
Encuesta internacional sobre conocimientos y actitudes en genética	iGLAS	Población general internacional	Cuestionario escrito	Desarrollo / adaptación	Bloques de conocimiento conceptual básico	Amplio bloque de actitudes hacia pruebas y tecnologías genéticas	Componente epistémica incipiente
Estimación rápida de la alfabetización de adultos en genética	REAL G	Pacientes y cuidadores	Cuestionario breve de cribado	Aplicación	Centrado en comprensión de términos genéticos básicos	Relación indirecta con contextos clínicos	No se aborda de forma explícita

Inventario de conceptos de enfermería genómica	GNCI	Profesionales de enfermería	Cuestionario escrito	Desarrollo	Fuerte énfasis en conceptos genómicos clínicamente relevantes	Contextualización en práctica profesional	Referencias implícitas a incertidumbre en pruebas
Escala híbrida basada en GKGH + adaptaciones locales	–	Población general y estudiantes	Cuestionario escrito	Modificación	Ítems sobre variación genética y herencia	Bloques de actitudes y percepciones de riesgo	Rara vez con tareas de argumentación

DISCUSIÓN Y PROYECCIÓN FUTURA

Los resultados preliminares de esta revisión confirman que existe un interés creciente por la alfabetización genética, pero los instrumentos actuales están muy sesgados hacia el contenido académico conceptual. Así, encontramos en el panorama internacional un amplio número de instrumentos para evaluar la alfabetización genética, con un conjunto de escalas validadas que se han convertido en referentes y que facilitan la comparación entre estudios. Sin embargo, persisten importantes desequilibrios en el tipo de contenido que se evalúa y en las poblaciones a las que se dirigen estos instrumentos. En concreto, la fuerte centralidad de la dimensión conceptual (centrada sobre todo en la tríada ADN-gen-cromosoma, la expresión génica básica y los patrones de herencia) contrasta con una presencia mucho más limitada y fragmentada de las dimensiones sociocultural y epistémica. Esta situación resulta especialmente problemática si se aspira a una alfabetización genética funcional que capacite a estudiantes y docentes para interpretar información genética incierta, valorar críticamente mensajes de los medios y participar en debates socio-científicos sobre tecnologías emergentes. A partir de este primer análisis, los siguientes pasos del proyecto GENEDU21H se orientan hacia la transferencia de estos hallazgos al ámbito educativo. En primer lugar, se completará el análisis de la literatura científica para refinar la selección de ítems que resulten potencialmente transferibles al contexto escolar. Posteriormente, se procederá al diseño de diversos cuestionarios híbridos que integren núcleos conceptuales clave con situaciones sociocientíficas auténticas y tareas epistémicas, garantizando que estos instrumentos estén adaptados tanto al alumnado como al profesorado desde la etapa de Primaria hasta la Universitaria. Estos cuestionarios serán sometidos a un proceso riguroso de validación psicométrica y de contenido, contando con la colaboración de docentes e investigadores expertos en didáctica de la biología. Finalmente, los resultados obtenidos se utilizarán para diseñar, implementar y evaluar secuencias de enseñanza-aprendizaje centradas en promover una alfabetización genética funcional y la toma de decisiones informada en contextos realistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boerwinkel, D. J., Yarden, A. y Waarlo, A. J. (2017). Reaching a Consensus on the Definition of Genetic Literacy that Is Required from a Twenty-First-Century Citizen. *Science & Education*, *26*(10), 1087–1114. https://doi.org/10.1007/s11191-017-9934-y

Bowling, B. V., Acra, E. E., Wang, L., Myers, M. F., Dean, G. E., Markle, G. C., Moskalik, C. L. y Huether, C. A. (2008). Development and Evaluation of a Genetics Literacy Assessment Instrument for Undergraduates. *Genetics, 178*(1), 15–22.

Carver, R. B., Castéra, J., Gericke, N., Evangelista, N. A. M. y El-Hani, C. N. (2017). Young Adults' Belief in Genetic Determinism, and Knowledge and Attitudes towards Modern Genetics and Genomics: The PUGGS Questionnaire. *PLOS ONE, 12*(1), e0169808.

Duncan, R. G. y Hmelo-Silver, C. E. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 606–609. https://doi.org/10.1002/tea.20316

Construyendo las bases para una alfabetización científica desde la primera infancia: Revisión de estudios sobre modelos precursores

Isabel García-Rodeja Gayoso[1], Vanessa Sesto Varela[2], Susana Vázquez Martínez[3]

[1] Facultade de Ciencias da Educación (Campus Norte) Universidade de Santiago de Compostela.

[2] IES Marco do Camballón. Consellería de Educación. Xunta de Galicia.

[3] Facultade de Ciencias da Educación. Universidade da Coruña.

*Correspondencia: isabel.garcia-rodeja@usc.es.

RESUMEN: En la actualidad, se reconoce que desde edades tempranas los niños y las niñas construyen modelos mentales propios sobre el mundo que les rodea y que revisan dichas representaciones a medida que acceden a nueva información. En este marco, los modelos precursores son modelos que se generan en contextos educativos bajo determinadas condiciones de enseñanza desde edades tempranas y representan un primer estadio en la construcción de modelos más sofisticados. Este trabajo revisa los trabajos en castellano y portugués sobre la construcción de modelos precursores en edades tempranas. Los resultados muestran que la investigación sobre la formación de modelos precursores en edades de 3-6 años es de naturaleza cualitativa y se ha enfocado en temáticas como cambios de estado, flotación y el concepto de ser vivo. Las estrategias didácticas ponen el énfasis en la importancia de una enseñanza dialógica y en actividades de indagación donde se les da la oportunidad a los estudiantes de hacer predicciones, observaciones y construir explicaciones. Se subraya la necesidad de más investigación sobre la construcción de modelos precursores en la etapa de Educación infantil.

PALABRAS CLAVE: modelos precursores; educación infantil; educación científica; revisión bibliográfica.

ABSTRACT: It is now recognized that from an early age, children construct their own mental models of the world around them and revise these representations as they access new information. In this context, precursor models are models generated in educational contexts under specific teaching conditions from an early age and represent a first stage in the construction of more sophisticated models. This study reviews papers in Spanish and Portuguese on the construction of precursor models in early childhood. The results show that research on the formation of precursor models in children aged 3-6 is qualitative and has focused on topics such as changes of state, floating, and the concept of living beings. Teaching strategies emphasize the importance of dialogic teaching and inquiry activities that give students the opportunity to make predictions, observations, and construct explanations. The need for further research on the construction of precursor models in early childhood education is highlighted.

KEYWORDS: precursor models; early childhood education; science education; literature review.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, resulta cada vez más necesaria una alfabetización científica capaz de formar una ciudadanía crítica, preparada para tomar decisiones fundamentadas en asuntos sociocientíficos y para afrontar los desafíos sociales, culturales y ambientales del mundo contemporáneo. Una formación científica adecuada ofrece además a los individuos un marco conceptual sólido que les permite construir opiniones informadas y actuar de manera razonada. Si bien existe un amplio consenso sobre la importancia de garantizar una alfabetización científica para todos, persiste el debate acerca de cuándo debe iniciarse la educación científica. En los últimos años se ha observado un interés creciente por promover la enseñanza de las ciencias desde los primeros años de escolaridad (ver por ejemplo, O'Connor et al., 2021). Cada vez existe un mayor consenso en que las experiencias de aprendizaje científico en edades

tempranas son esenciales tanto para sentar las bases de una futura comprensión científica como para fomentar actitudes positivas hacia el aprendizaje (Worth, 2010). En esta línea Eshach y Fried (2005) identifican diversas razones para introducir a los niños de Educación Infantil en contextos donde se promueva la educación científica. Entre ellas destacan la curiosidad innata que sienten los niños hacia los fenómenos naturales y el potencial de estas experiencias para favorecer el desarrollo de habilidades cognitivas. Además, estos autores subrayan la importancia de ofrecer referentes científicos, exponiendo a los niños a fenómenos para que puedan constituir una aproximación inicial a conceptos científicos más complejos. Por otra parte, Paños y Ruíz Gallardo (2021) ponen énfasis en que la participación en actividades científicas desde edades tempranas contribuye de manera significativa al desarrollo del interés por las ciencias.

En los últimos años se han publicado numerosos trabajos centrados en la construcción de modelos precursores en edades tempranas. Los modelos precursores actúan como mediadores entre los modelos intuitivos propios de la infancia y las explicaciones científicas más complejas. Su finalidad en la primera infancia es facilitar el aprendizaje de las ciencias en Educación Infantil y contribuir al desarrollo de la alfabetización científica desde edades tempranas. Se trata de modelos compatibles con los modelos científicos, ya que incorporan elementos esenciales de estos, aunque presentan un rango de aplicación más limitado (CanedoIbarra et al., 2010; Ravanis et al., 2004). En este sentido, constituyen la base para construcciones conceptuales posteriores (WeilBarais, 2022).

El presente trabajo es parte de un trabajo más amplio (García-Rodeja, 2026) y ofrece una revisión bibliográfica cuyo objetivo es identificar y sintetizar los principales hallazgos sobre un ámbito fundamental, aunque todavía poco conocido, de la investigación en educación científica en edades tempranas: la formación de modelos precursores en niños de tres a seis años.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Google Scholar, Dialnet, ERIC, SCOPUS, Web of Science y SciELO. Se seleccionaron artículos escritos en español o portugués, publicados en revistas con revisión por pares, que abordaran el estudio de los modelos precursores desde 1990 hasta la actualidad. Se incluyeron actas de congresos y artículos derivados de comunicaciones científicas presentadas en congresos publicados en números especiales de revistas. Los criterios de inclusión se restringieron a investigaciones empíricas centradas en la formación de modelos precursores en niños de tres a seis años. Para la búsqueda realizada en Google Scholar se emplearon palabras clave combinadas mediante operadores booleanos, utilizando la expresión: “modelo precursor” AND “educación infantil” AND ciencia. En el resto de las bases de datos, la estrategia se centró en la búsqueda por la palabra clave “modelo precursor”. Posteriormente, se procedió a eliminar los artículos duplicados entre las distintas fuentes y aquellos que remitían a las mismas investigaciones o que hacían referencia a investigaciones donde se utilizaba el término modelo precursor con otros significados. Los trabajos incluidos fueron analizados y sintetizados, destacando las temáticas abordadas, las estrategias implementadas para la construcción de modelos precursores y las aproximaciones metodológicas para su estudio.

RESULTADOS

En este apartado se presenta una síntesis de los principales hallazgos y de las distintas aproximaciones metodológicas utilizadas para estudiar la formación de modelos precursores de conceptos científicos en los trabajos incluidos en la revisión. Los trabajos seleccionados, una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión, fueron diez. En cuanto a las temáticas abordadas, dos estudios analizan la construcción de un modelo precursor del aire, mientras que tres se centran en la formación de un modelo precursor sobre la flotación. El resto de las investigaciones examinan otras áreas conceptuales, como los cambios de estado, la noción de ser vivo o el sistema circulatorio, entre otras.

En el estudio de Lorenzo et al. (2018) se analiza cómo los niños pueden construir un modelo precursor del aire a partir de un conjunto de actividades de indagación estructuradas. En estas actividades, el diálogo —tanto entre los propios niños como entre ellos y la maestra— desempeña un papel central en

la evolución de sus modelos iniciales hacia un modelo precursor fundamentado en cuatro ideas clave: que el aire existe, pesa, ocupa espacio y se mueve. La mayoría de las propuestas didácticas se articulan mediante la estrategia POE (Predicción–Observación–Explicación) descrita por White y Gunstone (1992), que invita a los niños a formular predicciones sobre un fenómeno y posteriormente contrastarlas experimentalmente. El estudio muestra que, a medida que avanzaba la secuencia didáctica, las explicaciones iniciales fueron progresando hacia formulaciones más sofisticadas, en las que la mayoría de los niños reconocía la existencia del aire —aun cuando no pudieran verlo— y comprendía que este ocupa espacio. Resultados similares fueron obtenidos por Golías et al. (2025) en una intervención de características análogas, aunque aplicada a un grupo más amplio de niños de Educación Infantil de las mismas edades.

Otros estudios se han centrado en la construcción de un modelo precursor de la flotación. Canedo-Ibarra et al. (2010), describen cómo, mediante actividades experimentales, apoyadas en el cambio conceptual y el descubrimiento guiado, algunos niños lograron elaborar un modelo precursor de la flotación basado en la naturaleza del material. En la misma línea, Schneider et al. (2017) analizan la evolución de las concepciones infantiles sobre la flotación y muestran cómo los niños son capaces de construir un modelo precursor sustentado en un concepto intuitivo de densidad. García-Rodeja et al. (2023) ofrecen una descripción detallada del proceso mediante el cual cuatro niños de seis años desarrollan un modelo precursor de la flotabilidad, igualmente fundamentado en la naturaleza de los materiales.

Amorín et al. (2022) muestran que niños de 3, 4 y 5 años pueden aproximarse a un modelo de partículas de la materia, entendido como un modelo precursor que sienta las bases para aprendizajes científicos posteriores. Canedo-Ibarra et al. (2012) describen los procesos de cambio conceptual y la construcción de un modelo precursor de ser vivo, fundamentado en la utilización de energía, el crecimiento y la reproducción, tras una intervención desarrollada en un contexto dialógico. De AlbaVillaseñor y Ramos (2020) analizan, a través de la interacción en el aula, los procesos de modelización científica desarrollados por un grupo de estudiantes de Educación Infantil durante una secuencia didáctica centrada en el modelo de ser vivo, con especial atención al sistema circulatorio. Aragón et al. (2021) examinan fundamentalmente el discurso científico infantil en un contexto de actividades vinculadas al huerto escolar, haciendo también referencia a los procesos de construcción del conocimiento. Zuazagoitia et al. (2023) muestran cómo, a partir de una propuesta didáctica en un espacio de ciencias de libre elección centrado en las rampas, los niños fueron capaces de establecer relaciones de causa y efecto y de emplear un vocabulario científico relacionado con posición, trayectoria y velocidad.

En términos metodológicos, estos trabajos se presentan como estudios de caso, en los que los datos se recogen principalmente mediante grabaciones de audio y vídeo, observaciones en el aula y el análisis de producciones infantiles. Resulta especialmente relevante el estudio de las interacciones discursivas, que permite comprender en profundidad cómo los niños construyen modelos precursores. En las aproximaciones basadas en diseños prepost instrucción, los datos suelen obtenerse mediante entrevistas o a través del análisis de actividades orientadas a la exploración inicial de ideas y, posteriormente, a la aplicación y estructuración del conocimiento tras la intervención.

CONCLUSIONES

La investigación sobre la formación de modelos precursores en edades de 3-6 años se ha enfocado en temáticas como cambios de estado, flotación y el concepto de ser vivo. Los resultados de la revisión evidencian la eficacia del enfoque de los modelos precursores para el diseño e implementación de actividades de ciencias en Educación Infantil. En conjunto, la mayoría de estas investigaciones ponen de relieve la eficacia de las actividades de indagación guiadas por el docente para favorecer la construcción de modelos precursores en Educación Infantil. La mayoría de los estudios se han llevado a cabo con niños y niñas de 5 y 6 años, lo que pone de manifiesto la necesidad de desarrollar investigaciones adicionales que permitan comprender cómo construyen modelos precursores los niños de 3 y 4 años. Se espera que entender qué modelos precursores pueden construir los niños y niñas de educación infantil, y cómo lo hacen, ayudará a los docentes a actuar con mayor eficacia en la alfabetización científica en edades tempranas.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación e Universidades-Agencia Estatal de Investigación/Proyecto SOS Con-ciencia (Pensamiento crítico para la acción ante desafíos socio-científicos emergentes en la educación científica) (Cód. PID2022-138166NB-C21).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorín, T., Lorenzo, M. A., Álvarez, M. M., y Álvarez, F. J. (2022). Jugando con el agua en un aula de Educación Infantil para explicar cambios de estado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *19*(3), 3203. https://doi.org/10.25267/ Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3203

Aragón, L., Sánchez, S., y Enríquez, J. M. (2021). El discurso científico en la etapa de infantil en el contexto del huerto ecológico escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(1), 1103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1103

Canedo-Ibarra, S. P., Castelló-Escandell, J., y García-Wehrle, P. (2010). Enseñanza-aprendizaje de las ciencias en Educación Infantil: La construcción de modelos científicos precursores. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 3*(1), 29–45.

Canedo-Ibarra, S. P., Castelló-Escandell, J., García-Wehrle, P., Gómez-Galindo, A. A., y Morales-Blake, A. R. (2012). Cambio conceptual y construcción de modelos científicos precursores en educación infantil. *Revista Mexicana de Investigación Educativa, 17*(54), 691–727. http://www.raco.cat/index.php/REIRE

De Alba Villaseñor, V., y De Robles, S. L. R. (2020). Modelización científica escolar para explorar el sistema circulatorio en Educación Infantil. *Enseñanza de las Ciencias, 38*(1), 105–125. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2765

Eshach, H., y Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology, 14*, 315–336. https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9

García-Rodeja, I. (2026). La alfabetización científica desde edades tempranas: revisión de estudios sobre modelos precursores. En Oliveira, A.N. & Odetti, H. S. (Ed.), *Alfabetização científica e tecnológica: pontes de encontro com a Educação profissional* (págs. 33-44). LF editorial.

García-Rodeja, I., Rodríguez, E. V., Lorenzo, M., y Sesto, V. (2023). Construyendo modelos precursores sobre la flotabilidad de objetos macizos a los seis años. *Enseñanza de las Ciencias, 41*(2), 137–154. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5718

Golías, Y., González, Ó. G., y Rivadulla-López, J. C. (2025). Desarrollo de explicaciones científicas en la infancia: Análisis de una intervención didáctica sobre el aire. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar, 9*(5), 531–547. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.19692

Lorenzo Flores, M., Sesto Varela, V., y García-Rodeja Gayoso, I. (2018). Una propuesta didáctica para la construcción de un modelo precursor del aire en la Educación Infantil. Ápice. *Revista de Educación Científica, 2*(2), 55–68. https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4628

O'Connor, G., Fragkiadaki, G., Fleer, M., y Rai, P. (2021). Early childhood science education from 0 to 6: A literature review. *Education Sciences, 11*(4), 178. https://doi.org/10.3390/educsci11040178

Paños, E., y Ruiz-Gallardo, J. R. (2021). Attitude toward informal science in the early years and development of Leisure Time in Science (LeTiS), a pictographic scale. *Journal of Research in Science Teaching, 58*(5), 689–720. https://doi.org/10.1002/tea.21675

Schneider, M. C., Duarte, M. C., y Silva, L. H. A. (2017). *Ciencias en la educación infantil: Explorando la flotabilidad en la preescolar.* En *Actas del XI Encuentro Nacional de Investigación en Educación en Ciencias (ENPEC)* (pp. 3–6). Universidad Federal de Santa Catarina.

Weil-Barais, A. (2022). What is a precursor model? En J. M. Boilevin, A. Delserieys, & K. Ravanis (Eds.), *Precursor models for teaching and learning science during early childhood* (pp. 11–32). Springer.

White, R. T., y Gunstone, R. F. (1992). *Probing understanding*. The Falmer Press.

Worth, K. (2010). *Science in early childhood classrooms: Content and process*. Early Childhood Research and Practice, 10, 1–118.

Zuazagoitia, D., Ruiz de Azua, L., Sanz, J., España-Diez, S., López-Puente, M., y Ruiz-González, A. (2023). Una propuesta didáctica sobre rampas en Educación Infantil: La importancia de la intervención docente en el desarrollo de destrezas científicas y construcciones. *Enseñanza de las Ciencias, 41(3),* 11–31. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5676

Más allá de "piedras bonitas": aprender sobre rocas y minerales en Educación Infantil

Ana Forriol [1], Olga Martínez-Jareño [1], Carlota López-Fernández [1], Mario Calvo-Utrilla [1], Esther Paños [1] y José Reyes Ruiz-Gallardo [1]

[1] Didáctica de las Ciencias Experimentales – Pedagogía, Universidad de Castilla-La Mancha, España

* Correspondencia: carlota.lopez@uclm.es

RESUMEN: Este estudio analiza las ideas previas y los aprendizajes del alumnado de 5 años sobre las rocas y minerales tras la implementación de una secuencia didáctica contextualizada, desarrollada en el marco del proyecto *Ciencia con Consecuencia*. Se adoptó un diseño preexperimental pretest-postest con una muestra de 45 estudiantes de Educación Infantil. La recogida de información se realizó mediante entrevistas individuales semiestructuradas, orientadas a explorar las definiciones del alumnado, los ejemplos que identifica y su reconocimiento en objetos cotidianos. La intervención incluyó actividades de observación, manipulación y relación entre rocas y minerales y sus usos. Los resultados evidencian explicaciones basadas en atributos perceptivos y un escaso reconocimiento de ejemplos y usos. Tras la intervención, se observan mejoras en las definiciones y un mayor reconocimiento de rocas y minerales en contextos cercanos, como la cocina. Estos resultados sugieren que el trabajo con materiales reales y propuestas contextualizadas favorece la construcción de conocimiento científico en Educación Infantil.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; didáctica de las ciencias; rocas y minerales; alfabetización científica; ideas previas.

ABSTRACT: This study analyzes the prior conceptions and learning outcomes of five-year-old students regarding rocks and minerals following the implementation of a contextualized teaching sequence, developed within the framework of the *Ciencia con Consecuencia* project. A pre-experimental pretest–posttest design was adopted with a sample of 45 Early Childhood Education students. Data were collected through individual semi-structured interviews, aimed at exploring students' definitions, the examples they identify, and their recognition of rocks and minerals in everyday objects. The intervention included activities involving observation, manipulation, and the establishment of relationships between rocks and minerals and their uses. The results reveal explanations based on perceptual attributes, together with limited recognition of examples and uses. Following the intervention, improvements were observed in students' definitions and a greater recognition of rocks and minerals in familiar contexts, such as the kitchen environment. These findings suggest that working with real materials and contextualized learning proposals supports the construction of scientific knowledge in Early Childhood Education.

KEYWORDS: Early Childhood Education; science education; rocks and minerals; scientific literacy; prior ideas.

INTRODUCCIÓN

El aula de educación infantil constituye un entorno diverso y complejo que ofrece múltiples oportunidades para implementar actividades que permitan al alumnado involucrarse en el aprendizaje de las ciencias. A pesar de ello, y del compromiso explícito de los currículos actuales con la alfabetización científica, la presencia de actividades vinculadas a esta área en Educación Infantil continúa siendo limitada (Bustamante et al., 2018). Esta situación puede deberse a la falta de confianza de los docentes en sus propios conocimientos científicos (Alarcón et al., 2022), así como a sus propias actitudes hacia la enseñanza de las ciencias, frecuentemente percibida como menos prioritaria que otras áreas instrumentales como la lectura, la escritura o las matemáticas.

En este contexto, resulta necesario reforzar el rol del docente como agente clave en la generación de

situaciones de enseñanza-aprendizaje significativas que conecten al alumnado con su entorno próximo y en las que la ciencia desempeñe un papel estructurante (García-Fernández et al., 2022). Asimismo, es imprescindible que el profesorado disponga de recursos didácticos adecuados que permitan satisfacer la curiosidad del alumnado y maximizar sus oportunidades de aprendizaje científico desde edades tempranas.

Este es el enfoque que caracteriza el proyecto Ciencia con Consecuencia: la escuela y los maestros como fuente de cultura y vocaciones científicas (CcC). En este proyecto, a partir de los saberes básicos del currículo vigente (RD 95/2022), se diseñan propuestas de aprendizaje activas y contextualizadas en la vida cotidiana del alumnado, que implican tanto la actividad manipulativa como la reflexión intelectual. Posteriormente, se ofrece formación específica al profesorado de Educación Infantil y Primaria, junto con los recursos necesarios para facilitar la implementación de estas propuestas en el aula, de modo que sean los propios docentes quienes desarrollen las actividades con su alumnado.

En este trabajo se presenta una de las propuestas diseñadas en el marco del proyecto CcC, centrada en el conocimiento de las rocas y minerales, así como los resultados obtenidos tras su implementación en dos aulas de Educación Infantil de 5 años.

ROCAS Y MINERALES EN EL AULA DE INFANTIL

Las ciencias de la Tierra y, en particular, el estudio del suelo, las rocas y los minerales, constituyen uno de los ámbitos que menor atención ha recibido por parte de la investigación en educación científica (Saçkes, 2015). La mayor parte de los estudios se ha centrado principalmente en el análisis de fenómenos meteorológicos o en el ciclo del agua, lo que ha contribuido a una menor presencia en la literatura de otros contenidos igualmente relevantes.

A pesar de la limitada producción científica específica sobre esta temática, la normativa educativa vigente en España para Educación Infantil, aunque no menciona explícitamente los términos rocas o minerales, sí contempla entre sus competencias específicas la necesidad de que el alumnado sea capaz de "identificar las características de materiales, objetos y colecciones y establecer relaciones entre ellos mediante la exploración y la manipulación sensorial" (RD 95/2022, p. 22). En este sentido, conocer la materia prima que da origen a muchos de los objetos presentes en objetos de la vida cotidiana resulta plenamente coherente con el currículo y justifica la pertinencia de desarrollar propuestas específicas para abordar estos contenidos en el aula de infantil.

Diversos autores señalan que los contenidos de Ciencias de la Tierra presentan dificultades para su abordaje en las primeras etapas educativas, debido, en parte, a su escasa presencia explícita en el currículo y a su dependencia de la iniciativa docente (Prieto et al., 2025). Sin embargo, algunos trabajos evidencian que disponer de un espacio de libre elección en el que el alumnado de 5-6 años pueda realizar actividades con rocas y minerales (analizando sus propiedades, diferencias, etc.) favorece el desarrollo de habilidades como la observación y la exploración (Mateo y Sáez, 2022). En esta línea, Paños (2019) señala que la inclusión de rocas y minerales en el rincón de la ciencia de un aula de 5 años facilita su contextualización en la vida cotidiana del alumnado.

A partir de este marco, la presente investigación se plantea los siguientes objetivos:

- Analizar cómo define el alumnado de educación infantil de 5 años los conceptos de roca y mineral.
- Identificar qué ejemplos de rocas y minerales conoce el alumnado.
- Analizar si el alumnado identifica usos cotidianos asociados a rocas y minerales.
- Comparar los aprendizajes adquiridos sobre rocas y minerales tras la implementación de la propuesta.

METODOLOGÍA

Participantes, contexto e intervención

El diseño es preexperimental de un solo grupo con pretest-postest. Los participantes son 45 estudiantes (21 niños y 24 niñas), de dos grupos naturales (aulas) de Educación Infantil (5 años).

La intervención consta de una serie de actividades que se implementaron a lo largo de dos semanas, para las que se utilizaron los siguientes recursos: colección de rocas y minerales (se trabajan específicamente las detalladas en el cuestionario), lupas, fichas de recogida de datos, plantilla compara/contrasta, plantilla y tarjetas de usos, presentación con diapositivas sobre rocas y minerales. La propuesta se desarrolló bajo el formato de situación de aprendizaje integrada en la dinámica habitual del aula, combinando actividades realizadas en la asamblea con otras distribuidas a lo largo de la jornada escolar. La implementación fue llevada a cabo de manera conjunta por la tutora de aula y una maestra en formación, favoreciendo la integración natural de las actividades en el contexto cotidiano del alumnado y el acompañamiento durante las tareas de exploración, observación y clasificación de materiales. Tipos de actividades (Figura 1):

- Rocas y minerales: características, descripción, usos (presentación en la asamblea).
- Visualización e identificación de rocas y minerales. Juegos de reconocimiento.
- Diferenciación de rocas y minerales mediante la exploración de sus características y recogida de datos (color, brillo, raya, textura). Actividades de comparación.
- Relación de rocas y minerales con sus usos principales (mediante presentación, tarjetas con imágenes, memory de recuerdo)
- Profundización mediante el empleo de recursos bibliográficos.

Figura 1. Hojas de recogida de datos. Alumna clasificando rocas y minerales según su uso. Alumno mostrando información de un libro de geología.

Instrumentos y análisis de datos

La información se recogió mediante entrevistas individuales semiestructuradas basadas en un cuestionario elaborado *ad hoc* articulado en bloques:

- ¿Qué es una roca? ¿Sabes si las rocas tienen nombre? En caso afirmativo, ¿conoces alguna?
- ¿Qué es un mineral? ¿Sabes si los minerales tienen nombre? En caso afirmativo, ¿conoces alguno?
- Usos de rocas y minerales. Se muestra una imagen de una cocina y el alumnado debe identificar en ella objetos que estén hechos con rocas o minerales (granito-encimera, bauxita-papel de aluminio/lata de refresco, pizarra-pizarra, fluorita-pasta de dientes, grafito-punta de lapicero, halita-sal común).

El instrumento fue diseñado a partir de los objetivos de la investigación por tres docentes universitarios del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Posteriormente, fue sometido a revisión por dos expertos externos pertenecientes a la misma área de conocimiento, realizándose las modificaciones pertinentes tras el proceso de validación de contenido.

Todos los datos fueron anonimizados previamente a su análisis. Los datos cualitativos obtenidos mediante las entrevistas se analizaron a través de un procedimiento inductivo, de modo que las categorías emergieron del propio análisis de las respuestas y no estaban predeterminadas (Bryman, 2016). El procesamiento incluyó la segmentación de las respuestas, la codificación y su posterior agrupación en categorías y subcategorías (Johnson y Christensen, 2008). El análisis fue realizado por dos investigadores, que revisaron conjuntamente las categorías resultantes hasta alcanzar consenso interpretativo. Para facilitar la organización y codificación de la información cualitativa se empleó el software Atlas.ti. Posteriormente, las categorías obtenidas y los datos cuantitativos se incorporaron a SPSS para el cálculo de estadísticos descriptivos.

RESULTADOS

Análisis exploratorio (pretest)

Los resultados correspondientes a los dos primeros objetivos se presentan en la Tabla 1. En términos generales, el alumnado muestra dificultades para elaborar definiciones de los conceptos de roca y mineral. En relación con las rocas, la mayoría de las respuestas se apoyan en características perceptivas (aspecto), señalando que "son piedras", "son fuertes y grandes", "suelen ser grises o negras" o "hacen daño", entre otras descripciones. Aunque un 46.7% afirma que las rocas tienen nombre, las denominaciones propuestas corresponden principalmente a etiquetas genéricas, como "piedrita" o "roca negra", o bien a materiales concretos como "diamante" y "oro", pero desconocen sus denominaciones específicas.

Respecto a los minerales, la categoría más frecuente es No lo sabe (64.44%). El alumnado que propone alguna definición vuelve a apoyarse fundamentalmente en atributos perceptivos, describiéndolos como "brillantes" o "piedras bonitas y preciosas". Además, un 84,44% afirma no conocer ningún ejemplo de mineral.

Tabla 1. Ideas del alumnado sobre el concepto de roca y mineral. Pretest-postest

	ROCAS		MINERALES	
Categoría	Pretest	Postest	Pretest	Postest
Mineral	3 (6.67%)	18 (40%)	-	-
Piedra/roca	14 (31.11%)	16 (35.55%)	14 (31.11%)	25
Aspecto	26 (57.78%)	11 (24.44%)	-	-
No lo sabe	-	-	29 (64.44%)	16
Otros	2 (4.44%)	0	2 (4.44%)	3
Ejemplo	-	-	-	1

En cuanto a sus usos, al mostrar el dibujo de una cocina, el granito es la roca que más identifican (44.44%), relacionándolo con la encimera. Sin embargo, muy pocos alumnos identifican otros usos. Los resultados se recogen en la tabla 2.

Tabla 2. Rocas y minerales identificados en la cocina. Pre-postest

	Granito		Bauxita Aluminio		Bauxita Refresco		Pizarra		Fluorita		Grafito		Halita	
	[1]I	[2]N	I	N	I	N	I	N	I	N	I	N	I	N
Pretest	20	25	1	44	0	45	3	42	2	43	0	45	4	41
Postest	42	3	22	23	19	26	33	12	30	15	25	20	33	12

[1]I: identificado; [2]N: no identificado

Resultados tras la intervención (postest).

Tras la intervención, se observan cambios en las definiciones elaboradas por el alumnado sobre las rocas, incorporándose con mayor frecuencia el término mineral y explicitándose en algunos casos la relación entre ambos conceptos (por ejemplo, "los minerales forman las rocas" o "si nos acercamos a una roca, podemos ver distintos minerales"). Asimismo, disminuyen notablemente las referencias basadas exclusivamente en el aspecto perceptivo. En el caso de los minerales, aumentan las referencias a "piedra/roca" y se reduce el número de alumnos que no proporciona una definición (Tabla 1).

La intervención también favorece el reconocimiento de rocas y minerales en objetos del entorno cercano. En este sentido, el granito, la pizarra y la halita son los materiales identificados con mayor frecuencia en la cocina (Tabla 2). No obstante, persisten algunas dificultades para reconocer o justificar los usos de ciertos materiales trabajados.

DISCUSIÓN

A pesar de la presencia habitual de rocas y minerales en el entorno cercano del alumnado de 5 años, estos términos resultan inicialmente difíciles de definir, predominando descripciones basadas en rasgos perceptivos visibles, como el color o la forma. Este resultado puede explicarse por un pensamiento intuitivo característico de estas edades, centrado en los atributos más sobresalientes de los objetos (Shaffer y Kipp, 2007), y coincide con investigaciones previas que muestran que la caracterización inicial de los materiales geológicos se apoya principalmente en propiedades físicas observables y progresa hacia formas de clasificación más elaboradas tras intervenciones didácticas específicas (Parissi et al., 2019; Gallardo González et al., 2025). Asimismo, el alumnado presenta dificultades para nombrar rocas y minerales e identificar su presencia en objetos de la vida cotidiana, un resultado coherente con lo señalado por Gallardo González et al. (2025), quienes evidencian que, aunque el alumnado de Educación Infantil vincula los materiales terrestres con experiencias cercanas, mantiene todavía limitaciones en su reconocimiento y estructuración conceptual. Estos resultados refuerzan la idea de que determinados contenidos de Ciencias de la Tierra continúan teniendo una presencia limitada en las primeras etapas educativas y dependen en gran medida de la iniciativa docente para su incorporación en el aula (Prieto et al., 2025).

Los resultados obtenidos muestran que la participación en actividades basadas en la exploración y manipulación de materiales reales, junto con su contextualización en objetos cotidianos, favorece la incorporación de relaciones entre rocas, minerales y sus usos. Además, tras la intervención se observa una reducción de respuestas centradas exclusivamente en atributos perceptivos y una mayor presencia de explicaciones que comienzan a relacionar ambos conceptos, identificando incluso que los minerales forman parte de las rocas. Estos resultados están alineados con trabajos previos que destacan el potencial del contacto directo con materiales geológicos en Educación Infantil para promover el desarrollo de habilidades científicas tempranas y facilitar la construcción de significados en contextos próximos al alumnado (Mateo y Sáez, 2022; Paños, 2019). Asimismo, el empleo de actividades de observación, comparación y clasificación parece haber favorecido procesos básicos de indagación científica adaptados a estas edades, permitiendo que el alumnado atendiese a propiedades menos evidentes de los materiales trabajados. En conjunto, los resultados ponen de manifiesto que el trabajo con materiales reales y propuestas contextualizadas favorece avances en la comprensión inicial de los conceptos de roca y mineral en Educación Infantil, contribuyendo a superar interpretaciones basadas exclusivamente en atributos perceptivos y reforzando el valor de este tipo de experiencias en el desarrollo temprano de la alfabetización científica.

No obstante, los resultados deben interpretarse considerando las limitaciones propias del diseño preexperimental empleado. Aunque la comparación pretest-postest permite identificar mejoras tras la intervención, la ausencia de un grupo de comparación impide establecer relaciones causales concluyentes. Aun así, los cambios observados en las definiciones elaboradas por el alumnado y en el reconocimiento de usos cotidianos de rocas y minerales sugieren el potencial de las actividades basadas en la exploración y manipulación de materiales reales para favorecer aprendizajes científicos tempranos. Futuras investigaciones podrían reforzar estos resultados mediante diseños cuasiexperimentales con grupo control y muestras más amplias.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha permitido identificar las ideas iniciales del alumnado sobre las rocas y minerales, caracterizadas por definiciones limitadas y estrechamente vinculadas a la experiencia perceptiva inmediata. La implementación de una secuencia didáctica contextualizada favoreció avances en su reconocimiento, comprensión y relación con objetos del entorno cotidiano. En conjunto, los resultados ponen de manifiesto el potencial de las propuestas basadas en la exploración, la manipulación de materiales reales y la contextualización de los contenidos científicos para promover el desarrollo temprano de la alfabetización científica en Educación Infantil.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (FPU22/02110) y la Universidad de Castilla-La Mancha en el marco de sus fondos propios (2025-GRIN-38577), co-financiados por fondos FEDER.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, M., Franco-Mariscal, A.J. y Blanco, Á. (2022). Ayudando a maestros en formación inicial a desarrollar indagaciones en la Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19*(1), 101-119.

Bryman, A. (2016). *Social research methods*. Oxford University Press.

Bustamante, A.S., Hindman, A.H., Champagne, C. R. y Wasik, B.A. (2018). Circle time revisited: How do preschool classrooms use this part of the day? *The Elementary school journal, 118*(4), 610-631.

Gallardo González, I., Costillo Borrego, E., Bravo Lucas, E., y Marcos-Merino, J.M. (2025). Las rocas y los minerales en Educación Infantil: una intervención experimental basada en el contexto minero. *Ápice. Revista de Educación Científica*, *9*(1). https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11375

García-Fernández, B., Paños, E., y Ruiz-Gallardo, J.R. (2022). Alfabetización científica, CTSA y pensamiento crítico. Conceptualización y aplicaciones en el ámbito educativo. *Ápice. Revista de Educación Científica, 6*(2).

Johnson, R.B., & Christensen, L.B. (2008). *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches*. SAGE publications.

Mateo, E., y Sáez, M.J. (2022). Experimentar con minerales: evaluación de un espacio de libre elección en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza de las Ciencias, 19*(2), 101-121

Real Decreto 95/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. *Boletín Oficial del Estado, 28*.

Paños, E. (2019). *Actitud hacia la ciencia en los primeros años educativos. Estudio longitudinal tras una intervención*. Tesis doctoral, UCLM.

Parissi, A., Laourdeki, A., y Koliopoulos, D. (2019). Characterization of minerals based on geological criteria by children in early school years in a non-formal educational setting. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*. https://doi.org/10.26220/une.3079

Prieto, I., García Fernández, B., y Ruiz-Gallardo, J. R. (2025). Las ciencias de la Tierra en Educación Primaria: un análisis del currículo de la LOMLOE. *Enseñanza de las Ciencias, 43*(2), 23–40. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6221

Saçkes, M. (2015). Young children's ideas about Earth and Space science concepts. En K.C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in Early Childhood Science Education* (pp. 35–66). Springer.

Shafffer, D., y Kipp, K (2007). *Psicología del desarrollo. Infancia y adolescencia* (7ª ed.). International Thomson Learning.

Modelos mentales iniciales del Reino Fungi en Educación Primaria y sus implicaciones didácticas

*[1y 2] *Daniela Barría-Díaz y* [1]*Pedro Lucha*

[1] Departamento Didácticas Específicas. Universidad de Zaragoza. [2] Grupo CienciaTE. UNIZAR.

*Correspondencia: dbarria@unizar.es

RESUMEN: El reino Fungi incluye especies de gran importancia ecológica, medicinal y alimentaria, destacando su papel como descomponedores y en asociaciones simbióticas con las plantas. Sin embargo, su presencia en la enseñanza de Educación Primaria es limitada. Diversos estudios indican que los descomponedores y los parásitos suelen omitirse en las representaciones de las redes tróficas, lo que dificulta la comprensión de sus funciones ecológicas. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue analizar los modelos mentales iniciales sobre el reino Fungi en niñas y niños de 5.º y 6.º de Educación Primaria de la provincia de Huesca. Para ello, se llevó a cabo una investigación cualitativa en un centro educativo de Jaca con un total de 43 estudiantes de entre 10 y 12 años. La metodología incluyó la utilización de la técnica del dibujo como instrumento de recogida de información. El análisis se realizó mediante un proceso de codificación basado en categorías previamente establecidas. Los resultados muestran que los modelos iniciales del alumnado de Educación Primaria sobre el reino Fungi se centran principalmente en características anatómicas visibles y en factores abióticos asociados a su crecimiento. Asimismo, se evidencian debilidades en la comprensión de aspectos relacionados con la nutrición, la reproducción y los roles ecológicos de estos organismos. Estos hallazgos permiten orientar el diseño de estrategias pedagógicas y didácticas destinadas a fortalecer la competencia científica del estudiantado y promover una mayor comprensión del papel ecológico de los hongos, así como el desarrollo de actitudes favorables hacia su conservación y la sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE: Modelo mental; Reino Fungi; Educación primaria y enseñanza de las ciencias.

ABSTRACT: The Fungi kingdom includes species of great ecological, medicinal, and nutritional importance, particularly due to their role as decomposers and their participation in symbiotic associations with plants. However, their presence in Primary Education curricula is limited. Several studies indicate that decomposers and parasites are often omitted in representations of food webs, which hinders the understanding of their ecological functions. In this context, the aim of the present study was to analyze the initial mental models of the Fungi kingdom among 5th- and 6th-grade Primary Education students in the province of Huesca (Spain). To this end, a qualitative study was conducted in a school located in Jaca with a total of 43 students aged between 10 and 12 years. The methodology included the use of the drawing technique as a data collection instrument. The analysis was carried out through a coding process based on previously established categories. The results show that Primary school students' initial models of the Fungi kingdom mainly focus on visible anatomical characteristics and abiotic factors associated with their growth. Furthermore, weaknesses are observed in the understanding of aspects related to nutrition, reproduction, and the ecological roles of these organisms. These findings provide guidance for the design of pedagogical and didactic strategies aimed at strengthening students' scientific competence and promoting a deeper understanding of the ecological role of fungi, as well as fostering positive attitudes toward their conservation and sustainability.

KEYWORDS: Mental models; Fungi kingdom; Primary schoool; Science education.

INTRODUCCIÓN

Los modelos mentales iniciales son las representaciones que los niños y niñas elaboran para explicar la realidad antes de recibir instrucción formal. Estas ideas previas condicionan el proceso de aprendizaje y la construcción del conocimiento científico (Hamdiyati, et al., 2022) constituyéndose en el punto de

partida para el diseño y la elaboración de secuencias didácticas. Investigaciones acerca de modelos del Reino Fungi en la educación han sido escasamente estudiado, es así como Torres-Porras, et al., (2025), nos indican que aunque la diversidad de los seres vivos y sus funciones ecológicas forman parte del currículo escolar, la enseñanza suele centrarse en los reinos animal y vegetal, quedando el Reino Fungi escasamente visibilizado. Esta limitada presencia curricular puede influir en los modelos mentales que el alumnado construye sobre los hongos y en la comprensión de su papel ecológico. Desde el contexto ecológico, el papel de los hongos como descomponedores y simbiontes continúa siendo insuficientemente abordado en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Educación Primaria (Hardy, 2026; Torres-Porras et al., 2025; Villa Henao y Cabrera Castillo, 2021). Esta situación se puede ver reforzada por el tratamiento parcial que recibe el Reino Fungi en currículos oficiales como el derivado de la LOMLOE en Aragón. En este sentido, distintos trabajos destacan la necesidad de incorporar los roles ecológicos de los seres vivos en general y de los hongos en particular, para una enseñanza científica escolar más centrada en los sistemas que en las partes de los mismos (Bani Melhem, y Bani Khalaf, 2025), así como también comprender el proceso de re-mineralización de la materia orgánica y de abordar conceptos estructurantes, como la simbiosis, desde el marco de las "grandes ideas de la ciencia" (Harlen, 2015). Fortalecer estos enfoques permitiría mejorar la comprensión sistémica de los ecosistemas y del papel que desempeñan los hongos en ellos. Finalmente, promover el estudio del Reino Fungi no solo podría favorecer la alfabetización científica, sino que también podría contribuir a la sensibilización del alumnado ante desafíos contemporáneos como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la sostenibilidad. Es por ello, que una enseñanza que considere todos los reinos de los seres vivos es esencial para brindar una comprensión global de la biodiversidad, lo que ayuda al alumnado a analizar la complejidad del entorno en el que vivimos (Torres-Porras, et al., 2025). Es así que los objetivos de esta investigación fueron analizar y comparar los modelos mentales iniciales sobre el Reino Fungi en alumnado de 5.º y 6.º de Educación Primaria, identificando concepciones alternativas y errores frecuentes, así como sus posibles implicaciones didácticas para la enseñanza de este reino biológico.

METODOLOGÍA

Esta investigación presenta un enfoque mixto de carácter descriptivo-comparativo, ya que analiza los modelos mentales iniciales de los estudiantes mediante técnicas cuantitativas y cualitativas. El análisis cuantitativo se realizó a partir de las representaciones gráficas de los dibujos, mientras que el análisis cualitativo se basó en las respuestas a preguntas abiertas.

PARTICIPANTES

La muestra correspondió a niñas y niños de 5.º y 6.º curso de Educación Primaria, con edades entre 10 y 12 años. La muestra estuvo constituida por 43 estudiantes. La participación fue voluntaria y se contó con el consentimiento informado de los tutores legales. La selección de la muestra respondió a que los contenidos vinculados al Reino Fungi ya habían sido tratados previamente según el currículo de Educación Primaria.

Técnica e Instrumento

Se utilizó la técnica del dibujo para conocer las representaciones de las niñas y los niños sobre el Reino Fungi, sus características e interacciones. Esta técnica es una forma activa de recolección de datos cualitativos, que juega un papel crucial en la organización y reorganización de conceptos (Jellema et al., 2023) y permite explorar la comprensión del mundo natural por parte de las niñas y los niños (Villaroel et al., 2024). El instrumento constó de una contextualización de la pregunta formulada al alumnado que perseguía por un lado (a) hacer relevante el tema y dotarlo de un sentido cotidiano para las niñas y niños participantes y por otro (b) deslizar el modelo inicial de hongo del alumnado hacia los hongos pluricelulares y no tanto hacia los unicelulares (levaduras). Las preguntas abiertas incluidas en el instrumento iban destinadas a forzar al alumnado a hacer explicitas sus ideas sobre el rol ecológico de los hongos. La Tabla 1 incluye una descripción del instrumento de recogida de datos que se repartió

al alumnado, así como la justificación de los elementos que lo componen, en relación con el propósito de la investigación.

Tabla 1. Justificación del instrumento diseñado para recoger el modelo mental inicial de hongo, del alumnado.

ELEMENTO DEL INSTRUMENTO DE RECOGIDA DE DATOS	OBJETIVO
Presentación: A María le gusta hacer excursiones los fines de semana. Recuerda que el otoño pasado salió varios fines de semana con sus padres a recolectar setas. Sabe que las setas son hongos y eso significa que no son ni plantas, ni animales. Sin embargo, María tiene la sensación de que no sabe tanto de estos seres vivos cómo de las plantas o los animales:	**Contextualizar** la demanda en la **vida cotidiana** el alumnado
	Deslizar el modelo expresado hacia el modelo de **hongo pluricelular**
¿Por qué solo salen a por setas en ciertas épocas del año? ¿Cómo se reproducen?	Invitar a hacer explícito en el **dibujo** los mecanismos de **reproducción** y los **factores abióticas** que influyen en la fructificación de los hongos (**reproducción**)
¿Las setas tienen raíces o algo que se le parezca?	Invitar a hacer explícito en el **dibujo** las **características anatómicas** de los hongos
¿Cómo comen y de qué se alimentan?	Invitar a hacer explícito en el **dibujo** el modo de **nutrición** de los hongos
¿Crees que puedes hacer un dibujo para tratar de resolver las dudas de María? Puedes acompañarlo de etiquetas y flechas para ayudar a María.	Animar a **combinar dibujos** y **palabras** para una expresión más explícita del modelo mental
¿Dirías que los hongos pueden producir enfermedades?	Preguntas destinadas a **aclarar** y **hacer explícitas** las ideas iniciales del alumnado respecto al **rol ecológico** de los hongos
¿Podrías poner algún ejemplo de cómo los hongos se relacionan con otros seres vivos?	

Análisis

Se empleó un análisis cuantitativo-cualitativo, mediante una codificación de los elementos pictóricos (Villarroel, et al., 2014 y Anderson et al., (2014) y de análisis de contenido de las preguntas abiertas. Se establecieron categorías previas de interpretación. Un primer análisis de los dibujos dio lugar a la emergencia de nuevas categorías inductivas (diversidad de hongos, relaciones humano-hongo más allá de las enfermedades). Con el fin de garantizar la fiabilidad de la categorización, ambos investigadores realizaron de manera independiente una parte del proceso de codificación y, posteriormente, compararon y consensuaron los resultados obtenidos. A continuación, se presentan las categorías consideradas finalmente para el análisis, basadas de acuerdo con el estudio de Sánchez Cardozo et al., (2023) (Tabla 2):

Tabla 2. Descripción de las categorías.

Dimensiones	Categorías	Descripción
Características anatómicas	Partes de un organismo	Presencia de cuerpo fructífero, micelio, hifas.
	Diversidad de hongos	Diferentes tipos de hongos (unicelulares y pluricelulares)
Funciones vitales	Nutrición	Elementos que se asocien con la alimentación heterótrofa de los hongos
	Reproducción	Elementos que se asocien con la reproducción de los hongos (esporas)
Funciones ecosistémica	Roles ecológicos	Roles asociados a los hongos como saprófitos, micorrícicos o parásitos.
Nicho ecológico	Factores abióticos	Clima y suelo.
Dimensión socio-cultural	Identifica al hongo como tóxico o venenoso	Relaciones entre el ser humano y hongos.
	Identifica la recolección de setas	

RESULTADOS

Los resultados obtenidos indican que existen similitudes en la frecuencia con que son representadas las distintas dimensiones consideradas del modelo de hongo, entre el alumnado de 5º y 6º de Primaria. Todo el alumnado ha representado una o varias partes anatómicas de los hongos pluricelulares (carpóforo, micelio). En general predominan las representaciones de cuerpos fructíferos frente a la de hifas o micelios. También un elevado porcentaje de alumnos de los dos grupos hace alusión a algún factor abiótico (como la lluvia) (Fig. 3.4), en relación con la biología de estos organismos (un 56% en 5º y un 72% en 6º). El grupo de 6º básico representó en 67% la función de reproducción de los hongos mediante en dibujos o palabras, a diferencia del grupo de 5º que solo lo representó en un 24% (Figura 1).

Otras funciones vitales como la nutrición son explicitadas con menor frecuencia (un 32% en 5º y un 39% en 6º). Solo un pequeño porcentaje del alumnado ha plasmado en el dibujo sus ideas en relación al rol ecológico de los hongos (4% en 5º y un 28% en 6º). Respecto a las categorías emergentes, aparecen con cierta frecuencia (un 16% en 5º y 28% en 6º) dibujos que hacen alusión al carácter venenoso de algunos de estos organismos (Véase Figura 2 y 3) y (un 8% en 5º y 11% en 6º) en dibujos que expresan la recolección de setas (Véase Figura 1).

En sus modelos mentales se aprecia que reconocen e identifican algunas partes de los hongos, como el sombrero (píleo), el tallo (estípite) y el micelio, representadas principalmente a través de la especie *Amanita muscaria*. No obstante, en la mayor parte de los casos, expresan un modelo de hifas o micelios semejante al de las raíces de una planta. Esto podría atribuirse tanto al escaso conocimiento previo como a cierta influencia del instrumento de investigación, que incluía una pregunta orientadora sobre si los hongos tienen raíces o alguna estructura similar. Asimismo, se evidencia una confusión entre los conceptos de semilla y espora. Si bien reconocen que los hongos poseen un tipo de reproducción, tienden a confundir ambos términos y, en algunos casos, únicamente indican que liberan un "polvo o suero".

En aspectos como la nutrición o los roles ecológicos, se observa una mayor debilidad en el conocimiento. En los modelos iniciales aparece escasamente el reconocimiento del tipo de nutrición heterótrofa. Aunque algunas y algunos estudiantes dibujan hongos alimentándose de animales o de frutas en descomposición (Fig. 3.3), la mayoría no lo expresa o se aprecia solo la absorción principalmente de minerales y agua (Fig. 3.1). Esta tendencia también se observa en relación con los roles ecológicos, ya que el estudiantado generalmente desconoce las funciones ecosistémicas de los hongos. Solo en casos aislados se observa el dibujo de un hongo conectado mediante micelio a raíces de plantas, lo que podría interpretarse como una representación del rol ecológico de las micorrizas. La recolección de setas es representada por algunos estudiantes en sus dibujos, al igual que la toxicidad de ciertos hongos (Fig. 3.5) aspecto que en general aparece en las respuestas asociadas a las preguntas del instrumento. En ambos cursos se observa con mayor frecuencia una visión patológica de los hongos, representados como causantes de enfermedades o como organismos venenosos (Fig.2).

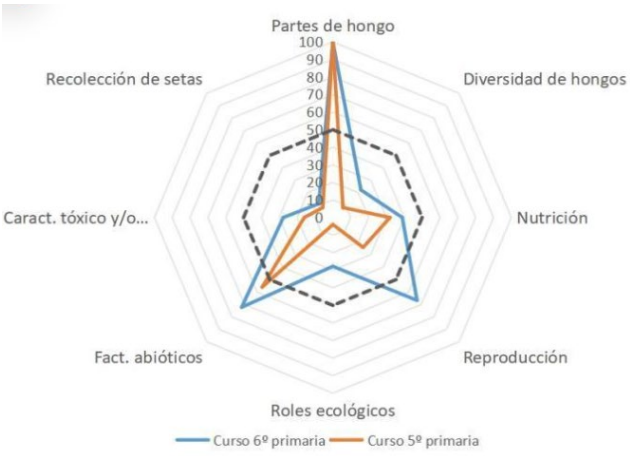


Figura 1. Representación de las categorías de análisis según 5º y 6º de primaria.

Figura 2. Nube de palabras de las características de los hongos identificadas por el estudiantado de 5º y 6º de Educación Primaria.

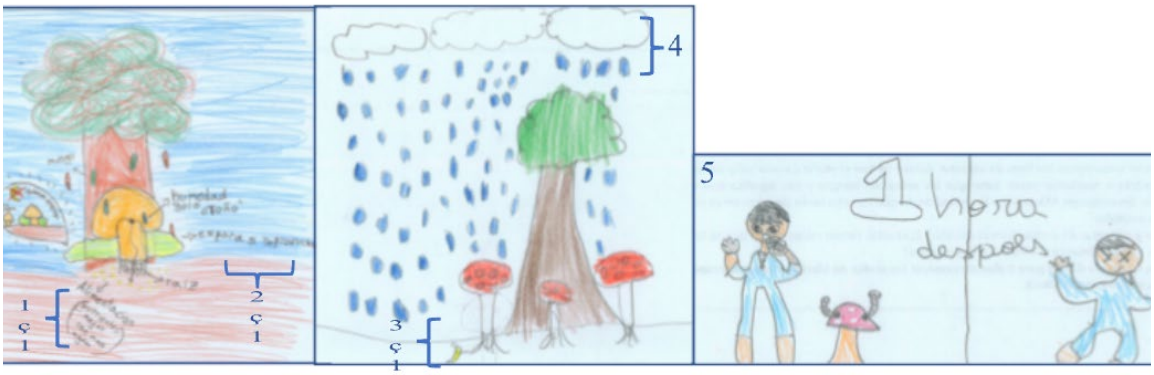


Figura 3. Ejemplos de dibujos del estudiantado de primaria con observaciones de (1) nutrición, (2) reproducción, (3) rol ecológico, (4) factores abióticos, y (5) toxicidad.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados muestran una leve diferencia entre 5º y 6º de primaria, ya que el alumnado de 6º expresa un modelo de hongo pluricelular ligeramente más sofisticado al incluir en sus dibujos, con mayor frecuencia enalgunas categorías analizadas. Sin embargo, también se observan importantes convergencias en los modelos iniciales del estudiantado de ambos cursos.

Se puede señalar que el modelo inicial sobre el Reino Fungi en niñas y niños de educación primaria se encuentra principalmente limitado a características anatómicas visibles y a los factores abióticos que favorecen su crecimiento. En este sentido, resulta necesario prestar especial atención a la enseñanza de aspectos relacionados con la nutrición y la reproducción de estos organismos, así como con sus roles ecológicos. Abordar estos contenidos podría favorecer una comprensión más amplia e integral de los hongos y promover una mayor valoración de su importancia para el bienestar humano, la cultura y la conservación del medio ambiente. Asimismo, estos resultados invitan a reflexionar sobre el tratamiento curricular del Reino Fungi en la educación primaria. La escasa presencia explícita de este grupo de organismos en el currículo vigente, como ocurre en el marco de la Ley Orgánica de Modificación de la LOE (LOMLOE), podría contribuir a que su enseñanza quede limitada o diluida dentro de otros contenidos biológicos, concepto que se denomina según Sheldrake (2020) “ceguera hacia los hongos” (*fungus blindness*), indicando el desconocimiento tanto de las plantas como de los hongos se ha visto agravado por el hecho de que los sistemas educativos, a nivel local y global, otorgan escasa presencia a los reinos Plantae y Fungi en sus currículos. En este sentido, la limitada representación conceptual observada en los modelos mentales iniciales del alumnado parece ser coherente con dicha escasa presencia curricular. Esto hallazgos contradicen investigaciones que indican que el estudiantado de educación primaria presentaba concepciones erróneas sobre la clasificación de los seres vivos y que por ejemplo que consideraban a los hongos como seres no vivos (Gul, 2021). Esto coincide con lo señalado por Karakaya et al., (2023), quienes indican que en las concepciones del estudiantado se establece que algunos hongos pueden causar diversas enfermedades en plantas y animales. En este contexto, los resultados obtenidos pueden orientar el diseño de estrategias pedagógicas y didácticas que fortalezcan el conocimiento sobre las funciones vitales y el rol ecológico de los hongos, promoviendo actitudes favorables hacia su conservación y el cuidado ambiental. En este sentido, los enfoques creativos, inmersivos y basados en el aprendizaje experiencial y la apreciación artística pueden ser clave para mejorar las percepciones sobre los hongos

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón (IUACA) por el apoyo brindado para la divulgación de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson JL., Ellis JP. & Jones AM. (2014). Understanding early elementary children's conceptual knowledge of plant structure and function through drawings. *CBE Life Sci Educ*. 13(3):375-86. https://doi: 10.1187/cbe.13-12-0230.

Bani Melhem, F. H., & Bani Khalaf, M. H. (2026). Conceptual Misconceptions About Fungi in Tenth-Grade Students and Their Relationship to Scientific Curiosity. Educational Process: *International Journal*, 20, e2026009. https://doi.org/10.22521/edupij.2026.20.9

Gul, S. (2021). 5th-grade Students' Misunderstandings and Misconceptions about Fungi. Mimbar Sekolah Dasar. 8. 179-204. 10.53400/mimbar-sd.v8i2.33033.

Hamdiyati, Y., Rahman, T., & Sulaeman, S. A. (2022). Analysis of high school student's mental model on fungi: Representation of students' conceptions. Biosfer: *Jurnal Pendidikan Biologi*, 15(2), 344-354. https://doi.org/10.21009/biosferjpb.28195

Hardy, G. (2026). Fungi and me: exploring public perceptions of fungi, and experiential approaches to challenge fungus blindness, through outreach in the UK, *Journal of Biological Education*. https://doi.org/10.1080/00219266.2026.2628802

Harlen, W. (2015). Principles and big ideas of science education. Association of Science Education. Ashford Colour Press Ltd.

Jellema, P., Annemans, M. & Heylighen, A. (2023). Drawing the researcher into data: drawing as an analytical tool in qualitative research. *Qualitative Research*, 23(5), 1398-1417. https://doi.org/10.1177/14687941221079530

Karakaya, F., Bilgili, C., Soysal, N., & Yılmaz, M. (2023). Investigation of secondary school students' learning about the fungi kingdom. *Turkish Journal of Education*, 12(4), 227-242. https://doi.org/10.19128/turje.1334348

Sánchez Cardozo, L., Raba Peña, E., Franco Matta, L. & Cruz, A. (2023). Recurso didáctico para la enseñanza del proceso de la nutrición vegetal a través del papel de las micorrizas con estudiantes de 5º del Colegio Nelson Mandela I.E.D. *Bio-grafía*, 16 (Extraordinario), 3-13.

Sheldrake, M. (2020). Entangled Life: How Fungi Make Our Worlds, Change Our Minds and Shape Our Futures. Random House, New York. 368 pp.

Torres-Porras, J., Ramos-Miras, J. J., Castro, F., & Alcantara-Manzanares, J. (2025). Favourite animals, plant awareness, and the forgotten kingdom: addressing low fungal awareness. Journal of *Biological Education*, 1–17. https://doi.org/10.1080/00219266.2025.2523349

Villa Henao, M. y Cabrera Castillo, H. (2021). Aportes del análisis de A. B. Frank para la enseñanza de las micorrizas. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 5(2), 20–41. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/afjor/article/view/31853

Villarroel, J., Antón, A., Nuño, T. & Zuazagoitia, D. (2024). The joint influence of the variables educational level and gender on children's drawings of the plant world. *Heliyon*, 10 (2), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24272

Villarroel. J.D. & Infante, G. (2014). Early understanding of the concept of living things, An examination of young children's drawings of plant life. J*ournal of Biological Education*, 48 (2014) 119–126.

Persistencia de los modelos del alumnado sobre la disolución de un gas en un líquido: un estudio longitudinal

Joaquín Cañero Arias[1], José María Oliva Martínez[2] y Ángel Blanco López[3]

[1]Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga y Colegio La Presentación (Málaga), España.

[2]Didáctica. Universidad de Cádiz, España.

[3]Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España.

*Correspondencia: [1]jqncarias@gmail.com

RESUMEN: Aunque la comprensión de las disoluciones constituye un aspecto clave en el aprendizaje de la química, numerosos estudios han puesto de manifiesto las dificultades que presenta el alumnado para interpretar estos fenómenos en el ámbito submicroscópico. En este trabajo se analiza, desde un enfoque longitudinal, la evolución de los modelos utilizados por estudiantes para explicar la presencia del dióxido de carbono en una bebida gaseosa desde 2º de la ESO hasta 2º de Bachillerato de Ciencias. Para la recogida de datos se utilizó una tarea en la que el alumnado tenía que dibujar y explicar cómo imaginaba el interior de una bebida gaseosa. Las respuestas de los estudiantes fueron analizadas a partir de tipologías de modelos previamente descritas en investigaciones sobre modelización de disoluciones. Se constata una evolución inicial desde interpretaciones fundamentalmente macroscópicas hacia representaciones que incorporan algunos elementos explicativos adicionales. Sin embargo, a partir de 4º de ESO los cambios observados son limitados y en Bachillerato continúan apareciendo modelos similares a los de cursos anteriores. Estos resultados sugieren la persistencia de determinados modelos explicativos a lo largo de la escolaridad y apuntan a posibles limitaciones en la progresión conceptual asociada al tratamiento curricular de estos contenidos.

PALABRAS CLAVE: disoluciones de gases en líquidos; evolución de modelos; estudio longitudinal; enseñanza de la química.

ABSTRACT: Although understanding solutions is a key aspect of learning chemistry, numerous studies have highlighted the difficulties students face in interpreting these phenomena at the submicroscopic level. This study analyses, using a longitudinal approach, the evolution of the models used by students to explain the presence of carbon dioxide in a fizzy drink from the second year of compulsory secondary school (13-14 years old) to the second year of upper secondary school (17-18 years old). To collect data, a task in which students had to draw and explain how they imagined the inside of a fizzy drink was used. The students' responses were analysed using model typologies previously described in research on the modelling of solutions. An initial evolution from predominantly macroscopic interpretations towards representations that incorporate some additional explanatory elements is observed. However, from the last year of compulsory secondary education, the changes observed are limited, and in the second year of upper secondary education, models similar to those from previous years continue to appear. These results suggest the persistence of certain explanatory models throughout schooling and point to possible limitations in the conceptual progression associated with the curricular treatment of this content.

KEYWORDS: dissolution of gases in liquids, development of models; longitudinal study; chemistry teaching.

INTRODUCCIÓN

La comprensión de las disoluciones constituye un aspecto central en el aprendizaje de la química, ya que este tipo de sistemas interviene en numerosos fenómenos cotidianos y en múltiples procesos químicos (Shi et al., 2023). Sin embargo, diversas investigaciones han mostrado que el alumnado presenta dificultades persistentes para interpretar estos fenómenos desde una perspectiva submicroscópica basada en el modelo corpuscular de la materia (Çalik et al., 2005). En particular, la disolución de gases en líquidos supone un reto más específico, ya que los estudiantes suelen recurrir a interpretaciones macroscópicas o a explicaciones basadas en la experiencia cotidiana para dar sentido al fenómeno. Estas dificultades persisten incluso en estudiantes universitarios (Pinto et al., 2023).

En este contexto, las prácticas de modelización adquieren un papel preponderante en la construcción del conocimiento científico escolar. Los modelos permiten representar fenómenos no observables directamente y actúan como herramientas para construir, revisar y comunicar explicaciones sobre los sistemas materiales (Justi y Gilbert, 2003; Oliva y Aragón, 2009). De forma que el aprendizaje de la química se involucra en actividades en las que el alumnado desarrolle y refine modelos explicativos que le permitan interpretar los fenómenos a distintos niveles de representación.

Por otro lado, la investigación ha puesto de manifiesto la importancia de conectar la ciencia que se enseña a necesidades contextualizadas (King y Ritchie, 2012) y activar así la curiosidad de los estudiantes, logrando mejorar el interés, la motivación y la actitud hacia el aprendizaje. En el caso de las disoluciones de gases en líquidos, tópico en el que se centra esta investigación, adoptamos como foco de contextualización las bebidas gaseosas, al considerarlo muy adecuado para el aprendizaje de las disoluciones mediante modelización (Cañero-Arias, 2022).

A través de dibujos y explicaciones escritas es posible examinar los recursos explicativos que utiliza el alumnado para representar la estructura de los sistemas materiales y los procesos que tienen lugar en ellos. En el caso concreto de las disoluciones, un análisis de este tipo permite examinar cómo se mantienen o transforman los modelos del alumnado a lo largo del tiempo y puede aportar información relevante sobre la progresión conceptual asociada al aprendizaje de estos contenidos. Así, en este trabajo se plantea la siguiente pregunta ¿cómo evolucionan los modelos expresados por los mismos estudiantes sobre la disolución de un gas en líquidos desde 2º de ESO hasta 2º de Bachillerato?

METODOLOGÍA

Diseño del estudio

El estudio adopta un diseño longitudinal (Cohen et al., 2007) orientado a analizar los modelos explicativos que utilizan los estudiantes para representar la disolución de dióxido de carbono en una bebida gaseosa y examinar su posible evolución a lo largo del tiempo. Para la recogida de datos se utilizó una tarea de representación en la que se pidió al alumnado que dibujara y explicara cómo imaginaba el interior de una bebida gaseosa, prestando especial atención a la presencia del agua, el azúcar y el gas. Esta tarea se aplicó en distintos momentos de la escolaridad para analizar la estabilidad o transformación de los modelos utilizados por el alumnado.

Participantes y contexto

La muestra estuvo formada por 18 estudiantes, los mismos durante todo el estudio, pertenecientes a un centro concertado de Educación Secundaria y Bachillerato de la ciudad de Málaga. Esta composición permite examinar cómo se mantienen o transforman los modelos utilizados por el alumnado sobre la

disolución de gases en líquidos tras varios años de enseñanza de la química.

Los participantes habían trabajado previamente este fenómeno en 2º de la ESO, a través de la secuencia didáctica "Deconstruyendo las bebidas gaseosas", descrita en investigaciones previas (Cañero-Arias, Blanco-López y Oliva-Martínez, 2022 y 2024). Los participantes completaron la misma tarea en tres ocasiones: en 2º de ESO al finalizar la implementación de la secuencia didáctica mencionada y en 4º de ESO y en 2ª de Bachillerato al comienzo del curso escolar.

Análisis de los datos

Se analizaron las representaciones producidas por el alumnado (Figura 1), para lo cual se llevó a cabo un proceso de categorización orientado a examinar las formas en que los estudiantes conceptualizan la presencia del dióxido de carbono en la bebida.

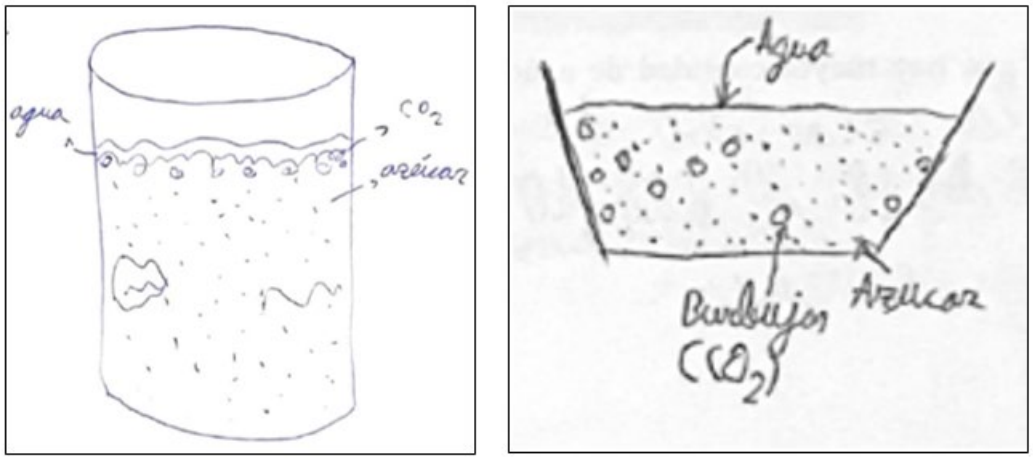


Figura 1. Ejemplos representativos de los modelos elaborados por los estudiantes.

Para el análisis de las producciones se tomó como referencia el marco analítico desarrollado en dichos trabajos sobre modelización de la disolución del dióxido de carbono en el contexto de bebidas gaseosas (Cañero-Arias, Blanco-López y Oliva-Martínez, 2024). Este marco permite identificar diferentes formas de representación utilizadas por el alumnado para explicar la presencia del gas en la bebida, las cuales quedan resumidas en la tabla 1.

El abanico de modelos incluidos en la tabla 1 permitió examinar la distribución de representaciones en cada nivel educativo de la muestra, con el fin de explorar posibles patrones de persistencia o estabilización con el tiempo de los modelos explicativos del alumnado. El análisis de las representaciones fue realizado por el primer autor del trabajo, con amplia experiencia utilizando el mismo marco de análisis ya validado en investigaciones anteriores (Cañero-Arias, Blanco-López y Oliva-Martínez, 2024).

Tabla 1. Modelos explicativos utilizados para analizar las producciones de los estudiantes (Cañero-Arias, 2022)

NIVEL	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
0		Sin respuesta o respuesta no codificable.
1	Gas fuera	Ignora al gas o éste no forma parte de la bebida.

2	Burbujas	Contempla al gas como burbuja/espuma/pompa que no forma parte de la disolución (agua y azúcar).
3	Burbujas y algo más	Contempla al gas como burbuja y a la vez como parte de la disolución, pero sin mencionar que está disuelto.
4	Gas disuelto	Se expresa que el gas está disuelto, utilizando una representación homogénea del sistema. Solo ocasionalmente se mencionan a las burbujas como elementos añadidos.
5	Sobresaturación	Diferencia al gas disuelto del que gas en forma de burbuja como producto de la sobresaturación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos al identificar los modelos de los estudiantes de acuerdo con el repertorio de modelos indicados en la tabla 1.

Tabla 2. Frecuencia de cada uno de los modelos identificados en las respuestas de los 15 estudiantes en los tres momentos de la investigación.

Modelo	2º ESO	4º ESO	2º BACHILLERATO
Nivel 0: Sin representación	0	1	0
Nivel 1: Gas fuera	0	0	0
Nivel 2: Burbujas	4	0	9
Nivel 3: Burbujas y algo más	6	6	8
Nivel 4: Gas disuelto	5	9	0
Nivel 5: Sobresaturación	3	2	1
Total	18	18	18

En los datos recogidos de 2º de ESO predominan las representaciones basadas en interpretaciones macroscópicas del fenómeno, en las que el gas se representa principalmente en forma de burbujas visibles dentro del líquido. Estas representaciones suelen centrarse en aspectos perceptibles del fenómeno y muestran escasa referencia a procesos de disolución o a explicaciones de carácter submicroscópico.

En momentos posteriores de la escolaridad, cuando la tarea se vuelve a aplicar, se observa la aparición de representaciones que incorporan algunos elementos explicativos adicionales, especialmente en relación con la distribución del gas en el interior del líquido. Estos cambios sugieren cierta evolución hacia modelos más próximos a las interpretaciones científicas del fenómeno.

Sin embargo, el análisis de las producciones del alumnado muestra que, a partir de 4º de ESO, las diferencias observadas en las representaciones son limitadas. En 2º de Bachillerato continúan apareciendo formas de representación similares a las observadas en etapas anteriores, lo que sugiere la persistencia de determinados modelos explicativos tras varios años de enseñanza de la química.

En conjunto, los resultados apuntan a que, aunque se observa cierta evolución inicial en los modelos utilizados por el alumnado, esta evolución tiende a estabilizarse en los momentos más avanzados de la escolaridad, lo que podría interpretarse como un posible estancamiento en la progresión de los modelos explicativos sobre la disolución de gases en líquidos.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que las representaciones del alumnado sobre la presencia del dióxido de carbono en una bebida gaseosa experimentan ciertos cambios en los primeros niveles de escolarización, pero tienden a estabilizarse a partir de 4º de ESO, manteniéndose relativamente invariables incluso al comienzo de 2º de Bachillerato. Esta estabilidad sugiere que, aunque la enseñanza de la química contribuye a la reorganización inicial de los modelos explicativos, dichos cambios no se consolidan completamente en etapas posteriores. De hecho, estudios recientes muestran también dificultades en estudiantes universitario al interpretar la disolución de oxígeno en agua (Pinto et al., 2023).

Otros estudios basados en enfoques constructivistas también aportan matices relevantes. Çalik et al. (2006) demostraron que una intervención basada en principios constructivistas podía mejorar significativamente la comprensión sobre cómo influyen la presión y la temperatura en la disolución de un gas. Sin embargo, detectaron la aparición de nuevas concepciones alternativas en algunos estudiantes, lo que sugiere que la enseñanza, además de resolver ideas previas, puede generar otras no previstas, reforzando la idea de que la evolución de modelos no es lineal ni homogénea.

Nuestros hallazgos son coherentes con los de Margel et al. (2008) y Johnson (2005), quienes señalan que el cambio conceptual en el contexto de la química es progresivo y parcial, con persistencia de concepciones alternativas incluso tras la instrucción. De forma similar, Löfgren y Helldén (2009) muestran que los estudiantes adolescentes parecen ser capaces de utilizar un modelo de partículas sencillo, y que dicho modelo puede ayudarles a comprender el estado gaseoso invisible. No obstante, presentan dificultades para conectar los conocimientos que adquiere en la escuela sobre la naturaleza corpuscular de la materia con estas situaciones cotidianas.

Estos resultados sugieren que determinados modelos explicativos persisten a lo largo del tiempo, incluso tras varios años de enseñanza de la química. Desde esta perspectiva, el problema podría no residir únicamente en las ideas iniciales del alumnado, sino también en la forma en que estos contenidos se abordan y se desarrollan en el currículo de química.

En este sentido, los resultados ponen de manifiesto la necesidad de incorporar prácticas de modelización de forma más sistemática en la enseñanza, que permitan al alumnado revisar y reconstruir sus explicaciones, favoreciendo conexiones entre el modelo corpuscular y fenómenos cotidianos para promover una comprensión más profunda y transferible. Asimismo, evidencian que, en fenómenos como la disolución de gases en líquidos, el alumnado tiende a mantener interpretaciones basadas en ideas previamente construidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Çalik, M., Ayas, A. y Ebenezer, J. V. (2005). A review of solution chemistry studies: Insights into students' conceptions. *Journal of Science Education and Technology, 14*(1), 29-50. DOI: 10.1007/s10956-005-2732-3

Çalik, M., Ayas, A. y Coll, R.K. (2006). A constructivist-based model for the teaching of dissolution of gas in a liquid. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 7*(1), Article 4

Cañero-Arias, J. (2022). Las bebidas gaseosas como contexto para el aprendizaje de las disoluciones mediante modelización. Estudio de casos en Educación Secundaria Obligatoria. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. https://riuma.uma.es/entities/publication/b3429176-8369-4f40-939a-d400e24a60e2

Cañero-Arias, J., Blanco-López, Á. y Oliva-Martínez, J. M. (2022) Representando las disoluciones en el contexto de las bebidas gaseosas. *Educación Química, 33*(1). http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.1.79316

Cañero-Arias, J., Blanco-López, Á., & Oliva, J. M. (2024). Model-based analysis of the impact of a teaching-learning sequence about carbonated drinks on students' understanding of the dissolution of gases in liquids. *International Journal of Science Education, 46*(17), 1848–1878. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2300772

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Sixth edition. Routledge.

Johnson, P. (2005). The development of children's concept of a substance: A longitudinal study of interaction between curriculum and learning. *Research in Science Education*, *35*(1), 41-61.

Justi, R. y Gilbert, J. K. (2003). Models and modelling in chemical education. In J. K. Gilbert, O. D. Jong, R. Justi, D. F. Treagust and J. H. van Driel (eds.). *Chemical education: Towards research-based practice*, (47-68). Kluwer.

King, D. & Ritchie, S. (2012). Learning science through real world contexts. In Fraser, B.; Tobin, K. y McRobbie, C. (eds.) *Second International Handbook of Science Education*, (69-77). Springer.

Löfgren, L., & Helldén, G. (2009). A longitudinal study showing how students use a molecule concept when explaining everyday situations. *International Journal of Science Education*, *31*(12), 1631-1655

Margel, H., Eylon, B. S., & Scherz, Z. (2008). A longitudinal study of junior high school students' conceptions of the structure of materials. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *45*(1), 132-152

Oliva, J. M. y Aragón, M. M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias, 27*(9), 195-208. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3731

Pinto, G., Castro-Acuña, C. M., López-Hernández, I., & Alcázar Montero, V. (2023). Learning difficulties in the interpretation of matter at the molecular level by university students—A case study: Dissolution of oxygen in water. *Education Sciences*, *13*(8), 781. https://doi.org/10.3390/educsci13080781

Shi, G., Lu, S., & Bi, H. (2023). The thinking of students aged 15-18 in explaining the dissolution phenomenon. *Journal of Baltic Science Education*, *22*(2), 337-356. https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.337.

Aspectos metacognitivos y motivacionales durante una SEA sobre naturaleza de la ciencia a través de la indagación basada en modelos

Germán Ros[1], Rafael Fernández-Toledano[1] e Iñigo Rodríguez-Arteche[2]*

[1] Departamento de Física y Matemáticas, Universidad de Alcalá, España

[2] Departamento de Educación, Universidad de Almería, España

*Correspondencia: german.ros@uahes

RESUMEN: Se presenta un análisis de aspectos metacognitivos y motivacionales resultado de la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje que aborda aspectos de naturaleza de la ciencia (NDC) a través de la indagación basada en modelos. La secuencia se ha desarrollado con alumnado de 11 a 13 años en un programa de altas capacidades extraescolar. Los resultados muestran ganancias con tañamos del efecto fuertes en su autopercepción de conocimiento en todas las dimensiones analizadas: indagación, modelización, estrategias que usan las pseudociencias y NDC. El nivel de motivación que reporta el alumnado durante la secuencia es alto. Destacan el interés, la utilidad y valor de lo aprendido, el cumplimiento de sus expectativas y la labor del docente como los aspectos más relevantes para lograr una alta motivación del alumnado, además de ser los más influyentes en la mejora de dicha autopercepción.

PALABRAS CLAVE: Indagación; Naturaleza de la Ciencia; Metacognición; Modelización; Motivación.

ABSTRACT: This study presents an analysis of metacognitive and motivational aspects resulting from the implementation of a teaching-learning sequence that addresses the Nature of Science (NOS) through model-based inquiry. The sequence was conducted with students aged 11 to 13 within an extracurricular program for high-ability learners. The results demonstrate significant gains, with large effect sizes, in the students' self-perception of knowledge across all analyzed dimensions: inquiry, modeling, strategies employed by pseudoscience, and NOS. Furthermore, the level of motivation reported by students during the sequence remained high. Key factors contributing to this elevated motivation—and identified as the most influential elements in the improvement of their self-perception—include student interest, the perceived utility and value of the content, the fulfillment of expectations, and the key role of the teacher.

KEYWORDS: Inquiry; Nature of Science; Metacognition; Modeling; Motivation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el aprendizaje sobre Naturaleza de la Ciencia (NDC) resulta un elemento clave de la educación científica que no siempre se aborda suficientemente. Se trata no solo de comprender cómo se genera, valida y evoluciona el conocimiento científico (Hosson y Décamp, 2014) sino, además, de dotar al alumnado en edad escolar de herramientas de pensamiento crítico en el contexto de una sociedad con una presencia creciente de bulos y divulgación de ideas pseudocientíficas. Existe además una demanda de actividades con estos objetivos.

Para ello, se sugieren diversos enfoques en la literatura. Unos más explícitos, por ejemplo, a través de su conexión con la historia de la ciencia (Acevedo-Díaz et al., 2018). Otros más implícitos, por ejemplo, a través de secuencias de indagación y modelización. Estas prácticas científicas permiten trasponer al aula el proceso de la investigación científica, abordando coherentemente la NDC (Márquez-Fernández et al., 2025; Windschitl et al., 2008), especialmente si se incluyen elementos meta reflexivos, permitiendo así abordar aspectos sobre la naturaleza de los modelos científicos (Oliva & Blanco, 2023) y sobre factores de naturaleza sociológica o no epistémica (Acevedo-Díaz et al., 2018).

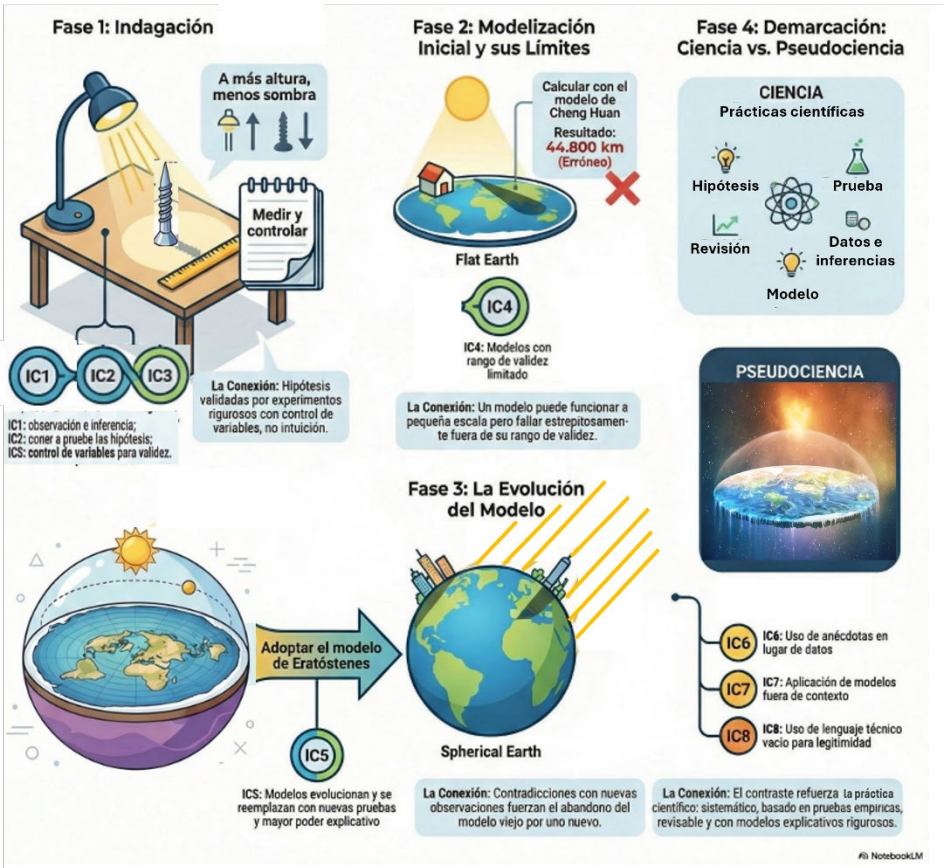


Figura 1. Infografía de la secuencia *¿Se puede medir la distancia al Sol con un palo?* (Adaptado de NotebookLM)

Desde esta perspectiva, este trabajo parte de una secuencia de indagación basada en modelos (IBM) y analiza la percepción del alumnado tras completarla. Las ideas clave de la secuencia incluyen la relevancia de la observación y la inferencia, la necesidad de poner a prueba las hipótesis y del control de variables para la validez de los experimentos, la utilidad y rango de validez de los modelos, y cómo estos evolucionan para mejorar su capacidad explicativa y predictiva. Además de estos aspectos epistémicos, también se incluyen ideas clave acerca la diferencia entre ciencia y pseudociencia, destacando como estas últimas usan ideas anecdóticas, aplican modelos fuera de su rango de validez o contexto y usan un lenguaje complejo, pero sin sentido real. En un estudio previo se analizaron y clasificaron los cambios en la secuencia a lo largo de las tres iteraciones de diseño (Fernández-Toledano et al., 2025). En este caso, el foco se sitúa en los aspectos metacognitivos y motivacionales. Por ello, el objetivo del trabajo es explorar en qué medida la implementación de la secuencia se asocia con mejoras en la percepción del propio conocimiento sobre las ideas clave abordadas, qué factores influyen en la motivación del alumnado y cómo se relacionan ambos aspectos.

METODOLOGÍA

En este trabajo se evalúan diversos aspectos tras la implementación de una secuencia IBM, que parte de la pregunta detonante «¿Se puede medir la distancia al Sol con un palo?» (Figura 1) y aboga por intercalar actividades y reflexiones implícitas y explícitas sobre la NDC, a través de ciclos de indagación y modelización (Márquez-Fernández et al., 2025). Se comienza con una indagación sobre la formación de sombras con una actividad experimental (utilizando un foco, tornillos y un metro), para después progresar desde modelos explicativos iniciales a otros más complejos que finalmente integran ideas sobre las inferencias basadas en sombras, la propagación de los rayos de luz, ideas geométricas y de proporcionalidad y la consideración de la curvatura de la Tierra. Se abordan además experimentos de la antigua China y Grecia, aportando así una visión

desde la Historia de la Ciencia (Hosson y Décamp, 2014). La secuencia finaliza con una discusión sobre las pseudociencias, con especial atención al terraplanismo, identificando cómo operan en comparación con la ciencia.

La secuencia se ha llevado a cabo en su versión final en un programa con alumnado de altas capacidades. El grupo lo constituyen 12 estudiantes (5 niños y 7 niñas) desde 6º de Educación Primaria a 2º de la E.S.O. Este grupo constituye un contexto ideal donde poner a prueba la secuencia dado el menor número de estudiantes, sesiones de mayor duración y mayor nivel cognitivo del alumnado. Este ambiente amable resulta así propicio para refinar la secuencia y progresar en su adaptación a entornos académicos formales.

Para evaluar la autopercepción del aprendizaje se utilizó *Knowledge and Prior Study Inventory* (KPSI) (Tamir & Lunetta, 1978). Mediante una escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo), el alumnado valoró retrospectivamente su nivel de conocimiento inicial y final sobre 20 ítems. P1 a P5 abordan la elaboración de inferencias, la emisión de hipótesis, la planificación de experimentos, la obtención de datos y la formulación de conclusiones, aspectos que se abordan en la indagación. P6 a P12 se centran en la fase de modelización y tratan acerca de la realización de trazados de rayos, la aplicación de procedimientos geométricos, y el uso, el rango de validez y la evolución de los modelos. Los ítems P13 a P15 se relacionan con las pseudociencias y las ideas clave tratadas al respecto. Por último, P16 a P20 tratan aspectos más generales de la NDC, esto es, cómo se construye el conocimiento científico, el diseño experimental, la utilidad y limitaciones de los modelos, formulación de conclusiones y la demarcación entre ciencia y pseudociencia. Para analizar diferencias significativas entre pre y post se utiliza el test de Wilcoxon para muestras pareadas y el tamaño del efecto con el parámetro *r*. Para diferencias por género y etapa escolar se usa el test de Mann-Whitnney. El nivel de significancia se escoge $p<.05$.

En cuanto a la motivación, el estudio se apoya en modelos teóricos que identifican diversos factores influyentes en el aula (Moreno et al., 2009). Además de cuantificar su motivación general durante la actividad (escala 1-5), los estudiantes señalaron los factores determinantes que aluden a aspectos personales durante la misma (interés, actitud), otros más relacionados con el proceso (dificultad, diversión, trabajo en equipo), contextuales (rol del docente y compañeros) y de satisfacción (cumplimiento de expectativas y utilidad de lo aprendido).

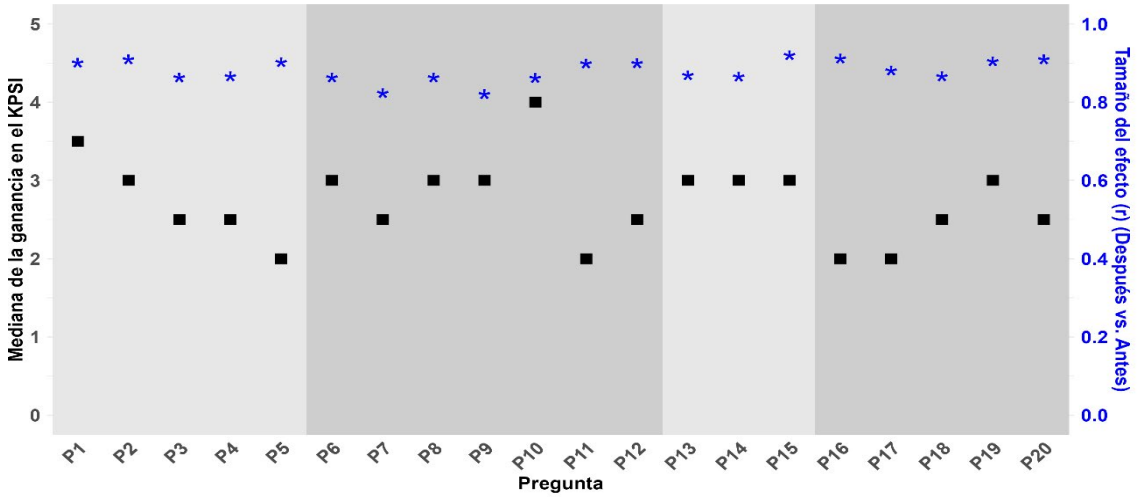


Figura 2. Ganancia en el KPSI (eje izquierdo) y su tamaño del efecto (eje derecho).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra el análisis sobre el cambio en la autopercepción de conocimiento. La ganancia en cada pregunta del KPSI calculada como la diferencia entre las medianas post y pre para el conjunto del alumnado) es muy alta, ya que en todos los casos supera el valor de 2 (ese valor podría estar entre -4 y 4). Esta ganancia resulta ser estadísticamente significativa y el tamaño

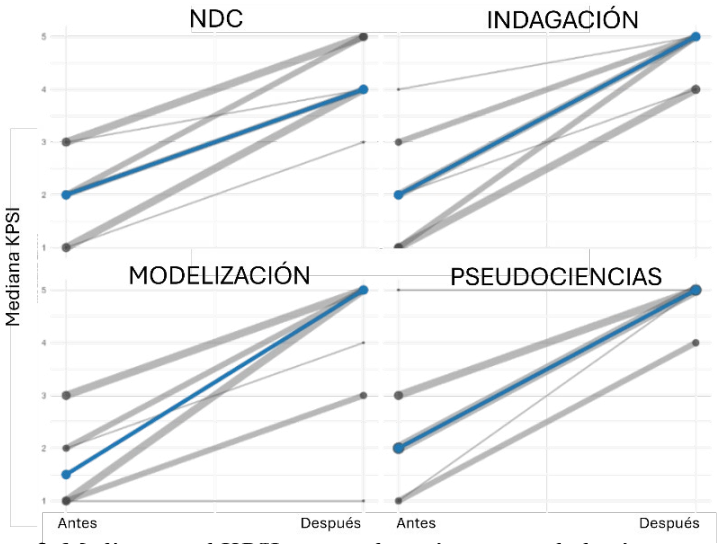


Figura 3. Mediana en el KPSI antes y después agrupando los ítems en 4 dimensiones.
El grosor de la línea es proporcional al número de estudiantes. En azul la mediana de todo el grupo.

del efecto muy fuerte (r >.8) en todos los ítems. En conjunto se puede afirmar que la mejora es muy grande, en línea con otros estudios donde se ha hecho uso de IBM para abordar cuestiones de astronomía diurna (Márquez-Fernández et al., 2025). En detalle, la ganancia es mayor en P1 (es posible realizar inferencias) y P10 (rayos del Sol llegan paralelos a la Tierra) y algo menor en P5 (obtener datos de las sombras en variedad de situaciones), P11 (calcular perímetro de la Tierra con el método de Eratóstenes), P16 (características y procesos que intervienen en la construcción de conocimiento científico) y P17 (cómo se debe diseñar un experimento científico). Cabe mencionar que no hay diferencias significativas por género. Por etapa escolar, las ganancias son mayores en el alumnado de la E.S.O (7 estudiantes) que en los de primaria (5 estudiantes). Esto es esperado, ya que la secuencia fue originalmente diseñada para alumnado de 2º de la E.S.O. Sin embargo, es importante mencionar que los resultados son también muy buenos para los estudiantes de primaria, dado que se trata de alumnado de altas capacidades y que el docente les proporcionó un seguimiento y un andamiaje más personalizado, favorecido por el reducido número de estudiantes en el aula.

Agrupando los ítems en las 4 dimensiones del KPSI, la Figura 3 muestra la evolución para cada estudiante, así como para el grupo. Se comprueba que la ganancia abarca a todo el alumnado y a todas las fases de la secuencia, esto es, indagación, modelización y comparación ciencia frente a pseudociencia. El grupo alcanza el nivel de conocimiento percibido más alto en todas las dimensiones, excepto en la general sobre NDC, donde se alcanza el nivel 4. Además, destaca la ganancia en la modelización (ΔKPSI=3,5), una dimensión que ha demostrado resistencia a los cambios (Gogolin & Krüger, 2018) si no se consideran intervenciones explícitas.

En cuanto al nivel de motivación, ningún estudiante seleccionó los dos niveles más bajos. Un 25% marcó nivel *medio*, 33.3% *bastante* y 41.7% *mucho*. La Figura 4 muestra los factores que indicó el alumnado como influyentes en su motivación (Moreno et al., 2009). El factor más relevante es la utilidad y el valor de lo aprendido, lo que sugiere, desde su perspectiva, una valoración positiva de la secuencia desarrollada y del abordaje de la NDC a través de la indagación y la modelización. Tras este factor, destaca otro relacionado con la satisfacción, como es el cumplimiento de sus expectativas, junto a otros factores más personales como el interés y la labor del docente. Además, ningún estudiante señaló haber tenido dificultades reseñables durante la tarea, poniendo de nuevo de relieve que la secuencia y la labor del docente facilitaron el andamiaje en las actividades. Si se separan los factores indicados por niveles de motivación, es interesante que la motivación más alta ocurre cuando todos los factores clave están presentes: interés, utilidad y valor, diversión, docente, expectativas cumplidas (todos marcados por el 100% de este alumnado) y actitud positiva (80%). Estos factores también destacan en el grupo que marca *bastante*, aunque en menor medida (entre 50 y 75%, solo todos en el caso del interés). Por último, en el nivel *medio* sí perciben utilidad y el valor de lo aprendido y se cumplen sus expectativas (ambos

con el 100%), pero disminuyen de forma clara su interés y la diversión (33%). En todo caso, la muestra es reducida para extraer conclusiones generales de estos resultados por niveles.

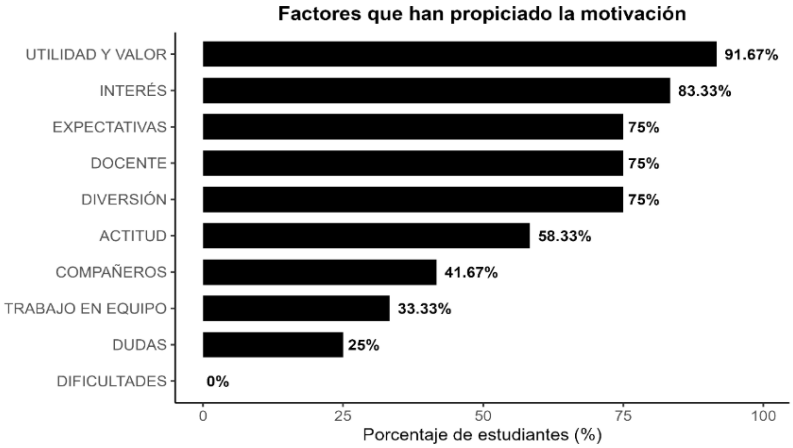


Figura 4. Factores que influyen en la motivación del alumnado.

Por último, se explora la relación entre metacognición y motivación. Primero se calcula la ganancia media en el KPSI de todos los ítems para cada estudiante (ΔKPSI). A continuación, se calcula la media de ΔKPSI para aquellos que sí marcaron cada uno de los factores motivacionales del estudio. La Figura 5 resume los resultados. La labor del docente y el interés aparecen como los factores más ligados a la mejora en la autopercepción de conocimiento. Por el contrario, haber tenido dudas se asocia menos a una mejora en el KPSI, si bien tampoco resulta ser un obstáculo para que se logre una mejora relevante al haber otros factores en juego.

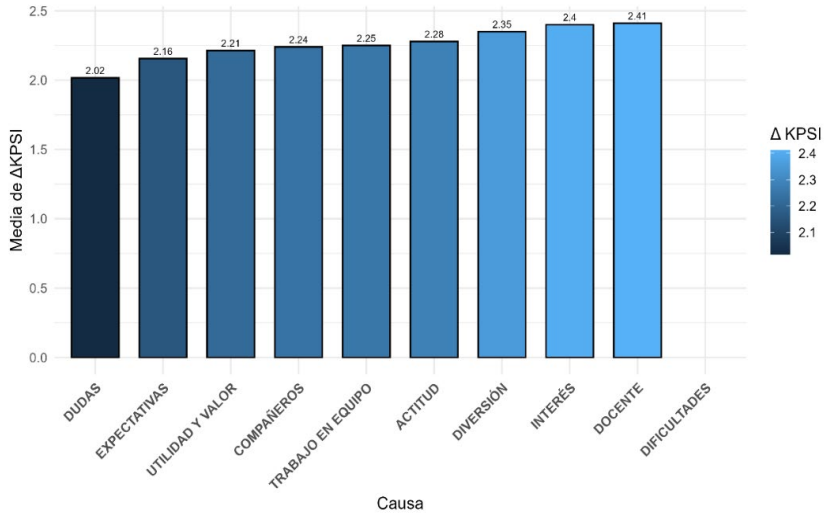


Figura 5. Media de las Ganancia promedio en el KPSI por factores influyentes en la motivación.

CONCLUSIONES

En este trabajo se muestra que una secuencia elaborada para abordar aspectos de Naturaleza de la Ciencia desde la indagación y la modelización permite afrontar aspectos complejos sobre cómo se genera, evoluciona, demarca y valida el conocimiento científico, logrando fomentar altos niveles de metacognición y motivación del alumnado. A nivel metacognitivo, el alumnado muestra mejoras significativas y fuertes en todas las dimensiones analizadas: indagación, modelización, análisis de pseudociencias y aspectos generales sobre NDC. Estas mejoras además alcanzan a todo el alumnado del programa de altas capacidades. Entre los aspectos motivacionales, el alumnado destaca como factores más influyentes la utilidad y valor de lo aprendido y el interés, aspectos que ponen de manifiesto que el alumnado puede apreciar e interesarse en estos contenidos no habituales en la formación científica

(Acevedo-Díaz et al., 2018) que, por otro lado, resultan tan necesarios en la actualidad. Tras estos elementos, destacan sus expectativas cumplidas, la diversión y la labor del docente. Además, estos aspectos emergen como elementos clave en la ganancia de la autopercepción de conocimiento.

La secuencia fue elaborada para alumnado de 2º de la E.S.O. Sin embargo, en este caso ha mostrado su adaptabilidad a un contexto diferente como es un programa para alumnado de altas capacidades extraescolar, así como para otro grupo de edad (desde 11 a 13 años). Se espera poder ampliar la muestra, principal limitante del estudio, así como profundizar en el desarrollo cognitivo y competencial durante la secuencia, analizando también las emociones percibidas durante la misma y la interacción entre estos aspectos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto SBPLY/23/180225/000129, cofinanciado por la Agencia de Investigación e Innovación de Castilla-La Mancha y la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional. También ha sido realizado bajo el proyecto PROCUSTO PID2023-150682NA-I00 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE. Los autores quieren agradecer al equipo directivo del Colegio Sagrado Corazón de Guadalajara por su apoyo en la implementación de esta experiencia, así como al alumnado participante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., & Aragón Méndez, M. D. M. (2018). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia: resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica*. OEI.

Fernández-Toledano, R., Rodríguez-Arteche, I., González-Herrera, M., & Ros, G. (2025). Revisión de protocolos de una secuencia de indagación basada en modelos sobre Naturaleza de la Ciencia. En *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025: Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática* (pp. 2431-2434). Universitat de València.

Gogolin, S., & Krüger D. Students' understanding of the nature and purpose of models. *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(9), 1313–1338. https://doi.org/10.1002/tea.21453

Hosson, C., & Décamp, N. (2014). Using Ancient Chinese and Greek astronomical data: A training sequence in elementary astronomy for pre-service primary school teachers. *Science & Education, 23*(4), 809–827.

Márquez-Fernández, M., Ametller, J., Jiménez-Liso, M. R. y López-Gay, R. Exploring undergraduate students' emotions and learning self-perceptions in connection with different types of instructional approaches in the context of daytime astronomy. *Science & Education* (2025). https://doi.org/10.1007/s11191-025-00703-7

Moreno, J. A., González-Cutre, D., & Chillón, M. (2009). Preliminary validation in Spanish of a scale designed to measure motivation in physical education classes: The perceived locus of causality (PLOC) scale. *Spanish Journal of Psychology, 12*, 327–337. https://doi.org/10.1017/S1138741600001724

Oliva, J. M., & Blanco, Á. (2023). Rasch analysis and validity of the construct understanding of the nature of models in Spanish-speaking students. *European Journal of Science and Mathematics Education, 11*(2), 344–359. https://doi.org/10.30935/scimath/12651

Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1978). An analysis of laboratory inquiries in the BSCS yellow version. *American Biology Teacher, 40*(6), 353–357. https://doi.org/10.2307/4446267

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education, 92*(5), 941–967. https://doi.org/10.1002/sce. 20259

Prácticas docentes para la modelización científica escolar: aproximación progresiva a la enseñanza modelizadora

Ainoa Marzabal[1], Franklin Manrique[2] y Digna Couso[3]

[1] Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

[2] Facultad de Química y de Biología, Universidad de Santiago de Chile, Chile

[3] Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona, España

* Correspondencia: amarzabal@uc.cl

RESUMEN: En los últimos años, la modelización científica escolar ha ganado relevancia como práctica epistémica central en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, su implementación en las aulas continúa siendo limitada y, con frecuencia, reducida a actividades ilustrativas que ignoran su dimensión epistémica. Esta comunicación presenta un marco orientador para el desarrollo progresivo de prácticas docentes modelizadoras, articulado en torno a cuatro niveles de autonomía epistémica que describen cómo se redistribuyen las responsabilidades entre profesorado y alumnado a lo largo del ciclo de modelización. El marco se fundamenta en tres principios orientadores: el diseño de tareas con potencial modelizador, la gestión de conversaciones que sostengan la expresión y revisión de modelos, y la provisión de andamiajes epistémicos que permitan avanzar hacia modelos más sofisticados. Los cuatro niveles propuestos —conducción docente, enseñanza guiada, facilitación epistémica y acompañamiento hacia la autonomía— permiten describir configuraciones didácticamente apropiadas según la experiencia de docentes y estudiantes, evitando concepciones dicotómicas sobre la presencia o ausencia de modelización. El marco constituye una herramienta analítica y formativa para comprender, planificar y acompañar la emergencia de prácticas docentes orientadas a la modelización científica escolar, y abre una agenda de investigación orientada a su refinamiento empírico en contextos educativos diversos.

PALABRAS CLAVE: modelización científica escolar; prácticas docentes; autonomía epistémica; aproximación progresiva

ABSTRACT: In recent years, school science modelling has gained relevance as a central epistemic practice in science education. However, its implementation in classrooms remains limited and, frequently, reduced to illustrative activities that ignore its epistemic dimension. This paper presents a guiding framework for the progressive development of modelling-oriented teaching practices, articulated around four levels of epistemic autonomy that describe how responsibilities are redistributed between teachers and students throughout the modelling cycle. The framework is grounded in three guiding principles: designing tasks with modelling potential, managing conversations that sustain the expression and revision of models, and providing epistemic scaffolding to advance towards more sophisticated models. The four proposed levels—teacher-led modelling, guided instruction, epistemic facilitation, and accompaniment towards autonomy—allow describing didactically appropriate configurations based on the experience of teachers and students, avoiding dichotomous conceptions about the presence or absence of modelling. The framework constitutes an analytical and formative tool for understanding, planning, and supporting the emergence of modelling-oriented teaching practices in school science, and opens a research agenda oriented towards its empirical refinement in diverse educational contexts.

KEYWORDS: school science modelling; teaching practices; epistemic autonomy; progressive approach

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las políticas educativas y la investigación en didáctica de las ciencias han convergido en la necesidad de orientar la enseñanza hacia el involucramiento de los estudiantes en prácticas epistémicas auténticas. Entre ellas, la indagación, la argumentación y la modelización se han consolidado como prácticas centrales para promover el aprendizaje de ideas clave de la ciencia y favorecer formas de pensar, actuar y comunicar propias de la actividad científica (Erduran et al., 2017).

Sin embargo, la presencia de estas prácticas en el aula es desigual. La indagación científica cuenta con marcos operativos ampliamente difundidos que orientan la transferencia progresiva de responsabilidad al alumnado. En contraste, la modelización científica escolar presenta una menor articulación curricular y didáctica, y su presencia en las aulas es limitada, reduciéndose con frecuencia a actividades ilustrativas que dejan en segundo plano su carácter epistémico (Acher, 2014; Marzabal et al., 2024).

Ampliar la presencia de la modelización no depende solo de reconocer su valor epistémico, sino de acompañar al profesorado en el desafío de incorporarla progresivamente. Muchos docentes están interesados en enseñar mediante modelización, pero disponen de escasos ejemplos y orientaciones concretas (Justi & van Driel, 2006; Nielsen, 2021). En este marco, la presente comunicación propone un marco orientador que apoya el desarrollo progresivo de prácticas docentes modelizadoras, ofreciendo al profesorado criterios didácticos para avanzar paso a paso hacia formas más epistémicamente ricas de enseñanza.

LA MODELIZACIÓN CIENTÍFICA ESCOLAR COMO PRÁCTICA EPISTÉMICA

Modelizar implica generar, utilizar, evaluar y revisar representaciones funcionales de fenómenos, que permiten razonar mediante estructuras causales, supuestos teóricos y criterios de validez epistémica (Giere, 2004). Desde esta perspectiva, aprender ciencias supone participar en procesos de representación y revisión, más que acceder a definiciones o interpretaciones acabadas.

La modelización se distingue de otras prácticas epistémicas por su función como herramienta para interpretar fenómenos. Los modelos se construyen y utilizan para pensar sobre determinados aspectos de un fenómeno, poner en juego explicaciones posibles y revisarlas de acuerdo con los propósitos de aprendizaje (Knuuttila, 2021). Modelizar no es ilustrar un fenómeno, sino deliberar sobre cómo interpretarlo y representarlo, asumiendo grados crecientes de responsabilidad epistémica.

La literatura reciente ha identificado tres dimensiones didácticas clave para sostener la modelización en el aula (Cortés-Morales y Marzabal, 2025): (a) el diseño de tareas con potencial modelizador, que plantean fenómenos contextualizados y preguntas abiertas cuya resolución demanda movilizar prácticas científicas; (b) la gestión del discurso en el aula, orientada a la expresión, comparación y revisión de ideas; y (c) el andamiaje epistémico, que orienta la toma de decisiones sobre los elementos, relaciones y criterios que estructuran el modelo. Estas dimensiones constituyen condiciones para habilitar la participación epistémica del estudiantado en procesos de modelización.

DIFICULTADES PARA LA ENSEÑANZA DE LA MODELIZACIÓN

La implementación de la modelización en el aula continúa siendo limitada, a pesar de su creciente presencia en los discursos curriculares (Windschitl, 2020). Esta brecha responde a un conjunto articulado de factores que atraviesan las concepciones docentes, la organización curricular y las dinámicas discursivas habituales.

Un primer aspecto es la distancia entre las aspiraciones del currículo y las condiciones para llevarlas a la práctica. Aunque documentos internacionales destacan la importancia de que los estudiantes construyan y revisen modelos (NRC, 2012), estas orientaciones rara vez vienen acompañadas de criterios didácticos que ayuden a traducirlas en decisiones concretas de enseñanza. En ausencia de dichos criterios, la modelización suele adoptar formas simplificadas centradas en el uso de modelos predefinidos o en su función ilustrativa (Carroll y Park, 2024).

A ello se suma la persistencia de concepciones restringidas sobre qué significa modelizar. Cuando los modelos se entienden principalmente como representaciones acabadas que deben ser comunicadas, resulta difícil reconocer el valor epistémico de involucrar a los estudiantes en su elaboración. Esta comprensión parcial invisibiliza la dimensión procesual de la modelización y dificulta su incorporación como actividad central (Lin y Puntambekar, 2025).

Finalmente, la ausencia de marcos sistemáticos sobre cómo progresa la enseñanza modelizadora genera incertidumbre en el profesorado respecto a qué expectativas son razonables según el nivel o la experiencia de docentes y estudiantes. Si bien existen aportes relevantes —como los ciclos de modelización propuestos en la literatura—, estos se han centrado principalmente en describir las fases del proceso o los desempeños esperados del alumnado, ofreciendo orientaciones más limitadas sobre cómo apoyar su implementación efectiva en el aula (Garrido & Couso, 2025).

PRINCIPIOS ORIENTADORES PARA LA ENSEÑANZA MODELIZADORA

4.1. Diseñar tareas con potencial modelizador

Las tareas con potencial modelizador requieren tres decisiones de diseño interdependientes (Cortés-Morales & Marzabal, 2025). En primer lugar, deben formular una pregunta abierta que admita un rango amplio de respuestas y estrategias de resolución no rutinarias, creando condiciones para que el alumnado exprese, compare y ajuste sus ideas. En segundo lugar, la demanda debe situarse en un contexto fenomenológico explícito —un sistema empírico concreto, de la ciencia escolar o de la vida cotidiana— que resulte interpretable para los estudiantes y permita articular el modelo de referencia con sus saberes previos. En tercer lugar, toda tarea modelizadora debe activar explícitamente una práctica científica determinada —describir, explicar, predecir, evaluar— que oriente el tipo de razonamiento epistémico esperado. Estos tres criterios no garantizan por sí mismos procesos de modelización complejos, pero sí establecen las condiciones para que las tareas puedan desencadenarlos.

4.2. Gestionar conversaciones que sostengan la expresión y revisión de modelos

La modelización se despliega fundamentalmente a través de procesos discursivos que posibilitan la explicitación, comparación y revisión de ideas. El rol docente no puede reducirse a moderar turnos de palabra ni a validar respuestas correctas; implica actuar como mediador epistémico, orientando la conversación hacia decisiones propias del trabajo con modelos: qué elementos se representan, qué relaciones causales se establecen y bajo qué criterios se evalúa la adecuación del modelo (Michaels & O'Connor, 2015).

Estudios recientes muestran que las conversaciones productivas emergen como episodios de alto valor epistémico en los que circulan ideas que permiten reorientar o revisar el modelo en construcción (Cortés-Morales et al., 2025). La función docente consiste, en gran parte, en reconocer estos momentos y sostenerlos mediante intervenciones oportunas que impulsen el avance conceptual del grupo. A medida que el estudiantado desarrolla mayor autonomía, el foco del diálogo se desplaza desde la estructuración inicial de ideas hacia la comparación de modelos y la discusión de criterios de adecuación.

4.3. Proveer andamiajes epistémicos para avanzar hacia modelos más sofisticados

Los andamiajes epistémicos son apoyos diseñados para fortalecer tanto la comprensión como el desempeño epistémico de los estudiantes en prácticas de modelización, permitiéndoles alcanzar niveles de sofisticación que no podrían lograr de manera autónoma (Barzilai & Chinn, 2018; Lin & Puntambekar, 2025). En los niveles iniciales, este tipo de apoyo puede focalizarse en delimitar el sistema que se va a modelizar, identificar elementos esenciales o plantear preguntas orientadoras que ayuden a organizar la representación. Conforme los estudiantes avanzan en autonomía, el andamiaje se orienta a la evaluación comparada entre modelos, al análisis de limitaciones y a la integración de evidencia para justificar revisiones (Lehrer & Schauble, 2006).

El carácter dinámico del andamiaje es clave para promover el tránsito hacia formas más autónomas de

participación. La retirada progresiva del apoyo no implica ausencia de guía, sino una transformación hacia intervenciones más abiertas que invitan a los estudiantes a tomar decisiones epistémicas con mayor agencia (McNeill & Krajcik, 2009). Así entendido, el andamiaje epistémico funciona como un mecanismo central para diferenciar los niveles de participación en la modelización y sostener el desarrollo de modelos cada vez más sofisticados, justificados y transferibles.

UN MARCO ORIENTADOR PARA LA APROXIMACIÓN PROGRESIVA A LA ENSEÑANZA MODELIZADORA

Sobre la base de los principios orientadores propuestos, sugerimos un marco compuesto por cuatro niveles de participación que describen cómo progresan las responsabilidades epistémicas entre profesorado y alumnado a lo largo del ciclo de modelización. Su propósito es ofrecer una herramienta analítica y orientadora para comprender, planificar y evaluar la emergencia de prácticas docentes modelizadoras.

Nivel 0. Conducción docente del proceso modelizador

La agencia epistémica se concentra en el profesorado, quien conduce la totalidad del proceso. El modelo se presenta como un objeto acabado cuyo propósito principal es ilustrar un fenómeno o consolidar una explicación ya construida, sin que el estudiantado participe en las decisiones epistémicas implicadas en su formulación. Desde el punto de vista de las prácticas docentes, predominan acciones centradas en la transmisión del modelo de referencia y en la aplicación procedimental de sus representaciones. Aun cuando en este nivel no se produce modelización en sentido epistémico estricto, su presencia puede ser didácticamente relevante como punto de partida que introduce referentes compartidos y cumple una función preparatoria que facilita la progresión hacia formas más abiertas.

Nivel 1. Enseñanza guiada de la construcción del modelo

La agencia epistémica comienza a redistribuirse. La enseñanza se estructura a partir de una situación problemática con potencial modelizador que hace explícita la necesidad del modelo y orienta la construcción de representaciones iniciales. El profesorado promueve la expresión de ideas del alumnado mediante apoyos estructurados —organizadores gráficos, esquemas guiados, plantillas de representación— que delimitan el foco del fenómeno y orientan la representación hacia los elementos más relevantes (Reiser, 2018). El docente actúa como mediador epistémico y discursivo, sosteniendo la coherencia de la representación grupal. Los estudiantes comienzan a reconocer que los modelos son construcciones interpretativas, estableciendo las bases para avanzar hacia formas de participación más autónomas.

Nivel 2. Facilitación docente de la construcción y la revisión epistémica del modelo

La agencia epistémica se distribuye de manera más equilibrada entre profesorado y estudiantado. La enseñanza se orienta hacia la evaluación y revisión deliberada del modelo, incorporando actividades de contraste, justificación y análisis crítico que requieren explicitar los criterios que sustentan las decisiones interpretativas. Las intervenciones docentes se dirigen a visibilizar los criterios de adecuación del modelo —coherencia interna, consistencia con la evidencia, alcance explicativo— y a promover que el alumnado los utilice para fundamentar sus revisiones (Schwarz et al., 2009). La responsabilidad epistémica deja de estar concentrada en el docente: los estudiantes participan activamente en la revisión del conocimiento, defendiendo sus ideas con base en criterios compartidos y reconociendo la naturaleza provisional de los modelos.

Nivel 3. Acompañamiento docente hacia la autonomía epistémica

La agencia epistémica se desplaza sustantivamente hacia el estudiantado, que asume la responsabilidad principal en la construcción, evaluación y revisión de los modelos. El proceso de modelización adquiere un carácter reflexivo y autorregulado: el alumnado contrasta explicaciones, valora la coherencia interna y el alcance explicativo de las representaciones, y las revisiones emergen principalmente de la interacción

entre estudiantes, sustentadas en criterios compartidos (Berland & Hammer, 2012). El rol docente se transforma en el de un acompañante epistémico que interviene de manera flexible y contingente, planteando preguntas abiertas o introduciendo nuevas evidencias, sin dirigir las decisiones epistémicas ni anticipar sus resultados (McNeill & Krajcik, 2009). La aplicación del modelo en contextos novedosos constituye un indicador clave de la autonomía epistémica alcanzada.

IMPLICACIONES Y PROYECCIONES DEL MARCO PROPUESTO

El marco propuesto desplaza la mirada desde concepciones dicotómicas —en las que la modelización está presente o ausente— hacia una comprensión progresiva de la enseñanza modelizadora, en la que el avance se reconoce en la transformación de la responsabilidad epistémica que asume el estudiantado. A diferencia de otros enfoques donde la progresión se asocia a la autonomía en decisiones de diseño experimental, esta propuesta sostiene que en la modelización lo que se transforma es la participación de los estudiantes en decisiones epistémicas: en qué medida contribuyen a la construcción, uso y revisión de modelos que permiten interpretar la realidad.

Un aspecto central es que en todos los niveles descritos se produce modelización, aunque con distintos grados de apertura y participación epistémica. Los niveles no representan versiones incompletas o deficitarias, sino configuraciones didácticamente apropiadas en función de la experiencia previa de docentes y estudiantes y de las condiciones del contexto educativo. Pretender implementar formas altamente abiertas de modelización sin que existan referentes compartidos ni experiencia previa puede resultar contraproducente, generando desorientación en lugar de participación epistémica genuina.

El marco abre, asimismo, una agenda de investigación orientada a profundizar en cómo se configuran y transforman las prácticas docentes asociadas a la modelización científica escolar. En tanto propuesta de carácter teórico, estamos sometiendo este marco a procesos de refinamiento empírico que permitirán examinar su pertinencia, sus alcances y sus tensiones en contextos educativos diversos. Esperamos en los encuentros presentar este marco, así como las primeras experiencias de implementación en aulas escolares de Química, para orientar su refinamiento. Así mismo, entendemos el espacio de los encuentros como una oportunidad para asumir colectivamente el desafío de instalar la modelización como enfoque didáctico de forma consistente y perdurable en las aulas de ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acher, A. (2014). The role of models and modelling in science education. *Science & Education*, 23(4), 873–894.

Barzilai, S., & Chinn, C. A. (2018). On the goals of epistemic education: Promoting apt epistemic performance. *Journal of the Learning Sciences*, 27(3), 353–389.

Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68–94.

Carroll, G., & Park, S. (2024). Towards expansive model-based teaching: A systematic synthesis of modelling pedagogies in science education literature. *Studies in Science Education*, 1–39.

Cortés-Morales, A., & Marzabal, A. (2025). The design of science teaching and learning tasks with modelling potential. *Studies in Science Education*, 1-29.

Cortés-Morales, A., Marzabal, A., & Couso, D. (2025). Dialogical modelling processes: conversations for the social construction of scientific models in the science classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, *26*(4), 867-883.

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2017). Beyond understanding scientific knowledge: Epistemic practices in science education. *Science Education*, 101(4), 529–556.

Garrido, A., & Couso, D. (2025). The IPM cycle: An instructional tool for promoting students' engagement in modeling practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 62(2), 391–425.

Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742–752.

Justi, R., & van Driel, J. (2006). The use of the interconnected model of teacher professional growth for understanding changes in two chemistry teachers' knowledge on models and modelling. *Teaching and Teacher Education*, 22(4), 437–450.

Knuuttila, T. (2021). Epistemic artifacts and the modal dimension of modeling. *European Journal for Philosophy of Science*, 11(3), 65.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2006). Scientific thinking and scientific literacy: Supporting development in learning contexts. En K. A. Renninger & I. E. Sigel (Eds.), *Handbook of child psychology* (pp. 153–196). Wiley.

Lin, F., & Puntambekar, S. (2025). Epistemic scaffolding: Understanding and designing the support for epistemic growth in science. *International Journal of Science Education*, 47(6), 769-793.

Marzábal, A., Delgado, V., Moreira, P., Merino, C., Cabello, V. M., Manrique, F., & Izquierdo, D. (2021). Los modelos materia, reacción química y termodinámica como núcleos estructurantes de una química escolar orientada a la formación ciudadana. *Educación Química*, 32(4), 109–126.

Marzabal, A., Merino, C., Soto, M., & Cortés, A. (2024). Modeling-based science education. In *Rethinking science education in Latin-America: Diversity and equity for Latin American students in science education* (pp. 245-261). Cham: Springer Nature Switzerland.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2009). Synergy between teacher practices and student learning of scientific explanations. En J. L. Green et al. (Eds.), *Learning in and out of school in diverse environments* (pp. 43–65). Routledge.

Michaels, S., & O'Connor, C. (2015). *Conceptualizing talk moves as tools: Professional development approaches for academically productive discussion*. National Academy of Education.

Nielsen, S. (2021). Teachers' learning progressions for modelling-based science instruction. *Science Education*, 105(3), 544–570.

NRC (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

Reiser, B. J. (2018). How can we make scaffolding more adaptive? *Instructional Science*, 46(1), 1–10.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modelling. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2020). *Ambitious science teaching*. Harvard Education Press.

LÍNEA TEMÁTICA 4

FORMACIÓN DEL PROFESORADO Y DESARROLLO PROFESIONAL EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Investigaciones centradas en la formación inicial y continua del profesorado, el desarrollo de competencias docentes para la enseñanza de las ciencias, así como el análisis de creencias, prácticas, emociones o identidades profesionales.

El imaginario docente sobre la enseñanza de las ciencias en Educación Infantil antes de cursar una asignatura sobre didáctica de las ciencias

Guiomar Calvo Sevillano[1*], *Pedro Lucha López*[1], *Javier Martínez Aznar*[1], *Ángel de Frutos Tena*[1]

[1] Departamento de Didácticas Específicas, Facultad de Educación, IUCA, Universidad de Zaragoza, España

*Correspondencia: gcalvose@unizar.es

RESUMEN: En este estudio se ha querido conocer cómo se imagina el alumnado del Grado de Magisterio de Educación Infantil impartiendo una clase de ciencias. Para ello, se les pidió, antes de cursar una asignatura de didáctica de las ciencias, que realizasen un dibujo en el que reflejasen dicha situación. Se ha visto que en el imaginario docente predominan los modelos de una clase de ciencias centrada en el profesorado (76%), que transcurre en el interior de un aula, en la que se dan explicaciones con apoyos visuales (pizarras, presentaciones…) mientras el alumnado, agrupado de forma homogénea, escucha. Aun así, elementos habituales de las aulas como mesas o pupitres no suelen estar presentes. Por último, en el caso de los dibujos que transcurren fuera del aula (35,6%), el alumnado suele tener acceso a diversos elementos naturales, aunque rara vez aparecen empleando instrumentos característicos de la enseñanza de las ciencias al aire libre.

PALABRAS CLAVE: profesorado en formación inicial; Educación Infantil; modelos docentes; enseñanza de las ciencias

ABSTRACT: In this study, the aim was to explore how pre-service Early Childhood Education teachers envision themselves teaching a science lesson. To this end, prior to taking a science education course, participants were asked to represent themselves teaching a science class. The results show that teacher-centered models predominate in their representations (76%). These depictions typically take place inside a classroom, where explanations are delivered using visual supports (e.g., blackboards, presentations), while students—grouped homogeneously—listen. Nevertheless, common classroom elements such as tables or desks are often absent from these drawings. Finally, in those representations that occur outside the classroom (35.6%), students are usually depicted as having access to various natural elements, although they rarely appear using tools characteristic of outdoor science education.

KEYWORDS: pre-service teachers; early childhood education; teaching models; science teaching

INTRODUCCIÓN

En la formación docente es importante abordar las experiencias previas y las creencias del alumnado en lo que respecta a cómo son o cómo se imaginan las clases de ciencias, ya que puede influir de manera significativa en su futura labor profesional (Ambusaidi y Al-Balushi, 2012; Azam y Menon, 2021). Estas ideas son más maleables durante los años de formación inicial y pueden verse condicionadas por diversos factores, como el género o incluso el nivel en el que tienen previsto impartir clases (Decker y Rimm-Kaufman, 2008).

En lo que respecta al profesorado de Educación Infantil tiende, en general, a otorgar menor atención a las ciencias en comparación con otros ámbitos, a menudo debido a una falta de confianza y la escasez de recursos disponibles (Gerde et al., 2013). Por este motivo, en este trabajo se quiere conocer: 1) cuál es el modelo de docencia de ciencia que predomina entre el alumnado del Grado de Magisterio de Educación Infantil antes de cursar una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales y 2) qué elementos asocian con mayor frecuencia a una clase de ciencias en este nivel educativo.

MÉTODOLOGÍA Y PARTICIPANTES

Se ha empleado el análisis de contenido, codificando representaciones gráficas elaboradas por el alumnado del Grado de Magisterio en Educación Infantil (GMEI), utilizando una herramienta basada en Thomas et al. (2001), que incluye trece elementos diferentes y que permite registrar la presencia o ausencia de determinados aspectos relacionados con la docencia en una clase de ciencias. Estos elementos están relacionados con distintos aspectos de la enseñanza de las ciencias, abarcando desde la relación que existe entre el profesorado y el alumnado, la disposición del alumnado, el acceso a elementos y/o herramientas científicas o las tareas que están realizando.

En la Tabla 1 se puede ver el listado de elementos empleados para codificar los dibujos. Hay tres grandes categorías (profesorado, alumnado y entorno) que se dividen a su vez en diferentes subcategorías. En el caso de la categoría entorno, hay dos divisiones que corresponden a si la situación dibujada tiene lugar en el interior de un aula o laboratorio (A) o en el exterior (B); solamente debe usarse una de ellas. Si cada subcategoría se cumple, o si lo que indica la descripción representa la situación dibujada, se le asigna una puntuación de 1. Por tanto, cada dibujo puede obtener una puntuación de entre 0 y 13. La puntuación final permite vincular el valor obtenido con distintos modelos docentes: puntuaciones de 0 a 4 corresponderían con situaciones centradas en el alumnado, de 7 a 13 estarían centradas en el profesorado, y puntuaciones de 5 a 6 se considerarían situaciones intermedias o neutras (Thomas et al., 2001; Al-Balushi et al., 2020; Schumacher & Wilde, 2021).

Tabla 1. Elementos analizados en cada dibujo. Herramienta modificada a partir de Thomas et al. (2001).

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
1. Profesorado	Actividad	1. Llevando a cabo experimentos o una actividad demostrativa
		2. Impartiendo clases/dando instrucciones
		3. Empleando apoyos visuales
	Posición	4. En el centro o claramente liderando al grupo
		5. De pie o distante
2. Alumnado	Actividad	6. Mirando o escuchando (o eso se puede deducir del comportamiento del profesorado)
		7. Respondiendo a las preguntas del docente oralmente o por escrito
	Disposición	8. Dispuestos de manera homogénea
3. Entorno (solo A o B)	A. Interior (aula o laboratorio)	9a. Las mesas están organizadas en una o más filas
		10a. La mesa del profesorado está situada en la zona frontal
		11a. Ausencia de material científico o de elementos naturales en las mesas del alumnado
		12a. Presencia de símbolos de enseñanza
		13a. Ausencia de material adicional o de elementos naturales alrededor del alumnado
	B. Exterior	9b. Entorno expositivo o itinerario señalizado.
		10b. Ausencia de elementos o instrumentos característicos del aprendizaje científico al aire libre
		11b. Heterogeneidad instrumental
		12b. Presencia de símbolos de enseñanza
		13b. Ausencia de elementos naturales alrededor del alumnado

El primer día de clase de la asignatura *Didáctica de las ciencias de la naturaleza* (2º curso, 2º semestre), en el curso 2023/24 (n=118), 24/25 (n=112) y 25/26 (n=112), se les solicitó que realizasen un dibujo en el que se representasen a sí mismos/as impartiendo una clase de ciencias en Educación Infantil. Además del dibujo tenían que responder a tres preguntas sobre qué están haciendo (como docentes) en el dibujo, qué está haciendo el alumnado y cuál es el objetivo de la situación representada.

Se recogieron un total de 233 dibujos, 88,5% realizados por mujeres y 11,5% por hombres. Cuatro dibujos se tuvieron que descartar, al no representar una clase de ciencias, y otros dos, al representarse dos situaciones diferentes, se analizaron por separado.

Para reducir la subjetividad inherente a la interpretación, cada uno de los dibujos fue analizado por dos personas diferentes. En caso de existir desacuerdos, se revisaron las puntuaciones y se llegó a un consenso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo docente

En la Figura 1 se puede ver un resumen de las puntuaciones obtenidas por los dibujos realizados por el alumnado del Grado de Magisterio de Educación Infantil, el primer día de clase de una asignatura relacionada con la didáctica de las ciencias, de los cursos 23/24, 24/25 y 25/26.

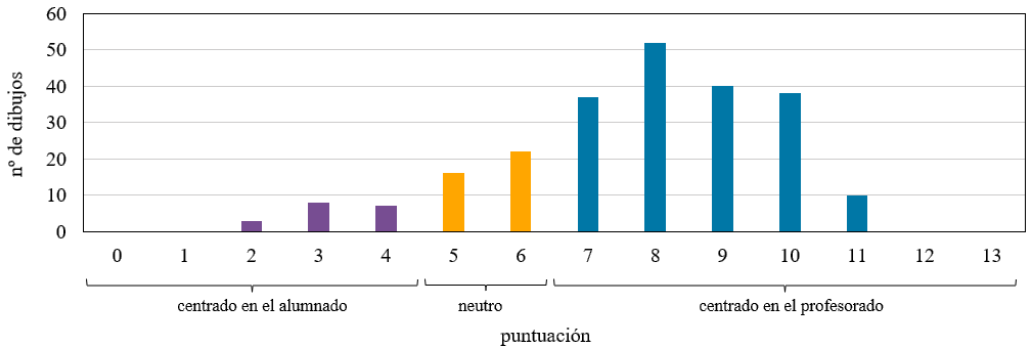


Figura 1. Distribución de las puntuaciones obtenidas por los dibujos del alumnado del GMEI.

La puntuación media obtenida por los dibujos es de 7,70 (Desviación Estándar: 2,02). Se puede ver que las situaciones que dibuja el alumnado del GMEI están centradas predominantemente en el profesorado, siendo mayoritarias las puntuaciones de 7 a 13, representando casi el 76 % del total. En el caso de aquellos centrados en el alumnado, con puntuaciones de 0 a 4, representan el 7,7%. Estos resultados coindicen con los de otros estudios, es los que también quedaba patente este predominio (Ambusaidi & Al-Balushi, 2012; Akkus, 2013; Calvo, 2023).

En la Figura 2 se muestran ejemplos de cada uno de los tres modelos docentes cuando la situación transcurre en el interior de un aula, y la puntuación obtenida por cada dibujo.

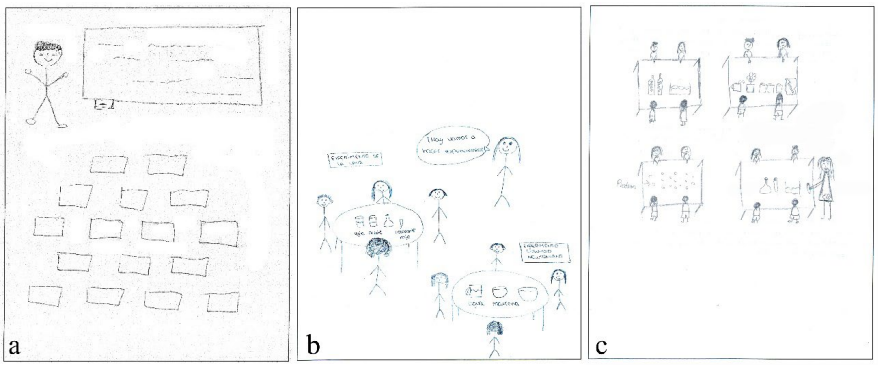


Figura 2. Dibujos que transcurren en el interior de un aula o laboratorio. Izquierda: dibujo centrado en el profesorado (puntuación 10); centro: dibujo neutro (5); derecha: dibujo centrado en el alumnado (2).

En el caso de las clases de ciencias que se llevan a cabo dentro del aula, el dibujo de la izquierda (Figura 2a) aparece el docente impartiendo clases, aunque el alumnado no está dibujado se supone que está en su pupitre y la persona que ha hecho el dibujo dice que está "atendiendo a las explicaciones". En el dibujo central (Figura 2b), la docente dice "hoy vamos a hacer experimentos" y se ve al alumnado trabajando en grupo realizando dos actividades diferentes. En la explicación, esta persona indica que "les explico a los niños los pasos a seguir para el experimento y les acompaño en el proceso" mientras el alumnado "escucha los pasos para hacer los experimentos y esperar a que les ayude a hacerlo". A pesar de que la descripción parece coincidir con el modelo de docencia centrado en el profesorado, la falta de determinados elementos en el dibujo (la mesa del docente, pizarra, apoyos visuales…) o el hecho de que el alumnado esté distribuido en grupos hace que corresponda a un modelo intermedio. Por último, en el tercer dibujo (Figura 2c), que correspondería al modelo centrado en el alumnado, indica que "estoy supervisando la experimentación de mis alumnas con diferentes materiales", mientras que el alumnado "está experimentando en diferentes estaciones".

En aquellos dibujos en los que la situación transcurre fuera del aula (Figura 3), cuando está centrada en el profesorado (Figura 3a), se describen "explicando las estaciones del año", destacando la inclusión de elementos habituales de un aula, como la pizarra. En el modelo es neutro, el profesorado "explica diferentes elementos naturales mientras (el alumnado) los identifica", y los objetivos, en este caso, son: "identificar los elementos y conocerlos, además de divertirse en el entorno para crear un vínculo con él, fomentando así el respeto hacia el medio" (Figura 3b). En cambio, si está centrada en el alumnado, se ve cómo está interactuando activamente con el medio, observando distintos elementos y/o seres vivos, siendo el objetivo "que los niños/as puedan observar y explorar de forma libre la naturaleza" (Figura 3c).

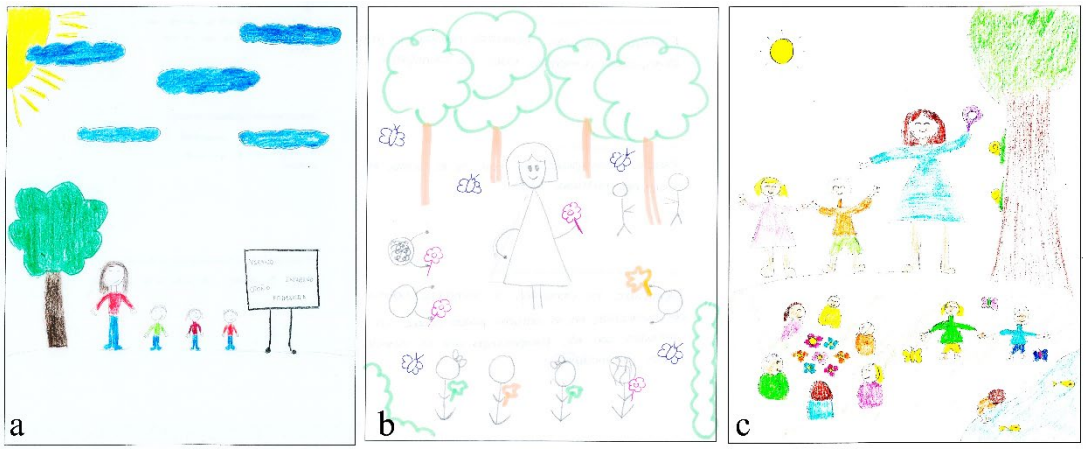


Figura 3. Dibujos que transcurren en el exterior. Izquierda: dibujo centrado en el profesorado (puntuación 11); centro: dibujo neutro (6); derecha: dibujo centrado en el alumnado (3).

Las situaciones representadas que transcurren en el interior de un aula suponen un 64,4% del total de los dibujos recogidos. Esta cifra contrasta considerablemente con otros estudios en los que este valor es muy superior, como en Turkmen Unver (2018), donde de los 128 participantes ninguno dibujó una situación fuera del aula, o en Kaylon (2020), donde solo lo hizo un 4%. Esta diferencia podría deberse a que, en España, en distintos niveles educativos se realizan salidas al medio. Por ejemplo, el 80% de los maestros y maestras de Educación Primaria dicen salir dos o más veces por curso (Lucha López et al., 2022). Esto hace que sea más probable que el alumnado del GMEI recuerde dichas experiencias.

Elementos predominantes

En lo que respecta a los elementos presentes en la Tabla 1, aproximadamente 4 de cada 5 personas se dibujan dando explicaciones, situadas en el centro y de pie o alejadas del alumnado (elementos 2, 4 y 5) (Figura 2). También prevalece la disposición homogénea del alumnado (de pie o sentados formando un único grupo, alrededor de una única mesa…) (8) y el uso de apoyos visuales por parte del

docente (pizarras, presentaciones, pantallas digitales) (3). En cambio, es poco frecuente que se muestre al alumnado respondiendo preguntas (7) o que haya pupitres individuales (9a, 10a), ya que suelen optar por dibujar asambleas, con el alumnado sentado sobre una alfombra, una dinámica muy empleada en este nivel educativo.

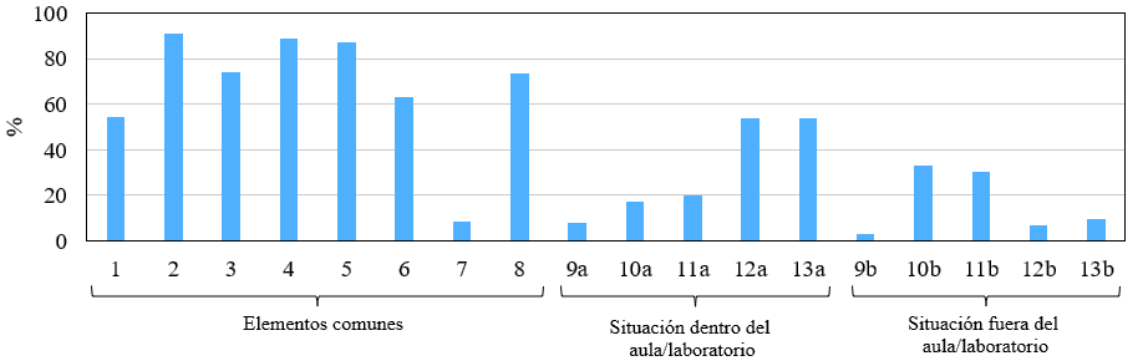


Figura 3. Frecuencia de aparición de los distintos elementos en los dibujos analizados

En el caso de las situaciones que transcurren fuera del aula, no suelen representarse entornos expositivos (9b), como museos o itinerarios señalizados, sino que dibujan parques, bosques o huertos escolares. Sin embargo, en tan solo en 1 de cada 3 aparecen, o el alumnado usa, instrumentos característicos del aprendizaje científico al aire libre (10b, 11b), como lupas, prismáticos o cuadernos de campo, aunque sí disponen de abundantes elementos naturales en sus alrededores (13b) que les pueden permitir explorar la diversidad del entorno.

En cuanto a la temática, en la gran mayoría se están trabajando contenidos relacionados con la biología, apareciendo dibujos y/o menciones a hojas, partes de los árboles, flores, germinación, seres vivos, entre otros. También llama la atención la abundancia de dibujos con puntuaciones intermedias, en los que aparece con menos frecuencia el uso de apoyos visuales (elemento 3) o el alumnado mirando al docente (elemento 6) agrupados de manera homogénea (elemento 8), pero que se pueden relacionar con modelos más centrados en el profesorado. Además, cerca del 30% de los dibujos con modelo neutro representan actividades que transcurren fuera del aula.

CONCLUSIONES

Conocer los modelos de docencia que tiene el alumnado del GMEI puede ayudar a la hora de diseñar programas de formación para hacer que se sientan más preparados para llevar a cabo actividades de aprendizaje de ciencias dentro del aula o al aire libre en etapas tempranas (Azam y Menon, 2021). En este sentido, a través de los dibujos, han podido exteriorizar sus modelos docentes antes de cursar una clase de didáctica de las ciencias.

La comparación no sistemática entre los dibujos, las respuestas a las preguntas incluidas en el instrumento de recogida de datos (qué están haciendo como docentes en el dibujo, qué está haciendo el alumnado y cuál es el objetivo de la situación representada) y la puntuación obtenida por los dibujos con el instrumentos de análisis utilizado (modificado de Thomas et al, 2001) indica que el instrumento modificado es fiable para clasificar el modelo docente de los futuros maestros de Educación Infantil, en alguna de las 3 categorías consideradas (centrada en el alumnado, neutra y centrada en el profesorado).

Se ha visto que el modelo predominante está centrado en el profesorado, lo que coincide con otros estudios (Ambusaidi & Al-Balushi, 2012; Akkus, 2013; Calvo, 2023). Aun así, se observa la presencia de un gran número de dibujos que representan situaciones que transcurren fuera del aula, algo no tan habitual. Cuando los dibujos representan interiores se acostumbra a dibujar asambleas, recurso habitual en la etapa de Educación Infantil; por ese motivo no suelen aparecer mesas. En el caso de situaciones fuera del aula, hay diversidad y riqueza de elementos dibujados, especialmente de elementos naturales, aunque el alumnado no suele incluir elementos e instrumentos característicos del aprendizaje científico al aire libre (lupas, cuadernos de campo, cazamariposas, brújulas...). Estos resultados aportan pruebas

adicionales sobre algunas de las dificultades y reticencias detectadas por Aguilera (2018) entre el profesorado, a la hora de llevar a cabo actividades de ciencias en el medio natural.

AGRADECIMIENTOS

Grupo Beagle - Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (S27_23R), financiado por el Gobierno de Aragón. Proyecto JIUZ2023-CSJ-04, de Fundación Ibercaja y Universidad de Zaragoza. Proyecto PID2024-156735NA-I00, financiado por MICIU, AEI, 10.13039/501100011033/FEDER, UE. Cátedra de Educación Ambiental y Transformación Ecosocial, Universidad de Zaragoza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera D. (2018) La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 15*(3), 3103. doi:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103

Akkus, H. (2013). Pre-service secondary science teachers' images about themselves as science teachers. *Journal of Baltic Science Education*, *12*(2), 249–260.

Al-Balushi, S. M., Ambusaidi, A. K., Al-Balushi, K. A., Al-Hajri, F. H. y Al-Sinani, M. S. (2020). Student-centred and teacher-centred science classrooms as visualized by science teachers and their supervisors. *Teaching and Teacher Education*, *89*, 103014.

Ambusaidi, A. K. y Al-Balushi, S. M. (2012). A Longitudinal Study to Identify Prospective Science Teachers' Beliefs about Science Teaching Using the Draw-a-Science-Teacher-Test Checklist. *International Journal of Environmental and Science Education*, *7*(2), 291–311.

Azam, S., & Menon, D. (2021). Influence of Science Experiences on Preservice Elementary Teachers' Beliefs. *Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 25(1), 20–45.

Calvo, G. (2023). ¿Cómo se imagina el profesorado en formación dando una clase de ciencias? *Conference proceedings CIVINEDU 2023: 7th International Virtual Conference on Educational Research and Innovation*, 48-53. REDINE, Adaya Press.

Decker, L. y Rimm-Kaufman, S. E. (2008). Personality characteristics and teacher beliefs among pre-service teachers. *Teacher Education Quarterly*, *35*(2), 45–64.

Gerde, H. K., Schachter, R. E. y Wasik, B. A. (2013). Using the scientific method to guide learning: An integrated approach to early childhood curriculum. *Early Childhood Education Journal*, *41*(5), 315–323.

Kalyon, D. Ş. (2020). Primary Teachers' and Students' Images of Teachers and Learning Environments. *International Electronic Journal of Elementary Education*, *13*(1), 155-167.

Lucha López, P., Bretos Royo, S., Claver Irigaray, Á. y García Allué, I. (2022). ¿Cómo salen los maestros de Primaria al medio natural? En A. Benarroch Benarroch (Ed.), *Actas de los 30 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales: La enseñanza de las ciencias en un entorno intercultural* (pp. 499-504). Universidad de Granada.

Schumacher, F. y Wilde, M. (2021). When Prospective Biology Teachers Visualize Their Beliefs about Teaching and Learning by Drawing It, Is It More than a Reproduction of Their Experienced School Lessons? *European Journal of Educational Research, 10*(2), 799–811.

Thomas, J. A., Pedersen, J. E. y Finson, K. (2001). Validating the Draw-A-Science-Teacher-Test Checklist (DASTT-C): Exploring Mental Models and Teacher Beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, *12*(3), 295–310.

Turkmen, H. y Unver, E. (2018). Comparison of Elementary Students' Images of Science Teaching for Turkish, Dutch, Scottish, and German Science Classrooms. *Universal Journal of Educational Research*, *6*(11), 2624-2633.

Introducción a las prácticas de ingeniería en la formación inicial de maestras de Infantil

Marta Cruz-Guzmán[1] *y Antonio García-Carmona*[2]

[1] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España.

*Correspondencia: [1] mcruzguzman@us.es

RESUMEN: Este estudio analiza la eficacia de una experiencia formativa con futuras docentes de educación infantil (FDI) sobre prácticas de ingeniería basada en el modelo ECI (*Explore, Create, Improve*). Participaron 59 estudiantes, organizadas en 20 grupos y con escasa formación científica previa. La intervención se desarrolló en tres sesiones en las que las FDI realizaron una actividad de diseño y construcción de una tela de araña resistente, siguiendo las fases del modelo. Se analizaron sus respuestas a una pregunta de la prueba final en la que debían describir las fases de una actividad de ingeniería en el aula infantil. Los resultados muestran que las principales dificultades se centran en: (i) la ausencia de bocetos y la escasa consideración de la exploración de materiales en la fase *Explore*; (ii) la confusión entre prácticas de ingeniería e indagación científica; y (iii) una concepción limitada de la fase *Improve*, entendida solo como corrección de errores. Estas limitaciones indican una comprensión incompleta del carácter iterativo y reflexivo de las prácticas de ingeniería. No obstante, las FDI comprenden adecuadamente la construcción de prototipos, lo que sugiere que las propuestas manipulativas y contextualizadas resultan especialmente eficaces en su formación. Por ello, es necesario reforzar su formación en prácticas de ingeniería.

PALABRAS CLAVE: prácticas de ingeniería; formación inicial; educación infantil

ABSTRACT: This study examines the effectiveness of a training programme for trainee early childhood teachers (FDI) on engineering practices based on the ECI (Explore, Create, Improve) model. Fifty-nine students took part, organised into 20 groups, with little prior scientific training. The intervention took place over three sessions in which the FDI undertook an activity to design and construct a strong spider's web, following the phases of the model. Their responses to a question in the final test were analysed, in which they were required to describe the phases of an engineering activity in a nursery classroom. The results show that the main difficulties centre on: (i) the absence of sketches and insufficient consideration of material exploration in the Explore phase; (ii) confusion between engineering practices and scientific inquiry; and (iii) a limited conception of the Improve phase, understood solely as error correction. These limitations indicate an incomplete understanding of the iterative and reflective nature of engineering practices. However, the FDI pupils adequately understand prototype construction, suggesting that hands-on and contextualised activities are particularly effective in their education. Therefore, it is necessary to strengthen their training in engineering practices.

KEYWORDS: engineering practices; initial training; early childhood education

LAS PRÁCTICAS DE INGENIERÍA EN EDUCACIÓN INFANTIL

Actualmente existe bastante acuerdo en la necesidad de iniciar a los escolares de edades tempranas en el desempeño de sencillas prácticas de ingeniería (PI) (García-Carmona et al., 2025; Wang y Tian, 2026; Yuan et al., 2025). Las PI se contextualizan en procesos de resolución de problemas y pueden contribuir al desarrollo temprano de habilidades cognitivas superiores, como el razonamiento, la creatividad, la curiosidad, la resiliencia, la flexibilidad, la responsabilidad y la metacognición (Erol y Erol, 2024).

La integración de PI también se promueve en las prescripciones curriculares para la etapa de infantil. En el contexto español, la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (competencia STEM), incorpora alusiones claras a ello cuando habla del desarrollo de destrezas esenciales, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el trabajo en equipo, las destrezas

de comunicación y negociación, las destrezas analíticas y la creatividad (Real Decreto 95/2022). Asimismo, en la Orden de 30 de mayo de 2023 por la que se concreta el currículo de infantil para Andalucía, se puede leer el siguiente indicador de la competencia STEM: "STEM3. Se inicia de forma guiada en el planteamiento de proyectos que impliquen la resolución de problemas sencillos, utilizando el diálogo y la reflexión como forma de resolución pacífica de conflictos" (p. 9729/70).

En las primeras etapas educativas, resulta conveniente simplificar y adaptar las PI a contextos lúdicos, en lugar de recurrir a enfoques muy estructurados (Yuan et al., 2025). A través de actividades basadas en PI, se persigue que los escolares se inicien en el diseño de modelos o prototipos que cumplan una serie de requisitos –adecuados a su nivel– para dar respuesta a un problema determinado. Para ello, algunos autores proponen su desarrollo mediante el modelo ECI (*Explore, Create and Improve*) (Cinar, 2019; Ramanathan et al., 2024). Tras el planteamiento del problema, el proceso se articula en tres fases: (i) *Explore*, en la que los escolares exploran materiales, posibilidades y elaboran bocetos; (ii) *Create*, donde construyen físicamente un prototipo y lo ponen a prueban; y (iii) *Improve*, enfocada a la mejora del diseño y de su eficacia para resolver el problema. Finalmente, se realiza una puesta en común en la que se reflexiona sobre los aprendizajes adquiridos.

Como paso esencial para promover las PI en edades tempranas, se diseñó e implementó una experiencia educativa basada en el modelo ECI en la formación de futuras docentes de infantil (FDI).

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Dado el carácter exploratorio de esta experiencia educativa preliminar, se evaluó principalmente su viabilidad con las FDI en términos de fortalezas, debilidades y aspectos de mejora de cara a intervenciones docentes futuras. En este sentido, la pregunta de investigación que se aborda en este trabajo es la siguiente: ¿Qué logros y dificultades muestran las FDI en relación con el diseño de actividades para el desempeño de PI en infantil, tras una intervención formativa basada en el modelo ECI?

METODOLOGÍA

Participantes

La experiencia se llevó a cabo durante el curso 2025/2026 con 59 estudiantes (3 chicos y 56 chicas), con una edad media de 21,8 años (rango entre 20 y 35 años), a los que impartía docencia la primera autora en el Grado en Educación Infantil dentro de la asignatura cuatrimestral Taller de Exploración del Entorno (Optativa del cuarto curso). La mayoría tenía una formación limitada en ciencias: solo 7 estudiantes habían cursado un Bachillerato de Ciencias y Tecnología, el resto provenían del Bachillerato de Ciencias Sociales y Humanidades o de algún grado de formación profesional relacionado con la Educación. Durante la experiencia, los participantes se organizaron en grupos de trabajo, conformándose un total de 20 grupos.

Intervención educativa

Las FDI vivencian una práctica de ingeniería como estudiantes durante 3 sesiones de clase de 1 hora y 20 minutos cada una. Para ello, se adopta el modelo ECI (Cinar, 2019), siguiendo las siguientes fases:

i) *Fase preparatoria*. Breve introducción de la ingeniería como campo académico-profesional y de su contribución a la sociedad. Asimismo, se presenta el modelo ECI, orientado al diseño de propuestas que integren PI en educación infantil;

ii) *Fase de Planteamiento del problema*:

ii.a) Visualización de un *vídeo infantil sobre tela de araña* acompañado de preguntas como: ¿Has visto alguna araña que teja una tela?; ¿Cómo hace la tela?; ¿Qué aspecto tiene una tela de araña?

ii.b) A continuación, se plantea el problema: "*Itsy bisy araña necesita ayuda. Ha ido al bosque con sus amigas, pero se ha quedado sola y no puede tejer su red. Necesita que le ayudemos a construir una tela que le permita atrapar insectos para alimentarse y que, además, sea resistente a*

la lluvia y el viento". Se muestran posibles contextos de aplicación en el aula de infantil: *Proyecto Las Arañas 4 años*; *Proyecto Las arañas 5 años*. Se aclara que, a estas edades, la problemática se podría introducir con tarjetas de cuentos ilustradas, marionetas o vídeos

iii) *Fase 'Explore'*:

iii.a) Las FDI exploran de manera manipulativa los materiales disponibles, tocándolos y examinándolos con el fin de valorar posibilidades para construir una tela de araña resistente. Entre los materiales disponibles se incluye: silicona caliente, agujas de punto, pinchitos de madera, pajitas, limpiapipas, lana, cordón de hilo grueso, platos de plástico y cartón, hueveras, corcho poliespan, cinta adhesiva, cartulina, cables, alambre, alicates, bandejas circulares y rectangulares y tijeras.

iii.b) En pequeños grupos, seleccionan los materiales más adecuados y elaboran sus bocetos (Figura 1). Estos bocetos se entregan a la profesora, quien trata de que profundicen en ellos mediante preguntas como: ¿Podéis hablarme de la tela de araña que habéis dibujado?; ¿Qué materiales vais a utilizar en la construcción de esta tela de araña? ¿Por qué los habéis elegido?

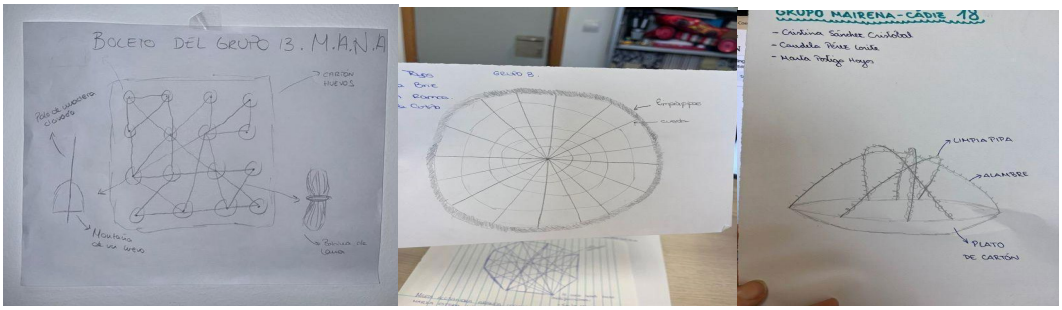


Figura 1. Fotografías de ejemplos de bocetos diseñados por las FDI

iv) *Fase 'Create'*: Los grupos recogen los materiales seleccionados y construyen sus primeros prototipos, que luego ponen a prueba para evaluar su resistencia. Se hace una puesta en común en la que se analizan los diseños mediante preguntas como: ¿Tu tela de araña es fuerte o débil?; ¿Cómo se podría mejorar su resistencia?; ¿Crees que resistiría la lluvia? ¿Puede la araña entrar y salir?

v) *Fase 'Improve'*: Las FDI revisan y optimizan sus diseños, introduciendo modificaciones como el refuerzo de la estructura, la creación de aberturas para el paso de la araña o la mejora de su resistencia a condiciones externas como, por ejemplo, impermeabilizaciones. En la figura 2 se muestran los prototipos finales.

vi) Finalmente, se hace una nueva puesta en común, ahora de los prototipos mejorados, y una reflexión sobre el valor educativo de las PI en infantil.

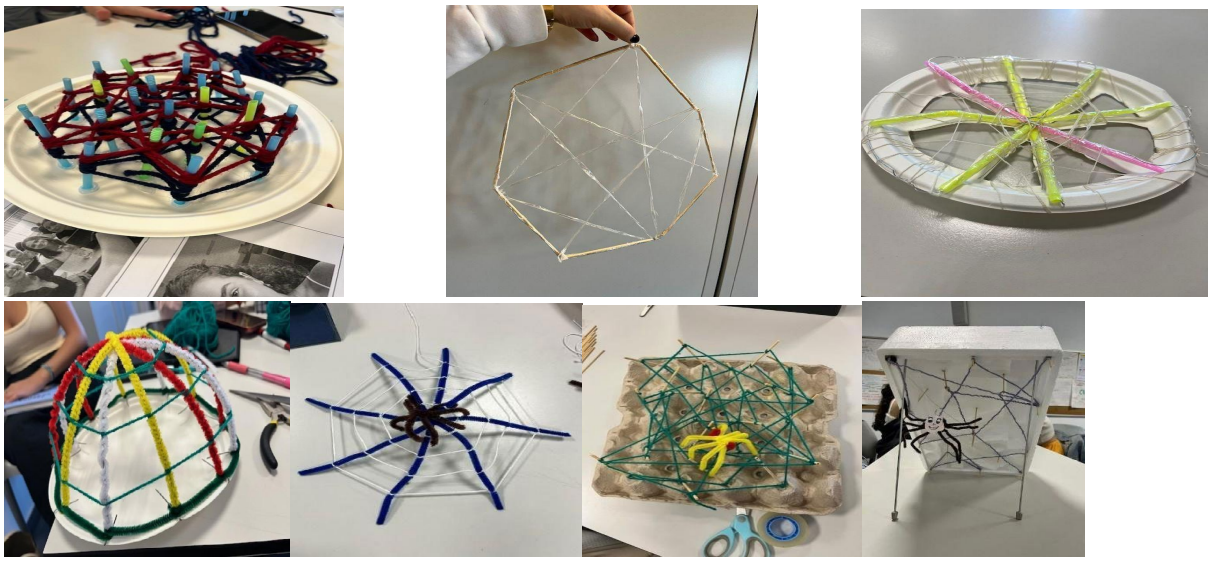


Figura 2. Fotografías de ejemplos de prototipos creados por las FDI

Recogida y análisis de datos

Se diseñaron distintos instrumentos para evaluar la eficacia de la experiencia educativa. No obstante, por limitaciones de espacio, en este trabajo se presenta únicamente el análisis de las respuestas de las FDI a una de las preguntas abiertas, incluidas en la prueba final de la asignatura. En concreto, la pregunta fue: "Enumera y describe las fases a seguir para llevar a cabo una actividad sobre ingeniería en el aula de infantil". Desde la finalización de la intervención hasta la realización de la prueba final transcurrió un mes aproximadamente. Sus respuestas se analizaron mediante un análisis de estudio de casos exploratorio y descriptivo (Stake, 1999), usando para ello métodos propios del análisis de contenido cualitativo (Mayring, 2000).

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados. La principal dificultad encontrada se relaciona con la fase *Explore* del modelo ECI, ya que un 35,6% de las FDI no contempla la elaboración de bocetos como paso previo al diseño del prototipo, y un 11,9% no incluye la exploración y selección de materiales en función de sus propiedades para la construcción del prototipo. En menor medida, se identifican dificultades relacionadas con la fase de mejora del prototipo (*Improve*), ya que un 15,3% considera que solo deben mejorarse los prototipos que no funcionan (dicen, por ejemplo, "mejoran los defectos de su trabajo" o "si es necesario, lo mejoran"), sin tener en cuenta la optimización de aquellos que sí lo hacen, ya sea mediante el uso de nuevos materiales o la atención a requisitos secundarios Por último, se observa una minoría de FDI (6,8%) que muestra desconocimiento sobre la naturaleza de estas prácticas, llegando a confundirlas con una indagación científica.

Con respecto a las fortalezas, una mayoría de FDI se situó en los niveles de logro más altos de cada categoría: un 55,9% para la fase 'Explore', un 89,8% para la fase '*Create'* y un 72,9% para la fase '*Improve'*. Estos resultados indican que, en general, las FDI alcanzaron una comprensión razonablemente adecuada del modelo ECI. Tras el planteamiento del problema, mostraron ser conscientes de que es conveniente que los escolares manipulen materiales, exploren sus propiedades y elaboren bocetos como paso previo a la planificación de su prototipo. Igualmente, eran conscientes de la necesidad de guiar a los escolares en la construcción de posibles soluciones que respondan a los requisitos que plantee el problema. Finalmente, plantean promover una evaluación y mejora del prototipo para mejorar su eficacia o atender a requisitos secundarios. Así, algunas FDI proponen introducir nuevos desafíos para optimizar los diseños que incluso ya funcionan. Por ejemplo, si los escolares elaboraron un puente, sugieren promoverlo con preguntas como: ¿Podríamos hacer que el puente fuera más largo?, ¿Y si pasan dos animales al mismo tiempo?, ¿Podríamos decorarlo o hacerlo más seguro?".

Tabla 1. Categorización de las dificultades de aprendizaje detectadas y su frecuencia (en la fase *Explore* el número de respuestas es mayor de 59 porque un mismo participante puede incluirse en II.a y II.b).

Fases del modelo ECI	Descriptores ilustrativos de las categorías de respuestas	%
Explore	I. Manipulan materiales, descubren sus características, diseñan bocetos	55,9
	II.a. No incluyen el diseño de bocetos	35,6
	II.b. No la relaciona con la exploración de materiales (sino del problema)	11,9
Create	I. Diseñan prototipos que den solución a los requisitos planteados en el problema	89,8
	II. Crean "sus hipótesis" o "sus experimentos"	3,4
Improve	I. Aunque funcione el prototipo, se mejora eficiencia, buscan nuevos requisitos. Incluso se les dan nuevos materiales	72,9
	II. Hay prototipos que no son mejorables, solo los que no han funcionado	15,3
	III. No guían a los escolares para la mejora del prototipo o "mejoran el resultado de sus hipótesis"	5,1
Confunde prácticas de ingeniería con la indagación escolar o solo nombra las fases sin profundizar mínimamente en ellas		6,8

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten profundizar en cómo las FDI comprenden e interpretan las PI tras una intervención basada en el modelo ECI. En términos generales, la mayoría identifica adecuadamente las fases del modelo. La principal dificultad detectada se sitúa en la fase *Explore*, donde un porcentaje considerable de FDI no incluye la elaboración de bocetos (35,6%) o no relaciona esta fase con la exploración de materiales (11,9%). Este resultado sugiere una comprensión parcial de esta fase, reducida así a una toma de contacto superficial, sin integrar elementos clave del pensamiento ingenieril, como la planificación previa o la toma de decisiones fundamentadas. Este hallazgo es especialmente relevante si se considera que el diseño de soluciones constituye un componente esencial de las PI (Cinar, 2019; Ramanathan et al., 2024).

Por otro lado, los resultados muestran un mejor desempeño en la fase *Create* (89,8%), lo que indica que las FDI comprenden con mayor facilidad los procesos más visibles y manipulativos, como la construcción de prototipos, en línea con la literatura sobre la idoneidad de actividades prácticas y manipulativas en educación infantil (Bridle et al., 2026). Sin embargo, la presencia, aunque minoritaria, de respuestas que interpretan esta fase como la mera formulación de hipótesis o de experimentación (3,4%) evidencia una cierta confusión entre prácticas de ingeniería y una indagación científica, aspecto también identificado en el 6,8% de las participantes de forma más general. Estos resultados denotan una falta de familiaridad o experiencia previa con las PI, y refuerzan la necesidad de formar a las FDI en los distintos tipos de prácticas STEM.

En relación con la fase *Improve*, aunque la mayoría de las FDI reconoce su carácter iterativo (72,9%), un porcentaje significativo (15,3%) considera que solo deben mejorarse los prototipos que no funcionan. Esta concepción limita la comprensión de la optimización como proceso continuo, orientado no solo a la corrección de errores, sino también a la mejora de la eficiencia y adaptación a nuevos requisitos. Esta dificultad puede estar vinculada al insuficiente desarrollo de habilidades metacognitivas y de pensamiento crítico (Erol y Erol, 2024), fundamentales en el desempeño de PI.

Desde una perspectiva educativa, estos resultados revelan la necesidad de reforzar la formación inicial docente en PI, especialmente en lo relativo a la planificación y diseño previo (bocetos), la selección fundamentada de materiales y la mejora continua de soluciones. Asimismo, se recomienda trabajar de forma explícita la diferenciación entre prácticas científicas e ingenieriles, así como proporcionar experiencias más prolongadas y guiadas que favorezcan la consolidación de estos aprendizajes. Finalmente, se destaca la importancia de diseñar propuestas formativas alineadas con el currículo, accesibles y basadas en el juego, que faciliten la futura transferencia al aula de educación infantil.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de I+D PID2022-137471NB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 (Gobierno de España).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autores (2025)

Bridle, H., Donnelly, R., Padwick, A., Rajendran, G., Shimwell, J., y Davenport, D. (2026). Let's Do Engineering: Engineers and Creative Practitioners Experiences of Co-creating Activities and Resources for 3–7 Year-Olds, and Teacher Evaluation of Resource Effectiveness. *Early Childhood Education Journal, 54*, 803–819. https://doi.org/10.1007/s10643-025-01858-2

Cinar, S. (2019). Integration of engineering design in early education: How to achieve it. *Cypriot Journal of Educational Science*, *14*(4), 520–534. https://doi.org/10.18844/cjes.v11i4.4057

Erol, A., y Erol, M. (2024). Devising an early childhood engineering habits of mind scale. *Journal of Turkish Science Education, 21*(2), 196-211. https://doi.org/10.36681/tused.2024.011

Mayring, P. (2000). Qualitative content analysis. *Forum: Qualitative Social Research*, *1*(2), 1–10. https://doi.org/10.17169/fqs-1.2.1089

Orden de 30 de mayo de 2023, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Infantil en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Ramanathan, G., Cosso, S. y Pool, J. (2024). Engineering in Preschool: What Little Minds Can Teach Us About Big Skills. *Early Childhood Education Journal, 52*, 1245–1257. https://doi.org/10.1007/s10643-023-01512-9

Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. Boletín Oficial del Estado, 28, de 2 de febrero de 2022. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/95/con

Stake, R.E. (1999). The art of case study research [Investigación con estudio de casos]. Ediciones Morata.

Wang, T. H. y Tian, H. (2026). Measuring early engineering interest: A scale for kindergarteners. *Thinking Skills and Creativity, 59*, 101985. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101985

Yuan, Y., Zeng, W., Kloos, H. Brown, R. y Carr, V. (2025). Preschool Engineering Play on Nature Playscapes. *Early Childhood Education Journal, 53*, 2207–2216. https://doi.org/10.1007/s10643-024-01743-4

¿Cómo evolucionan las emociones que experimentan las futuras docentes de educación infantil tras una experiencia formativa activa sobre nutrición humana?

Carlos de Pro Chereguini[1], *Miguel Romero Gutiérrez*[1] *y Florencia Natalia Praderio Gaias*[1]

[1]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España.

*Correspondencia: cpro@um.es

RESUMEN: Este trabajo analiza la evolución de las emociones que experimentan las futuras docentes de Educación Infantil (EI) tras una experiencia formativa activa sobre los aparatos de la nutrición humana, diseñada como un escape room de seis retos. Las 82 estudiantes del tercer curso, en su primera asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE), respondieron a un cuestionario de emociones antes y después de una sesión de 90 minutos. Para procesar la información recabada del instrumento se realizó un análisis estadístico descriptivo e inferencial. Los resultados muestran un aumento significativo en la mayoría de las emociones positivas, así como una disminución generalizada de las emociones negativas, corroborando el potencial de las actividades prácticas para resignificar la relación emocional con las ciencias y fortalecer su percepción de competencia y autoeficacia hacia su enseñanza. Asimismo, la propuesta contribuye al desarrollo de competencias docentes al ofrecerles un modelo transferible a su futura práctica en EI, que integra la gestión de información científica, la resolución cooperativa de problemas y la toma de decisiones en contextos de incertidumbre.

PALABRAS CLAVE: formación inicial docente; competencias profesionales; resolución de problemas; aprendizaje activo; nutrición.

ABSTRACT: This study analyses the evolution of emotions experienced by pre-service Early Childhood Education (ECE) teachers after an active training experience on the human nutrition systems, designed as a scape room with six challenges. The 82 third-year students, enrolled in their first course on Science Education Didactics, completed an emotions questionnaire before and after a 90-minute session. To analyze the data collected from the instrument, a descriptive and inferential statistical analysis was conducted. The results show a significant increase in most positive emotions, as well as a general decrease in negative emotions, corroborating the potential of practical activities to reshape the emotional relationship with science and to strengthen students' perceived competence and self-efficacy towards its teaching. Furthermore, the proposal contributes to the development of teaching competences by offering a model that is transferable to their future practice in ECE, integrating the management of scientific information, cooperative problem solving and decision-making in contexts of uncertainty.

KEYWORDS: pre-service teacher education; professional competences; problem-solving; active learning; nutrition.

INTRODUCCIÓN

Algunas de las competencias profesionales, recogidas en BOE (2007), que los estudiantes de Grado en EI han de adquirir en su carrera son, entre otras: conocer los fundamentos científicos teórico-prácticos (conocimiento científico y didáctico de las materias), ser capaz de gestionar la información y el conocimiento (búsqueda, selección y análisis de la información), trabajar en equipo, fomentar experiencias de iniciación a las tecnologías de la información y la comunicación, o conocer los fundamentos de la educación para la salud.

Así, en nuestro marco profesional actual, la enseñanza del rol de docente se concibe como un proceso

complejo donde interactúan dimensiones cognitivas y afectivas. En este sentido, podemos decir que las emociones influyen de manera significativa en el aprendizaje y en la enseñanza (Mellado et al., 2014), ya que aprender y enseñar no son procesos exclusivamente racionales sino experiencias situadas en las que creencias, recuerdos y vivencias previas que van configurando disposiciones emocionales hacia determinados conocimientos. De acuerdo con Romero et al. (2024), esta relación es tan estrecha que hoy se reconoce que las emociones son fluidas y dinámicas, y que considerar la cognición y la emoción de manera integrada tiene un impacto positivo directo en la forma de asumir los procesos de enseñanza de las ciencias.

En la formación inicial del profesorado, esta dimensión adquiere una relevancia especial, ya que las emociones experimentadas durante la educación obligatoria y los estudios de grado inciden directamente en la autoconfianza y en la futura disposición hacia la enseñanza del área (Mellado et al., 2014). Al respecto, es crucial comprender el impacto diferencial de la valencia emocional: mientras que las emociones positivas implican sentimientos agradables que movilizan escasos recursos para su afrontamiento, las emociones negativas (como la ansiedad o el miedo) implican sentimientos desagradables que demandan gran cantidad de recursos cognitivos, convirtiéndose a menudo en obstáculos para el aprendizaje (Romero et al., 2024). De este modo, cuando dichas experiencias se asocian a la inseguridad o a la percepción de un bajo dominio conceptual, es frecuente que aparezcan resistencias hacia la enseñanza de estos contenidos en etapas posteriores (Jiménez-Tejada et al., 2016). Además, la autoeficacia docente actúa como variable mediadora: las emociones positivas fortalecen la confianza y favorecen propuestas más activas, mientras que las negativas tienden a promover estrategias conservadoras o incluso la evitación de determinados contenidos (Praderio Gaias et al., 2024).

En coherencia con ello, algunos estudios muestran que los futuros docentes aún manifiestan niveles reducidos de confianza, asociados a una preparación conceptual insuficiente o a experiencias de aprendizaje poco significativas (Martínez-Chico et al., 2017). Por tanto, la formación inicial ha de contemplar la dimensión emocional como un componente estructural del desarrollo profesional, integrándola incluso dentro del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC), ya que las emociones del profesor influyen en el clima de aula y en el abordaje de temas específicos (Mellado et al., 2009). Desde la perspectiva del conocimiento profesional docente, existen problemas estructurales en la enseñanza de las ciencias que trascienden lo técnico. En particular, se han descrito cinco grandes problemas profesionales (qué contenidos seleccionar; cómo organizarlos; qué metodología adoptar; cómo evaluar; y qué sentido otorgar a la enseñanza científica), los cuales no son exclusivamente curriculares, sino que están profundamente mediados por creencias y disposiciones emocionales, lo que implica decisiones donde intervienen conocimientos didácticos, concepciones previas y marcos interpretativos personales (Pro et al., 2022). Al analizar estos retos desde la formación inicial, la dimensión afectiva emerge con claridad: la selección de contenidos puede verse limitada por el temor a ciertos temas; la metodología puede oscilar según la confianza percibida; la evaluación puede volverse reproductiva para evitar la imprevisibilidad; e incluso el sentido de la ciencia en EI puede reducirse si se percibe como una disciplina ajena o compleja.

Para revertir este escenario, la generación de experiencias prácticas, desafiantes y contextualizadas puede contribuir a resignificar la relación emocional con la materia. La participación activa en situaciones problemáticas favorece la disminución de emociones negativas y el aumento de la percepción de competencia. En este contexto, analizar la evolución de las emociones de docentes en formación, antes y después de una intervención práctica sobre los aparatos de la nutrición humana, permite explorar cómo una experiencia concreta incide en su percepción hacia la enseñanza de las ciencias. Este enfoque no solo aporta evidencias sobre el impacto inmediato, sino que ayuda a comprender la configuración de disposiciones profesionales que influirán en su práctica futura. Por ello, para responder a esta demanda, optamos por diseñar e implementar una sesión a modo de "escape room", ya que autores como Yllana et al. (2023) encuentran a esta dinámica como un camino para promover ese aumento de emociones positivas, autoeficacia y actitudes positivas hacia la ciencia que queremos para nuestras estudiantes de Grado en EI. En consecuencia, este trabajo se orienta a responder la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo evolucionan las emociones que experimentan los futuros docentes de EI tras una experiencia formativa activa sobre nutrición humana?

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Los participantes de esta investigación, en su mayoría mujeres, eran estudiantes –curso 2024-2025- pertenecientes a dos grupos distintos de tercer curso de la titulación de Grado en EI de la Universidad de Murcia, los cuales empezaban a cursar su primera asignatura de DCE, denominada "Enseñanza y Aprendizaje de la Ciencia de la Naturaleza I", y cuyo tópico científico que la vertebraba era "el cuerpo humano y la salud". Ambos grupos tenían características similares a estudiantes de otras promociones en cuanto a su edad media, estudios de procedencia, valoración de la enseñanza de las ciencias en infantil, gusto por las ciencias y carencias de conocimiento científico en materia del cuerpo humano y la salud (Pro et al., 2020).

Así, para la segunda clase en la asignatura, tras la presentación del primer día, se planteó una misma sesión de 90 minutos dividiendo al alumnado en subgrupos de laboratorio (un total de cinco subgrupos de menos de 25 estudiantes en los que en cada uno de ellos se hicieron siete equipos de trabajo), donde se pretendía: presentar el modelo de nutrición al alumnado -de una manera "diferente"- para comprobar si su adquisición mejoraba la que recordaban, incorporando una experiencia de iniciación a las tecnologías de la información significativa y replicable por ellas; y, por otro lado, promover su capacidad de gestión de la información y el conocimiento, planteando una situación de reflexión constante con un fin concreto. No obstante, aquí solo nos centramos en el aspecto emocional que supuso para los estudiantes la dinámica utilizada.

De este modo, optamos por un "escape room" para la sesión, donde un personaje femenino de temática futurística, creado mediante D-ID, les comunicaba que "la humanidad estaba extinguiéndose por un virus en el futuro y, habiendo viajado al pasado, deberían ayudarla a encontrar la cura a dicha enfermedad". El antídoto estaría formado conjuntamente por siete alimentos o "ingredientes" distintos, cada uno de ellos era la solución final del proceso, después de la resolución de seis retos secuenciales que se presentaban en sobres cerrados, para cada uno de los siete equipos de trabajo en cada subgrupo. Así, los primeros cinco retos eran iguales para todos los equipos y el sexto equivalente, difiriendo solo en el resultado final para dar con el "ingrediente" preasignado y su cantidad (en gramos). La sesión terminaba con un registro de tiempos y la puesta en común de los resultados de los diferentes equipos, recibiendo como "recompensa" un nuevo video que los alentaba a continuar aprendiendo ciencias.

Cada equipo contaba solo con un ordenador con conexión a Internet (no se podía usar teléfono móvil) y las prácticas llevadas a cabo por ellos a lo largo de los retos fueron:

- Identificar los órganos que forman parte del aparato respiratorio, el lugar exacto por el que el "virus" pasaría al torrente sanguíneo, y el nombre del gas inhalado;
- Identificar los órganos que forman parte del aparato digestivo, su recorrido, los jugos digestivos que descomponen las proteínas del "antídoto" y dónde éstas son absorbidas;
- Contextualizando que el virus afectaba al cerebro, debían identificar el orden de movimiento del virus y del antídoto por el circuito sanguíneo hasta dicho punto;
- Identificar la fórmula de síntesis de ATP y ajustarla, identificando los elementos químicos y descubriendo el concepto de ecuación química balanceada, trabajando indirectamente la ley de conservación de la masa;
- Identificar los porcentajes de algunos elementos químicos en la composición del aire inspirado y de los órganos del sistema urinario;
- Usando una clave, debían descodificar el nombre del alimento que llevaría el "antídoto" utilizando datos de los retos anteriores (diferentes por equipo), localizar la proteína incluida en su alimento (oculta en reto 2) y su proporción, así como calcular la cantidad exacta (en gramos) del alimento asignado a partir de las kilocalorías que este aportaba.

Para comprobar que las respuestas fueran correctas, los docentes teníamos una plantilla de soluciones compartida y solo la portavoz de cada equipo era la encargada de presentarnos sus respuestas, pudiendo acceder al siguiente reto solo cuando la solución del anterior fuera correcta. Así, planteamos

la resolución de cada reto para una duración entre los 10 y 15 minutos, guiando o alentando a los equipos que acumulasen retraso para acelerar su trabajo.

En este estudio se ha utilizado una metodología descriptiva no experimental de tipo encuesta. El instrumento empleado fue un cuestionario (basado en Mellado et al., 2014) que recogía las emociones manifestadas de los participantes en 19 ítems: 8 emociones positivas (alegría, confianza, felicidad, tranquilidad, satisfacción, entusiasmo, sorpresa y diversión), 10 emociones negativas (preocupación, vergüenza, ansiedad, miedo, incertidumbre, aburrimiento, culpabilidad, tristeza, frustración y nerviosismo) y un campo abierto de justificación. Resaltar que los ítems de emociones se presentaban de forma desordenada en una escala de valoración de cuatro puntos (siendo 0: "No/Nada"; 1: "Un poco"; 2: "Mucha"; 3: "Muchísima") y que el cuestionario se cumplimentó en dos momentos, antes y después de la sesión formativa.

En este trabajo solo contamos con los datos recogidos de los 82 estudiantes que cumplimentaron el cuestionario en ambas ocasiones, los cuales son los que finalmente forman parte del estudio. Recabada toda la información, los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS 18.0 y un nivel de confianza del 95%. En primer lugar se realizó un análisis descriptivo de las variables (Emociones "antes" – Emociones "después") y, seguidamente, el análisis inferencial que, dado un tamaño reducido de estudiantes (82), se asumió aplicar estadística inferencial no paramétrica para grupos relacionados mediante la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, con el fin de determinar la existencia de diferencias entre las emociones manifestadas por las estudiantes en dos momentos, antes y después de la sesión de laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, exponemos los resultados obtenidos tras hacer los análisis descriptivo e inferencial de las emociones experimentadas por los participantes, antes y después de la sesión.

En la Figura 1 mostramos los estadísticos descriptivos de las emociones experimentadas por nuestros estudiantes (en valores de frecuencia media entre 0 y 3).

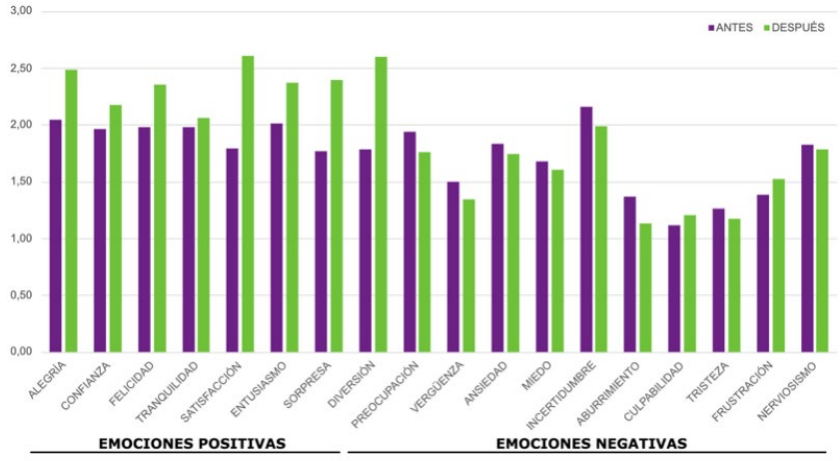


Figura 1. Frecuencia media de la presencia de emociones antes y después de la sesión.

Como puede observarse, antes de la sesión predominaban las emociones positivas frente a las negativas, quizás debido a la expectación por realizar la sesión en un lugar poco habitual como un laboratorio. Además, tras la sesión, se apreció un aumento en la frecuencia media de todas las emociones positivas (lo justificaban principalmente "por la metodología empleada" y "por la posibilidad de trabajar en equipo"), mientras que en las negativas se produjo un descenso en casi todas, salvo ligeramente en *Frustración* y *Culpabilidad*, motivado por algunas estudiantes pertenecientes a equipos que tuvieron más dificultades a la hora de resolver algunos de los retos planteados (lo justificaban "por olvido de contenidos" o "por la presión que les ejercía el tiempo para resolver los retos cuando se comparaban con los otros equipos").

Estos resultados son comparables con estudios realizados sobre la efectividad de las actividades prácticas en la enseñanza de las ciencias haciendo uso del laboratorio (Dávila et al., 2015) o de una metodología basada en "escape room" (Yllana et al., 2023); permitiendo al alumnado comprender aspectos que les resultan complejos y aumentando su interés por su aprendizaje.

En relación con el análisis inferencial, en la Tabla 1 se muestra el valor Z de la prueba de Wilcoxon y el valor de significación (Sig.) para un nivel de confianza del 95%, para constatar la existencia de significación en las emociones experimentadas.

Tabla 1. Prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas (Emociones Antes-Emociones Después).

EMOCIONES POSITIVAS	Prueba de Wilcoxon		EMOCIONES NEGATIVAS	Prueba de Wilcoxon	
	Z	Sig.		Z	Sig.
Alegría	-4,487	<,001**	Preocupación	1,430	,153
Confianza	-2,028	,043*	Vergüenza	2,172	,030*
Felicidad	-3,800	<,001**	Ansiedad	1,065	,287
Tranquilidad	-,858	,391	Miedo	,935	,350
Satisfacción	-5,552	<,001**	Incertidumbre	1,575	,115
Entusiasmo	-3,384	<,001**	Aburrimiento	3,523	<,001**
Sorpresa	-4,741	<,001**	Culpabilidad	1,807	,071
Diversión	-6,244	<,001**	Tristeza	1,495	,135
			Frustración	1,658	,097
			Nerviosismo	,397	,691

** $p \leq ,010$; * $p \leq ,050$

Así, encontramos diferencias significativas en casi todas las emociones positivas, excepto en *Tranquilidad*, como fue el caso de Alegría ($p > ,000$), Confianza ($p =,043$), Felicidad ($p > ,000$), Satisfacción ($p > ,000$), Entusiasmo ($p > ,000$), Sorpresa ($p > ,000$) y Diversión ($p > ,000$); y también en dos emociones negativas como Vergüenza ($p = ,030$) y Aburrimiento ($p > ,000$).

En general, nuestras estudiantes valoraron la experiencia de manera bastante positiva y los resultados nos permitieron comprobar la evolución de las emociones que experimentaron nuestras estudiantes a la hora de enfrentarse a parte del contenido científico de nuestra materia.

CONCLUSIONES

Los datos recabados en el estudio indicaron que la participación de nuestras estudiantes en la propuesta produjo un aumento significativo en la mayoría de sus emociones positivas (alegría, confianza, felicidad, satisfacción, entusiasmo, sorpresa y diversión) y una disminución general de sus emociones negativas, con diferencias significativas en vergüenza y aburrimiento; solo observándose un ligero incremento en frustración y culpabilidad en los equipos que encontraron más dificultades y presión temporal al resolver los retos. En línea con estudios previos (Dávila et al., 2015; Yllana et al., 2023), los resultados sugieren que la participación activa en situaciones problemáticas contribuye a reducir las emociones negativas iniciales de un alumnado que se aproxima a contenidos científicos percibidos como complejos, fortaleciendo la percepción de competencia y autoeficacia hacia su enseñanza. Asimismo, la vivencia de propuestas innovadoras favorece el interés y la motivación por el aprendizaje de las ciencias.

Creemos que este enfoque favoreció el desarrollo de algunas de sus competencias docentes, al implicarlas en una sesión de autogestión de información científica, resolución cooperativa de problemas y toma de decisiones. Vivenciar esta experiencia en primera persona, a través de una práctica activa, les ofreció un modelo de nutrición transferible a su futura práctica profesional, reforzando su capacidad para diseñar e implementar experiencias de aula competenciales.

Así, consideramos que integrar propuestas formativas activas, lúdicas y contextualizadas en la formación inicial del profesorado no solo favorece disposiciones más positivas hacia la enseñanza de las ciencias, sino que también contribuye a fortalecer la confianza y la autoeficacia docente. En este sentido, los resultados refuerzas la necesidad de incorporar explícitamente la dimensión emocional en el CDC.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte de los proyectos PID2022-142019OB-I00 y PID2023-150682NA-I00, financiados por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOE (2007). Orden ECI3854/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Infantil. En *Boletín Oficial del Estado, 312*, 53735-53738.

Dávila, M.A., Borrachero, A.B., Cañada, F., Martínez, G. y Sánchez, J. (2015). Evolución de las emociones que experimentan los estudiantes del grado de maestro en educación primaria, en didáctica de la materia y la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 12*(3), 550-564.

Jiménez-Tejada, M.P., Sánchez-Monsalve, C. y Soto-Mesa, D. (2016). Emociones en el aprendizaje de las ciencias naturales: Un estudio con futuros maestros. *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes, 1*, 14-23.

Martínez-Chico, M., Jiménez Liso, M.R. y López-Gay Lucio-Villegas, R. (2017). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación en las emociones de los futuros maestros. En P. Membiela, N. Casado y M. I. Cebreiros (Eds.), *La enseñanza de las ciencias: desafíos y perspectivas* (pp. 143-147). Educación Editora.

Mellado, V., Borrachero, A.B., Brígido, M., Gómez, R., Bermejo, M.L., Mellado, L., Blanco, L.J., Cañada, F., Conde, M.C., Costillo, E., Esteban, R., Martínez, G. y Ruiz, C. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 32*(3), 11-36.

Mellado, V., Ruiz, C., Bermejo, M.L. y Jiménez, R. (2009). *Pensamiento emocional de los profesores de ciencias de secundaria y formación del profesorado*. En J.J. Maquilón, P. Martínez y M.L. Belmonte (Eds.), *El camino hacia el EEES: la formación práctica* (pp. 517-528). Univ. Murcia.

Praderio Gaias, F.N., Furman, M., Luzuriaga, M., Borrego, E.C. y Ayuso, G.E. (2024). The influence of emotions on science teaching: a case study with three early childhood education teachers. *Front. Educ.* 9:1472721. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1472721

Pro, A., Pro, C. y Cantó, J. (2022). Cinco problemas en la formación de maestros y maestras para enseñar ciencias en Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado, 97*(36.1). https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92510

Pro, C., Inglés, C. y Gómez, A. (2020). ¿Qué aprenden unos estudiantes en una experiencia formativa de Didáctica de las Ciencias Experimentales en el Grado de Educación Infantil? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 38,* 97-114. https://doi.org/10.7203/dces.38.16174

Romero, Y.N., Adúriz-Bravo, A., Tuay Sigua, R.N. y Pérez Mesa, M.R. (2024). *La investigación sobre las emociones en la didáctica de las ciencias experimentales: momentos clave de consolidación*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 21*(3), 3301. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3301

Yllana, S., González, M.T. y Suárez, A. (2023). La enseñanza de contenidos científicos mediante una metodología basada en escape room. *Enseñanza de las Ciencias, 41*(3), 69-88. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5873

Visión de la ciencia escolar por docentes de Educación Infantil

Anna R. Esteve, Tatiana Pina, Cristina Sendra y Sandra P. Tierno

Grupo Didacies. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València, España

* Correspondencia: anna.esteve@uv.es

RESUMEN: En este trabajo se presenta el análisis de la visión de la ciencia escolar que tienen 37 docentes en activo de ambos ciclos de Educación Infantil. Mediante un cuestionario de elaboración propia con preguntas abiertas se ha recogido información sobre el tipo de ciencia escolar y las actividades que hacen y que creen que se deberían hacer en las aulas de Educación Infantil. Los resultados muestran que la ciencia escolar que el profesorado afirma trabajar en Educación Infantil se centra, principalmente, en contenidos conceptuales y procedimentales, mientras que los contenidos actitudinales aparecen con una presencia muy limitada. En cuanto al tipo de actividades, predominan las de exploración/manipulación, tanto en las que realizan en el aula como en las que creen que deberían realizarse, si bien consideran que las actividades de experimentación deberían tener una mayor presencia de la que actualmente tienen en las aulas.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; profesorado en activo; ciencia escolar; enseñanza de las ciencias; actividades

ABSTRACT: This work presents an analysis of the views on school science held by 37 in-service teachers from both cycles of early childhood education. Using a self-designed questionnaire with open-ended questions, information was collected on the type of school science and activities that they do and think should be done in early childhood education classrooms. The results show that the school science that teachers claim to teach in early childhood education is mainly focused on conceptual and procedural content, while attitudinal content appears with very limited presence. Regarding the type of activities, exploration/manipulation activities predominate, both in current classroom practice and in those teachers believe should be implemented, although they also indicate that experimental activities should have a greater presence than they currently have in early childhood education classrooms.

KEYWORDS: Early childhood education; in-service teachers; school science; science teaching; activities

INTRODUCCIÓN

Cada vez son más los estudios que defienden una enseñanza de las ciencias en Educación Infantil (EI) basada en el desarrollo de prácticas científicas (García-Carmona et al., 2014; Mosquera Bargiela et al., 2018) y, muy especialmente, en la indagación (Alarcón et al., 2022; Pérez-Martín et al., 2022). Asimismo, cada vez encontramos más investigaciones sobre la implementación de espacios de ciencias de libre elección en las aulas de EI (Mateo et al., 2023; Pedreira et al., 2025) o, incluso, en los patios naturalizados escolares (Sanz et al., 2021). Pero ¿tienen las ciencias una mayor presencia en las aulas de EI? ¿Se realiza una enseñanza de las ciencias más centrada en los procedimientos o habilidades científicas?

El presente estudio trata de ofrecer un breve análisis de la visión de la ciencia escolar de los y las docentes de la etapa de EI (desde el nacimiento hasta los seis años). Si bien existen bastantes estudios internacionales sobre esta cuestión, en el contexto español la investigación es todavía limitada (Marcos-Merino y Calvino, 2024) y resulta especialmente escasa cuando se incluye al profesorado del ciclo de 0 a 3 años, cuya incorporación es una de las principales aportaciones de este trabajo.

Cantó et al. (2016) investigaron sobre las ciencias que se enseñaban en las aulas de EI a partir de la

visión del profesorado en formación inicial que estaba realizando sus prácticas en centros escolares. Atendiendo a sus respuestas, concluyeron que la ciencia tenía poca presencia en las aulas más allá de una serie de tópicos muy arraigados, como los fenómenos meteorológicos, las estaciones del año, los hábitos de higiene, los sentidos o las partes del cuerpo humano, y que se enseñaban, mayoritariamente, a través de actividades muy mecánicas y poco adecuadas para desarrollar el razonamiento crítico y científico. Poco después, Cantó y Serrano (2017) estudiaron las dificultades para la enseñanza de las ciencias de las y los docentes de EI. Encontraron, sobre todo, la percepción de una escasa formación científica, tanto disciplinar como didáctica, y de una falta de recursos y materiales específicos que les facilitaran la enseñanza de las ciencias.

Pérez-Martín et al. (2022) entrevistaron a docentes de EI tras una implementación en el aula de una secuencia de actividades basadas en la indagación. Los docentes continuaban mostrando una percepción muy teórica y conceptual de las ciencias. También consideraban que su escasa formación inicial en ciencias y su didáctica no les permitía impartir una enseñanza de las ciencias basada en la indagación si no contaban con materiales que les orientaran. El estudio de Marcos-Merino y Calvino Pérez (2024) a partir de un cuestionario dirigido a docentes de EI, también mostraba una visión de la enseñanza de las ciencias muy conceptual, con un predominio de contenidos relacionados con la biología. Los docentes aseguraban que el aprendizaje basado en proyectos y las actividades experimentales eran las estrategias de enseñanza de las ciencias más utilizadas, si bien sería necesario matizar qué entienden estos docentes por experimentación (Aragón et al., 2024; Pedreira, 2006), mientras que los rincones o espacios de aprendizaje y las salidas de campo apenas aparecían mencionadas. Además, como en los trabajos precedentes, los docentes continúan centrando sus dificultades en la escasez de recursos y materiales adaptados a la ciencia escolar de EI y en la deficiente formación científica y didáctica recibida.

De esta forma, siguiendo la línea de los estudios anteriores, el objetivo de este trabajo es contribuir al análisis de la visión que tienen sobre la enseñanza de las ciencias las y los docentes de la etapa de EI, pero incluyendo también a las y los docentes del ciclo de 0 a 3 años. Creemos que escuchar a docentes en activo, conocer tanto sus necesidades e inquietudes como sus aportaciones, es necesario para construir una didáctica de las ciencias experimentales más en sintonía con la escuela.

METODOLOGÍA

El estudio se ha llevado a cabo con 37 docentes (técnicas/os y maestras/os con una variada experiencia docente en el aula) de ambos ciclos de EI de cinco centros educativos de la provincia de Valencia. La técnica de muestreo ha sido no probabilística, por conveniencia.

Para la recogida de datos se utilizó un cuestionario con las cuatro preguntas abiertas siguientes:

- P1. ¿Qué tipo de ciencia haces en tu clase?
- P2. ¿Qué tipo de actividades de ciencias haces en tu clase?
- P3. ¿Qué tipo de ciencia crees que debería hacerse en Educación Infantil?
- P4. ¿Qué tipo de actividades de ciencias crees que debería hacerse en Educación Infantil?

Las respuestas se agruparon en una matriz de datos en Microsoft Excel 365 y para analizarlas se empleó un método de análisis interjueces. Dos de las investigadoras hicieron, de manera independiente, una categorización preliminar de las respuestas, que luego pusieron en común para llegar a un consenso. El grado de acuerdo interjueces de la categorización se evaluó con una kappa de Cohen, encontrándose todos los valores de este parámetro por encima de 0.76.

Para el análisis, se establecieron diversas categorías *ad hoc* surgidas a partir de las respuestas (Tabla 1) y lo establecido en el actual currículo de Educación Infantil. Así, para la variable "tipo de ciencia escolar" se ha tenido en cuenta que en esta etapa debe producirse un primer acercamiento a las nociones básicas relacionadas con el entorno próximo, así como el desarrollo progresivo de las destrezas propias de los procedimientos de la ciencia, sin olvidar el fomento de actitudes de respeto, cuidado y protección

del medio natural. De esta forma, se han establecido tres categorías: conceptual, procedimental y actitudinal. Por otro lado, para la variable "tipo de actividades" se ha tenido en cuenta que el currículo de EI habla de estrategias como la observación, la manipulación o la experimentación para que los niños y las niñas descubran y exploren su entorno, por lo que se han establecido las categorías siguientes: exploración/manipulación, experimentación, observación y otras.

Tabla 1. Categorización de las respuestas para las variables analizadas

VARIABLE	CATEGORÍA
Tipo de ciencia escolar	Conceptual
	Procedimental
	Actitudinal
Tipo de actividades	Exploración/manipulación
	Experimentación
	Observación
	Otras

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con la variable "tipo de ciencia escolar", en la Figura 1 puede observarse que 23 de las 35 respuestas válidas obtenidas (65.7%) indicaron que las y los docentes trabajan contenidos conceptuales en sus clases, 20 (57.1%) trabajan contenidos procedimentales y solo 3 (8.6%) indicaron trabajar contenidos actitudinales. Cabe señalar que una misma respuesta podía ser codificada en más de una categoría. No obstante, solo 9 docentes (25.7%) afirmaron que trabajan tanto contenidos conceptuales como procedimentales, sin que ninguna de estas respuestas mencionara contenidos actitudinales, y solo una respuesta (2.9%) afirmó trabajar tanto contenidos procedimentales como actitudinales, pero no contenidos conceptuales. A su vez, aunque 10 de las 36 respuestas válidas obtenidas (27.8%) para el tipo de ciencia escolar que las y los docentes creen que debería trabajarse en las aulas de EI fueron demasiado genéricas ("de todo tipo" o "cualquier ciencia adaptada a la etapa"), se mantiene la idea de que en esta etapa deberían predominar los contenidos procedimentales (21 respuestas – 58.3%). Además, en este caso, se observa un menor número de respuestas que hablan de contenidos conceptuales (9 – 25%) o actitudinales (1 – 2.8%). En estudios anteriores se ha observado que predominaba una visión de la ciencia escolar mayoritariamente conceptual (Cantó et al., 2016; Marcos-Merino y Calvino Pérez, 2024; Pérez-Martín et al., 2022), por lo que estos resultados podrían sugerir un cambio en la visión de las y los docentes más alineada con las investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales y, también, con los nuevos decretos curriculares de EI.

Al analizar con mayor detalle las respuestas, se observa que, de las que indican que trabajan contenidos conceptuales, 22 (62.9%) hablan de "Ciencias Naturales", 10 de ellas de manera general sin especificar ninguna disciplina científica y el resto nombrando, al menos, una de las siguientes: biología (10), física (9) o química (3). También hay respuestas que hacen referencia a las ciencias sociales (5 – 14.3%) y las matemáticas (7 – 20%). Sin embargo, en las respuestas sobre el tipo de ciencia escolar que los y las docentes opinan que debería hacerse en las aulas, solo 5 hablan de "Ciencias Naturales" de manera general y el resto nombran, al menos, una disciplina científica: biología (7), física (5) o química (3). Asimismo, todas las respuestas que indican que trabajan contenidos procedimentales hacen referencia a una ciencia escolar experimental (20 – 57.1%), aunque algunas de ellas también hablan de ciencia observacional (2 – 5.7%), manipulativa (2 – 5.7%) o por descubrimiento (1 – 2.9%). En el caso del tipo de ciencia escolar que los y las docentes opinan que debería hacerse en las aulas, aunque la mayoría de las respuestas siguen haciendo referencia a una ciencia escolar experimental (16 – 44.4%), un mayor número de ellas hablan de ciencia observacional (3 – 8.3%) o manipulativa (6 – 16.7%). Una única respuesta menciona la ciencia por descubrimiento (1 – 2.8%).

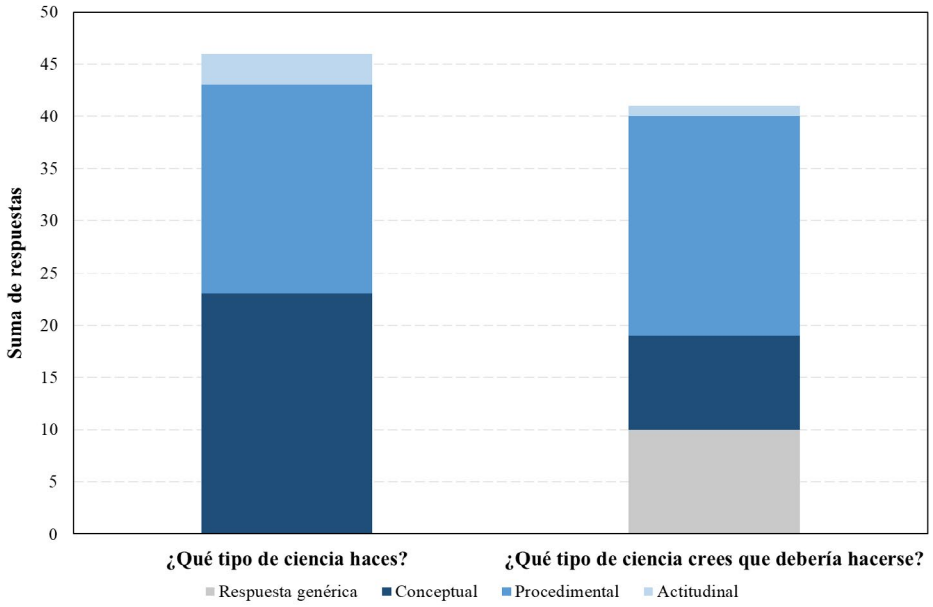


Figura 1. Suma de respuestas para la variable "tipo de ciencia escolar" que los y las docentes afirman hacer y creen que debería hacerse en las aulas de Educación Infantil.

En relación con la variable "tipo de actividades", en la Figura 2 puede observarse que, tanto en las actividades que los y las docentes realizan en sus aulas de EI como en las que opinan que deberían hacerse, las actividades de exploración/manipulación (exploración en el patio, manipulación de distintos elementos como, por ejemplo, juegos de construcción...) son mayoritarias: 25 de las 35 respuestas válidas obtenidas (71.4%) y 24 de las 33 respuestas válidas obtenidas (72.7%), respectivamente. Asimismo, aunque 13 docentes (37.1%) afirman hacer actividades de experimentación (con luces, mezclas, diferentes texturas...), son muchas más las que opinan que este tipo de actividades son las que deberían realizarse en esta etapa (22 – 66.7%). Por otro lado, las actividades de observación también aparecen en las respuestas sobre las actividades que los y las docentes hacen en sus aulas (11 – 31.4%) y las que se deberían hacer en esta etapa (7 – 21.2%). Además, nombran en sus respuestas otras actividades que no han sido clasificadas en las categorías anteriores. En el caso de las que hacen en sus aulas de EI, se registran 24 respuestas que hacen referencia a otras actividades (68.6%), entre las que se pueden encontrar el uso de utensilios como morteros, cuchillos sin filo, recipientes con distinto volumen, etc. (10 respuestas – 28.6%) o el huerto escolar (6 respuestas – 17.1%), entre otras. Sin embargo, solo 3 respuestas (9.1%) incluyen otro tipo de actividades no incluidas en las categorías establecidas para aquello que los y las docentes consideran que debería hacerse en esta etapa, pero sin especificarlas.

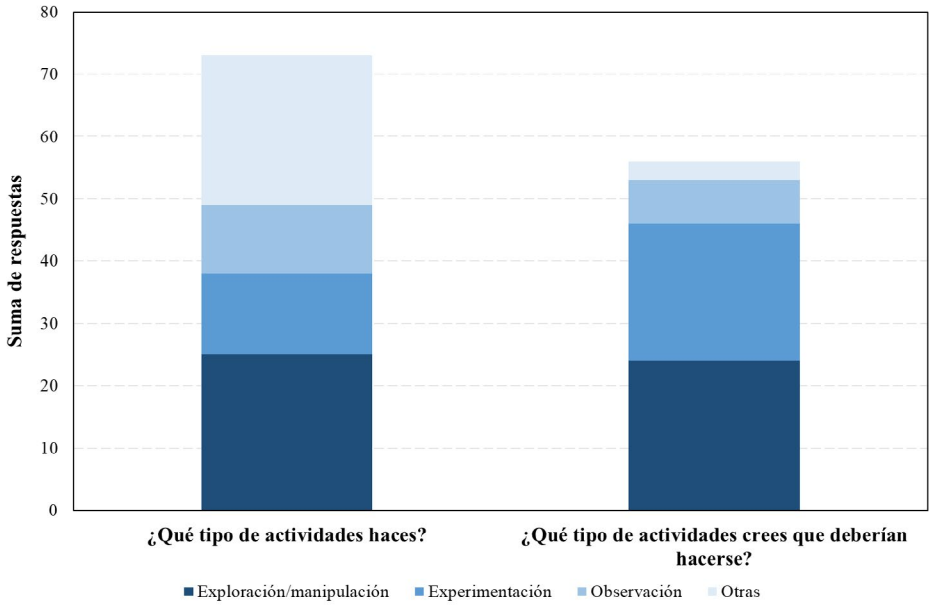


Figura 2. Suma de respuestas para la variable "tipo de actividades" que los y las docentes afirman hacer y creen que debería hacerse en las aulas de Educación Infantil.

CONCLUSIONES

Del análisis de las respuestas de 37 docentes en activo de ambos ciclos de Educación Infantil sobre el tipo de ciencia escolar y las actividades que hacen y que creen que se deberían hacer en las aulas de esta etapa educativa, se desprende que los y las docentes de EI afirman trabajar contenidos conceptuales y procedimentales en sus aulas, siendo muy escasa la mención a los contenidos actitudinales y, por tanto, la referencia explícita al respeto, cuidado y protección del entorno natural. Por otro lado, las actividades de exploración y manipulación son las más frecuentes en las aulas, una práctica coherente con el ciclo educativo analizado, en el que se promueve la interacción directa con los materiales. Sin embargo, los y las docentes de EI creen que la experimentación debería tener una gran presencia en las aulas, junto con la exploración y manipulación, lo que puede sugerir que reconocen el valor educativo de esta estrategia educativa. Puede quedar para un futuro analizar cómo es la implementación de las actividades en las aulas de EI y/o la discusión de estas respuestas o similares en grupos focales de discusión, para poder profundizar en las respuestas, razones y vocabulario de las y los docentes de EI, puesto que sabemos que la falta de un lenguaje común es una realidad cuando la universidad y la escuela dialogan. Consideramos que trabajos como éste pueden contribuir a mejorar la comunicación entre la escuela y la universidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto de investigación "Formación permanente en ciencias experimentales y su didáctica para maestras de Educación Infantil y primer ciclo de Educación Primaria" (CIGE/2023/90) financiado por la Conselleria de Educación, Universidades y Empleo de la Generalitat Valenciana.

REFERENCIAS

Alarcón Orozco, M. M., Franco-Mariscal, A, J. y Blanco-López, Á. (2022). Ayudando a maestros en formación inicial a desarrollar indagaciones en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *19*(1), 1601. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1601

Aragón, L., Novo Molinero, M., Salvadó Belart, Z. y Pérez-Martín, J. M. (2024). ¿Entendemos todas y todos lo mismo? Distintas ideas sobre lo que es y no es Ciencia en Educación Infantil. En J. Cantó y J. Solbes (Eds.), *La formación inicial de maestras y maestros de Educación Infantil en ciencias experimentales* (pp. 39-53). Tirant humanidades.

Cantó Doménech, J., de Pro Bueno, A. y Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 34*(3), 25-50. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870

Cantó, J. y Serrano, N. (2017). ¿Cuáles son los principales problemas para hacer presentes las ciencias en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en ejercicio. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, Número Extraordinario,* 1995-2000.

García-Carmona, A., Criado, A. M. y Cañal, P. (2014). Alfabetización científica en la etapa 3-6 años: un análisis de la regulación estatal de enseñanzas mínimas. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 32*(2), 131-149. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.817

Marcos-Merino, J. M. y Calvino Pérez, E. (2024). Enseñanza de la ciencia en las aulas de Educación Infantil según los docentes en activo: implicaciones en la formación del profesorado. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 42*(3), 33-54. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6095

Mateo González, E., Sáez-Bondía, M. J., Martín-García, J. y Fernández López del Moral, S. (2023). Algunos principios de diseño de ciencias de libre elección monotemáticos. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 45*, 35-52. https://doi.org/10.7203/dces.45.27360

Mosquera Bargiela, I., Puig, B. y Blanco Anaya, P. (2018). Las prácticas científicas en infantil. Una aproximación al análisis del currículum y planes de formación del profesorado de Galicia. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 36*(1), 7-23. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2311

Pedreira, M. (2006). *Dialogar con la realidad. Cuadernos Praxis para el profesorado. Educación Infantil. Orientaciones y recursos*. CISS_Praxis.

Pedreira Álvarez, M., Lemkow-Tovias, G., Eugenio-Gozalbo, M. y Martín-García, J. (2025). Espacios de ciencia inclusivos de libre elección: fundamentación teórica e implicaciones para su diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 22*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i3.3101

Pérez-Martín, J. M., Salvadó, Z., Sánchez-Ferrezuelo, L., Gairal-Casadó, R. y Novo, M. (2022). Entrando por la otra puerta: la indagación para promover el razonamiento científico infantil. *Contextos educativos, 30*, 61-82. http://doi.org/10.18172/con.5333

Sanz, J., Zuazagotia, D., Lizaso, E. y Pérez, M. (2021). ¿Promueven los patios naturalizados el desarrollo de la competencia científica? Un estudio de caso en la educación infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(2), 2203. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2203

Álbumes ilustrados y juegos para enseñar ciencias en la etapa infantil: retos y oportunidades

Noëlle Fabre[1], Genina Calafell[1], Salvador Viciana[1], Ferran Crespo[1], Sandra Entrena[1], Cinthia Pereira[1], Montserrat Olmeda[1]*

[1]Dpto. de Educación Lingüística, Científica y Matemática. Facultad de Educación. Universidad de Barcelona.

[*] Correspondencia: nfabre@ub.edu

RESUMEN: El objetivo de la presente investigación fue identificar los criterios que movilizan las estudiantes del Grado de Maestro/a de educación infantil en relación con la enseñanza de las ciencias a la hora de seleccionar recursos como los álbumes ilustrados y los juegos para dar sus clases. La muestra estuvo compuesta por 68 estudiantes de una asignatura obligatoria de didáctica de las ciencias naturales de tercer curso del grado mencionado. Durante una actividad de la asignatura, las participantes analizaron tres juegos y dos álbumes ilustrados, identificando sus fortalezas y debilidades como recursos didácticos. Los datos recabados se contrastaron con criterios de valoración establecidos en la literatura especializada. Los resultados revelaron que, en los álbumes ilustrados, el estudiantado priorizó los contenidos y la narrativa, otorgando menor importancia a la transversalidad y al potencial para generar preguntas. En cuanto a los juegos, los aspectos más destacados fueron los contenidos, el formato y las dinámicas, mientras que el disfrute y el equilibrio entre juego y aprendizaje resultaron menos valorados. Se concluye que, aunque las futuras docentes evalúan positivamente la adecuación del contenido y el formato a la edad infantil, carecen de una visión profunda sobre el potencial de estos recursos para fomentar aspectos clave como la indagación científica y la conexión interdisciplinar. Además, es necesario reforzar, durante la formación inicial docente, la importancia de equilibrar el componente lúdico con el aprendizaje y el uso de preguntas investigables.

PALABRAS CLAVE: formación inicial docente; didáctica de las ciencias; recursos didácticos; cuentos; aprendizaje basado en juegos

ABSTRACT: The objective of this research was to identify the criteria employed by Early Childhood Education pre-service teachers regarding science teaching when selecting resources such as picture books and games for their classrooms. The sample consisted of 68 third-year students enrolled in a compulsory Natural Sciences Didactics course. During a course activity, participants analyzed three games and two picture books, identifying their strengths and weaknesses as educational resources. The collected data were compared against assessment criteria established in specialized literature. The results revealed that, regarding picture books, students prioritized content and narrative while giving less importance to transversality and the potential to generate questions. Concerning games, the most highlighted aspects were content, format, and dynamics, whereas enjoyment and the balance between play and learning were less valued. It is concluded that, although future teachers positively evaluate the suitability of content and format for early childhood, they lack a deep understanding of the potential of these resources to foster key aspects such as scientific inquiry and interdisciplinary connections. Furthermore, it is necessary to reinforce, during initial teacher training, the importance of balancing the ludic component with learning and the use of investigable questions.

KEYWORDS: initial teacher training; science didactics; educational resources; storybooks; game-based learning

INTRODUCCIÓN

Existe un consenso académico sobre la utilidad de los álbumes ilustrados (libros en los que el texto y las imágenes constituyen dos lenguajes complementarios) y los juegos educativos (cuyo objetivo es fomentar el aprendizaje) como herramientas eficaces para la enseñanza de las ciencias (Mayer, 1995; Yildiz y Zengin, 2021). No obstante, el profesorado suele carecer de la orientación necesaria

para seleccionar estos recursos (Donovan y Smolkin, 2002), lo cual representa un riesgo crítico si lo aplicamos a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Esta falta de formación puede derivar en la elección de materiales inadecuados (Sudol y King, 1996) que, con frecuencia, contienen concepciones alternativas o errores conceptuales tanto de los contenidos científicos como de la idoneidad didáctica (Yimaz et al., 2020). Bajo esta premisa se articula el proyecto de innovación "Estimulación de la alfabetización ecológica desde el análisis crítico de juegos y cuentos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales en la formación de los maestros de Educación Infantil" (2025PID-UB/021), concedido por la Universidad de Barcelona, cuyo objetivo es evaluar si una intervención reflexiva —centrada en criterios de selección y en la identificación de errores comunes en libros y juegos— optimiza la capacidad crítica del futuro profesorado de Educación Infantil al elegir materiales para la enseñanza de las ciencias naturales.

Para garantizar una selección de calidad, es imperativo aplicar criterios rigurosos. En el ámbito de los álbumes ilustrados, la National Science Teachers Association (NSTA, 2026) establece estándares anuales que incluyen la adecuación del texto, la precisión del modelo científico, el fomento de la indagación, la calidad narrativa y visual, y la ausencia de prejuicios. En el contexto nacional, se ha propuesto el acrónimo CONTE (Ferran et al., 2014) como una versión simplificada de estos criterios, priorizando: Contenidos, Originar preguntas/indagación, Narración atractiva, Transversalidad y Experiencia gratificante. En cuanto a los géneros literarios, se distinguen los cuentos, los libros informativos no narrativos, los libros informativos narrativos y los libros de doble propósito, siendo los de tipo cuento los más adecuados para edades tempranas (Donovan y Smolkin, 2002). Asimismo, en Educación Infantil destacan los libros sensoriales y aquellos con elementos mecánicos o pop-up por su potencial didáctico (Rahmawati y Rukiyati, 2018). Por otra parte, en el ámbito de los juegos, es fundamental distinguir entre los comerciales (orientados al ocio) y los denominados juegos serios (serious games), cuyo diseño prioriza el aprendizaje. La calidad de estos recursos se evalúa mediante la confluencia entre su componente didáctico y su dimensión lúdica (Caserman et al., 2020; Martínez et al., 2022). En este contexto, es crucial que la dimensión lúdica actúe como un motor de alfabetización científica, donde las mecánicas del juego (reglas, retos y toma de decisiones) se alineen con la comprensión de fenómenos naturales y el desarrollo del pensamiento crítico.

En el presente estudio —correspondiente a la fase inicial del proyecto— se propone identificar los criterios que movilizan las estudiantes del Grado de Maestras de educación infantil en relación con la enseñanza de las ciencias a la hora de seleccionar recursos como los álbumes ilustrados y los juegos para dar sus clases. Esta diagnosis permitirá conocer los conocimientos previos de las estudiantes para mejorar desde de la formación inicial de maestros el uso de estos recursos en su futura práctica docente en las aulas de Educación infantil.

METODOLOGÍA

Participantes

La experiencia se ha desarrollado durante el curso 2025-26 en tres grupos clase (número de matrículas por grupo: G1: 35, G2: 32, G3: 33) de la asignatura obligatoria Conocimiento y Exploración del Entorno Natural (CEEN) de tercer curso del grado de Maestro de Educación Infantil de la Universidad de Barcelona. Se recogieron datos de los 68 estudiantes que aceptaron participar en la actividad, tras ser informados debidamente sobre las características del estudio y garantizándoles que el proceso sería anónimo en todo momento.

Diseño de la intervención

La experiencia consistió en una actividad, llevada a cabo en un aula con mesas amplias. El estudiantado estuvo organizado en los equipos de trabajo de la asignatura, con una composición de 4-5 participantes en cada equipo. Al inicio de la sesión el/la docente introdujo la actividad, especificando que el objetivo de la sesión era analizar cinco recursos diferentes: dos álbumes ilustrados y tres juegos (Tabla 1).

Tabla 1. Nombre, tipología y breve descripción de cada uno de los recursos utilizados.

NOMBRE DEL RECURSO	TIPO DE RECURSO	DESCRIPCIÓN DEL RECURSO
Animales del mar (Libros de baño). Susaeta.	Álbum ilustrado	Libro sobre los animales del mar, con imágenes infantiles, así como textos cortos explicando curiosidades de algunos de los animales. El libro está hecho de plástico para poder mojarse. Adecuado para educación infantil.
El gran oso que se tragó una mosca. Combel.	Álbum ilustrado	Cuento con ilustraciones infantiles de tipo pop-up, que explica una cadena trófica con sentido del humor. Adecuado para infantil.
Hit cards insectos. Imagiland.	Juego de cartas	Juego de cartas sobre insectos. Cada carta muestra una fotografía real del insecto, así como información relevante. Hay cuatro variantes de juego en la que intervienen las características y descripciones de los animales. Los contenidos no son precisos ni claros. No es adecuado para infantil.
Puzle El Bosque. Ludum.	Juego tipo Puzle	Dos puzles (que se pueden unir entre sí) mostrando diferentes animales que viven en el bosque, tanto en superficie como bajo el suelo. La imagen es una ilustración en color. Adecuado para infantil.
Desafíos de la naturaleza. Europa. Bioviva.	Juego de cartas	Juego de cartas sobre mamíferos que viven en Europa. Cada carta muestra una fotografía real, así como información sobre el animal. El juego consiste en que cada jugador toma una carta y gana el que tenga el valor más alto en aquella categoría que se haya decidido con antelación. El estatus de conservación de cada animal tiene repercusión en la dinámica del juego. El contenido es preciso, pero demasiado complejo. No es adecuado para infantil.

Los materiales se distribuyeron en distintas estaciones de trabajo, cada una equipada con tarjetas de colores y un sobre identificado para su recolección. Durante intervalos de 10 a 15 minutos, los grupos realizaron una exploración de cada material seguida de una valoración individual por escrito (identificando tanto las potencialidades como las limitaciones del recurso en su dimensión como herramienta didáctica). Una vez depositadas las tarjetas en el sobre para preservar la independencia de los juicios, se permitía una breve discusión grupal. La rotación entre estaciones se realizó de forma circular (sentido horario), coordinada mediante una señal acústica emitida por el docente, hasta completar el circuito completo de recursos.

Tras finalizar la dinámica grupal, se llevó a cabo una puesta en común con el grupo-clase para debatir las impresiones generales que suscitaron los recursos analizados, en esta, los docentes introducían, en función del debate, los criterios didácticos para la evaluación de dichos materiales, profundizando en la identificación de las concepciones alternativas más recurrentes y proporcionando estrategias metodológicas para su detección.

Instrumentos

El análisis de los datos (valoraciones individuales) se llevó a cabo mediante una tabla de verificación (Tabla 2), cuyos ítems se fundamentaron en adaptaciones de los criterios CONTE (Ferran et al., 2014) para los libros, y en algunas de las dimensiones propuestas por Caserman et al. (2020) para los juegos. Adicionalmente, se incorporaron dos ítems específicos para el análisis de los juegos —formato y dinámica—, al considerarse factores determinantes que podrían emerger de manera espontánea en las reflexiones del alumnado.

Tabla 2. Tabla de verificación para evaluar los análisis individuales elaborados por el estudiantado. Se indica cada ítem, así como las características que debían aparecer en los análisis para considerar que se habían tenido en cuenta.

TIPO DE RECURSO	ITEM	VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO
Álbum ilustrado	Contenido científico	El recurso presenta (o no) un contendido científico claro y adecuado para el alumnado de infantil
	Origina preguntas/ actividades de indagación	El recurso invita (o no) a plantearse preguntas y es un buen punto de partida para empezar un proceso de indagación
	Narración atractiva	El recurso presenta (o no) una narración que atrapa al lector, o contiene imágenes atractivas, o tiene elementos sorpresa como solapas, pop-up, texturas…*
	Temas transversales	El recurso presenta (o no) conexión con temas de otras áreas u otros aspectos destacados
	Experiencia gratificante	El recurso facilita (o no) la vivencia de una experiencia gratificante
Juego	Objetivos	El juego presenta (o no) unos objetivos claros que se relacionan con el tema a aprender
	Contenidos	El juego presenta (o no) unos contenidos adecuados
	Disfrute	El juego favorece (o no) las emociones positivas, la participación, la sociabilización y la inmersión
	Equilibrio	El juego presenta (o no) un buen equilibrio entre la parte de aprendizaje y la de diversión
	Formato	El juego tiene (o no) un soporte y presentación adecuados (material, tipo de juego, diseño de las imágenes y los textos, etc.)
	Dinámica	El juego implica (o no) una serie de acciones y procesos que son adecuados para el nivel y la edad

Análisis de datos

La tabla de verificación permitió codificar los análisis elaborados por el estudiantado mediante una variable dicotómica (presencia o ausencia) para cada criterio de estudio. Al respecto, se consideró que un criterio estaba presente siempre que el participante mencionara explícitamente su cumplimiento o su deficiencia en el recurso, dado que en ambos supuestos se evidenciaba la integración de dicho factor en su esquema de análisis. A partir de estos datos, se procedió al cálculo de frecuencias y a la elaboración de un análisis descriptivo cuantitativo.

RESULTADOS

Los resultados para los recursos tipo álbum ilustrado (Tabla 3), revelaron que el estudiantado destacaba como factores importantes en sus valoraciones los contenidos y los aspectos relacionados con la narración (hilo conductor, ilustraciones atractivas, estímulos sensoriales, etc.). Un número más bajo hizo mención a la importancia de generar una experiencia gratificante (que el recurso fuese divertido, entretenido). Hubo una porción anecdótica que hizo mención del potencial del recurso para originar preguntas, iniciar indagaciones o reflexiones. De forma similar, fue prácticamente inexistente la mención a la transversalidad.

Tabla 3. Proporción de estudiantes que mencionaron los distintos criterios de valoración en su análisis de los recursos tipo álbumes ilustrados.

ÁLBUMES ILUSTRADOS	Contenido	Origina preguntas	Narración	Transversalidad	Experiencia
Animales del mar	72,7%	1,5%	86,4%	1,5%	7,6%
El gran oso que se tragó una mosca	58,5%	3,1%	92,3%	1,5%	35,4%

En cuento a los resultados para los recursos tipo juego (Tabla 4), se vio que, en su análisis, el estudiantado destaca como importantes los contenidos, el formato y las dinámicas. En cambio, otras características como los objetivos del juego son mencionados por menos de la mitad del estudiantado. Los aspectos de disfrute y de equilibrio entre el aspecto lúdico y de aprendizaje aparecen en muy pocas ocasiones en los análisis realizados.

Tabla 4. Proporción de estudiantes que mencionaron los distintos criterios de valoración en su análisis de los recursos tipo juego.

JUEGOS	Objetivo	Contenido	Disfrute	Equilibrio	Formato	Dinámica
Hit cards insectos	34,8%	71,2%	9,1%	4,5%	71,2%	66,7%
Puzle	41,2%	51,5%	29,4%	5,9%	58,8%	72,1%
Desafíos de la naturaleza	41,3%	73,0%	6,3%	17,5%	55,6%	82,5%

CONCLUSIONES

El estudiantado del Grado en Educación Infantil suele abordar el uso de cuentos y juegos en diversas asignaturas de la titulación; no obstante, su análisis tiende a focalizarse en aspectos lingüísticos o de transmisión de valores, omitiendo generalmente una perspectiva crítica en el contexto de la enseñanza de las ciencias. En este sentido, los resultados del presente estudio revelan que los criterios de selección aplicados por los futuros docentes a álbumes ilustrados y juegos científicos difieren, en varios puntos, de las recomendaciones de la literatura especializada.

A pesar de estas divergencias, existen criterios transversales que los estudiantes consideran prioritarios en ambos tipos de recursos. Destaca, en primer lugar, la importancia otorgada a los contenidos; los estudiantes suelen mencionarlos con frecuencia en sus análisis, priorizando la correspondencia con el currículo oficial y la adecuación del nivel de dificultad al desarrollo cognitivo del infante. Sin embargo, esta atención al contenido no garantiza una elección libre de concepciones alternativas, aspecto que se profundizará en una fase posterior de este proyecto de innovación. En segundo lugar, se otorga una relevancia significativa a la dimensión estética y sensorial —identificada como ítem «narrativa» en los álbumes y «formato» en los juegos—. El estudiantado prioriza recursos visualmente atractivos que generen sensaciones ricas y variadas a través del material. Un hallazgo paradójico reside en la escasa valoración de los ítems relacionados con el disfrute (experiencia gratificante o lúdica). Los resultados sugieren que, al proyectar la enseñanza de las ciencias, el estudiantado se concentra excesivamente en la transmisión de conceptos, relegando el factor lúdico a un segundo plano. Este fenómeno evidencia una dificultad para integrar los aprendizajes transversales de su formación: aunque conocen el potencial del juego y la literatura para generar experiencias significativas, no suelen incorporarlos de forma efectiva en el diseño de actividades científicas, posiblemente debido a una visión preconcebida de la ciencia como una disciplina rígida o poco amena.

En cuanto a las particularidades de cada recurso, resulta notable que el estudiantado no identifique el potencial de los álbumes ilustrados para suscitar preguntas o fomentar la indagación. Al ser este un criterio específico de la didáctica de las ciencias, se torna esencial integrarlo en la formación

docente, dado que estos recursos ofrecen escenarios motivadores para iniciar procesos de curiosidad e investigación de forma natural. Asimismo, la transversalidad fue otro aspecto omitido, lo que refleja la fragmentación entre asignaturas y la necesidad de promover un enfoque interdisciplinar que trascienda el área de ciencias. Respecto a los juegos, más allá del contenido y el formato, los futuros maestros destacan la importancia de las dinámicas y la adecuación de la actividad a la edad. No obstante, pocos advierten la necesidad de equilibrar la dimensión de aprendizaje con la de diversión para que un juego educativo sea realmente efectivo. Este equilibrio debe ser un eje central en la instrucción sobre el uso de juegos serios para el aprendizaje de disciplinas específicas.

En conclusión, si bien el alumnado posee una base sólida para la selección de recursos en términos de formato y adecuación curricular, es imperativo que las asignaturas de didáctica de las ciencias proporcionen herramientas específicas. Estas deben orientarse a potenciar la curiosidad, la indagación y la conexión de los fenómenos científicos con otras áreas del conocimiento, transformando el recurso en un motor de aprendizaje activo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Donovan, C.A., y Smolkin, L.B. (2002). Considering genre, content, and visual features in the selection of trade books for science instruction. *The Reading Teacher*, *55*, 502–520.

Ferran, N., Levrero, G., y Márquez, C. (2013). Àlbums il· lustrats a la classe de ciències. Criteris per a la selecció. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, *27*, 26-33.

Martinez, K., Menéndez-Menéndez, M. I., y Bustillo, A. (2022). A new measure for serious games evaluation: Gaming Educational Balanced (GEB) model. *Applied Sciences*, *12*(22), 11757. https://doi.org/10.3390/app122211757

Mayer, D. A. (1995). How Can We Best Use Children's Literature in Teaching Science Concepts? *Science and Children*, *32*(6), 16.

NSTA, National Science Teachers Association (2026). *Outstanding Science Trade Books for Students. Book content guidelines.* https://www.nsta.org/sites/default/files/2026OSTB-_Book-Content-Guidelines.pdf

Rahmawati, D. I., y Rukiyati, R. (2018). Developing pop-up book learning media to improve cognitive ability of children aged 4-5 years. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, *249*, 60-69. https://doi.org/10.2991/secret-18.2018.10

Sudol, P., y King, C. M. (1996). A checklist for choosing nonfiction trade books. *The Reading Teacher*, *49*(5), 422-424.

Yildiz, S., y Zengin, R. (2021). Effect of Science Education Provided with Digital and In-Class Games on the Scientific Process Skills of Preschool Children. *Journal of Science Learning*, *4*(4), 385-393.

Yilmaz, M. M., Ozen Uyar, R., y Aslan, D. (2020). Misrepresentation of science concepts in Turkish picture books. *Issues in Educational Research*, *30*(3), 1183-1203.

El valor de la educación al aire libre para los maestros en ejercicio

Luis Miguel Ferrer Bueno[1]; Javier Martínez Aznar[2]

[1]Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Zaragoza

[2]Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Zaragoza

* Correspondencia: luismifb@unizar.es

RESUMEN: Los beneficios e incluso la necesidad para el correcto desarrollo y el aprendizaje de los niños y niñas de la educación al aire libre son una realidad cada vez más clara y refrendada por la investigación. Las escuelas bosque ofrecen un marco en el que este contacto con la naturaleza se da de manera continua. En esta ponencia exploramos los beneficios que dicha educación al aire libre podría tener también para las maestras y maestros que la ejercen y como podría ayudar a salvar algunas de las dificultades que dichos maestros encuentran en el ejercicio de su profesión. Mediante entrevistas a maestros en ejercicio de dos escuelas bosque de Aragón, (Bosqueleta y Abellota) se analizan las aportaciones y beneficios que este marco pedagógico supone. Los resultados apuntan que impartir las clases al aire libre ayuda a salvar algunas de las dificultades expresadas por los maestros en el ejercicio de su profesión y concretamente en la enseñanza de las ciencias.

PALABRAS CLAVE: educación en la naturaleza; maestros en ejercicio; bosquescuela;

ABSTRACT: The benefits—and even the necessity—of outdoor education for the proper development and learning of children are becoming increasingly clear and are supported by research. Forest schools provide a framework in which this contact with nature occurs continuously.

In this presentation, we explore the benefits that such outdoor education could also have for the teachers who practice it, and how it might help address some of the difficulties they encounter in their profession. Through interviews with practicing teachers from two forest schools in Aragón, (Bosqueleta y Abelllota) the contributions and benefits of this pedagogical framework are analyzed.

The results suggest that, indeed, teaching outdoors helps to overcome some of the difficulties expressed by teachers in the exercise of their profession and specifically in the science area.

KEYWORDS: nature-based education; practicing teachers; forest school;

INTRODUCCIÓN

Crisis ecosocial

El siglo XXI considerado por Jorge Riechmann (2000) el "siglo de la gran prueba" avanza y el marco de crisis ecosocial en el que esa frase se enmarca, es cada día más evidente. Por un lado, desde un punto de vista ambiental, los límites biofísicos del planeta están sobrepasados y se estima que, aproximadamente, las dos terceras partes de los servicios de la naturaleza están ya muy deteriorados (Meadows, 2004; Reid, 2005); asimismo el cambio climatico avanza y se evidencia día a día según el sexto informe del IPCC de 2023. Por otro lado, en referencia a los aspectos sociales nos encontramos ante la creciente desigualdad entre las personas, el consumo irracional o el enorme poder de configuración que tiene hoy en día la tecnociencia (Díez, 2025; Riechmann,2000)

En este momento sociohistórico, resulta crucial replantearse cómo avanzar en la construcción de una sociedad y un planeta que desarrolle otro modelo más respetuoso, más sostenible, ante este modelo de producción y consumo y el tremendo deterioro socioambiental global que provoca este modelo en nuestro ecosistema (Gómez-Luna, 2020). Es aquí donde la educación adquiere un rol relevante como vector de transformación y de cambio.

La educación en la naturaleza

Jorge Riechmann afirma que todos los docentes deberíamos comenzar nuestras clases con la frase *"Estamos en guerra con la naturaleza y la estamos perdiendo"*. Es necesario pues que el ser humano cambie su relación con la naturaleza, la forma de sentirse en ella, de conocerla, de acercarse y de interactuar y la educación de los más pequeños, de las nuevas generaciones es en ese sentido, esencial.

Autores como Joseph Cornell (2018) hablan de la necesidad de contacto del ser humano con el entorno natural y demuestra que "el contacto con la naturaleza aumenta nuestra sensación de estar vivos, así como nuestra capacidad de asombro y conexión".

Por otro lado, Richard Louv (2018) acuñó el término "Trastorno por déficit de naturaleza", y todo parece indicar que la necesidad de naturaleza es tan importante para el desarrollo infantil como el sueño o la alimentación. Su carencia podría ser nefasta para las generaciones futuras. (Freire, 2011). Así, la educación en la naturaleza adquiere una necesidad y una urgencia vitales tanto para el propio bienestar de los más pequeños como para apostar por un futuro posible en el que se restaure la relación del ser humano con su entorno.

Las escuelas y la educación en la naturaleza

Desde un punto de vista pedagógico, cada vez más estudios demuestran que el entorno natural ofrece un marco completo que cubre las necesidades del alumnado para un desarrollo global y equilibrado (Bruchnner, 2021). Aunque todavía falta mucha bibliografía y estudios al respecto cada vez se van ampliando las referencias a la oportunidad que brinda el aprendizaje en el exterior a los niños y niñas para aprender ciencias (García, 2019) para desarrollar actitudes y trabajar emociones (Vázquez, 2007; Vázquez, 2007; Collado 2012) y para el bienestar general de los más pequeños tal y como apuntaban Cornell o Louv (Collado, 2012).

Así, y aunque a un ritmo lento, van creciendo las escuelas en España que optan por desarrollar bien completamente, bien gran parte del contenido curricular al aire libre. Siguiendo la estela de escuelas europeas, las bosqueescuelas van adquiriendo importancia y presencia como proyectos de educación mayoritariamente alternativos, fuera del sistema educativo oficial, en las que se prioriza el contacto de los peques con el entorno natural. En esta ponencia se hará referencia a dos de estas escuelas situadas en el Pirineo aragonés, Abellota y Bosqueleta.

LAS DIFICULTADES DE MAESTRAS Y MAESTROS EN EL EJERCICIO DE SU PROFESIÓN A LA HORA DE LLEVAR AL AULA PROPUESTAS DE CIENCIAS

Como ya hemos comentado, cada vez son más los estudios y la evidencia científica sobre la necesidad y los beneficios de la educación en la naturaleza para los más pequeños. Sin embargo, en la literatura científica escasean estudios sobre las consecuencias derivadas de impartir las clases al aire libre para los maestros y maestras de dichas escuelas.

Según Saéz Bondía et al (2024) el profesorado encuentra dificultades a la hora de llevar al aula practicas científicas. Dichas dificultades se dividen en dos grupos, las extrínsecas y las intrínsecas ligadas al Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) (Akuma y Callaghan, 2019). Según la categorización propuesta por Saéz Bondía et al (2024) en las dificultades extrínsecas encontramos referencias a aspectos que no tienen dependencia con las características o conocimientos del docente, sino con el contexto educativo en el que se inscribe su aula e incluye las categorías de Programa, Tiempo, Espacios y ratios y Recursos materiales y personales. Mientras que, en las dificultades intrínsecas, que son aquellas que constituyen parte del CDC encontramos categorías relacionadas con el Conocimiento curricular, el Conocimiento Metodológico o didáctico, el Conocimiento del alumnado y el Conocimiento de la evaluación.

El objetivo de este estudio es es determinar si el hecho de impartir clases en el medio natural de manera continuada puede mejorar la práctica docente y mitigar alguna de las dificultades referidas en la literatura.

METODOLOGÍA

Contexto de la investigación

Para esta investigación se ha trabajado con varios maestros y maestras de dos bosquescuelas en Huesca, Aragón. Las dos bosquescuelas son Abellota y Bosqueleta.

Abellota es una bosquescuela situada en Ulle, en la comarca de la Jacetania en el Pirineo aragonés. Cuenta con un total de 25 alumnos y 4 acompañantes de las cuales 3 son maestras y 1 orientadora. Nació en el año 2021, por el impulso de un grupo de madres y actualmente están constiuídos como una cooperativa

Bosqueleta es una escuela situada también en el Pirineo aragonés, concretamente en L'Aínsa. Cuenta con 6 peques de entre 3 y 6 años y tres acompañantes. De ellos dos son maestros y uno terapeuta ocupacional. Bosqueleta nació hace tres años como continuación de un proyecto anterior, Candeleta con 12 años de existencia previa.

Se han realizado entrevistas semiestructuradas y largas conversaciones con varios de los acompañantes. En esta ponencia se presentan únicamente las entrevistas realizadas y los resultados de las mismas a los acompañantes de Bosqueleta. En próximos trabajos se incluirán también las de Abellota que están en proceso de análisis.

Metodología

La metodología utilizada en esta investigación, cualitativa, ha sido el estudio de caso (Simons, 2011). El objetivo es analizar si la educación en la naturaleza, en el medio natural, podía ayudar a solventar o dismunuir en alguna medida las dificultades que encuentran las maestras en ejercicio a la hora de plantear y llevar a cabo en el aula actividades de ciencias (Sáez, 2024). Para ello se realizaron entrevistas a las maestras y maestros de las dos bosquescuelas citadas anteriormente.

Entrevistas realizadas

A continuación se presenta la entrevista realizada a las maestras y maestros.

1. - ¿Por qué elegiste ser maestro/a en una bosquelescuela?
2. - ¿Qué diferencias encuentras con ser maestro/a en una escuela "tradicional"?
3. - ¿Qué ventajas tiene para ti ser maestra en una bosquelescuela?
4. - ¿Qué inconvenientes?
5. - ¿Qué te da seguridad como maestra en una bosquescuela?
6. - ¿Hay algo que te genere inseguridad?

El objetivo de estas preguntas es poner de relieve tanto las dificultades como las fortalezas que encuentran los maestros en las clases al aire libre y en un entorno natural

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras analizar las entrevistas y las conversaciones con los maestros y atendiendo a la clasificación de Sáez Bondía (2024), encontramos que el hecho de impartir las clases al aire libre puede ayudar y servir de apoyo en algunas de dichas dificultades.

En la Tabla 1 se presentan las dificultades de acuerdo a la clasificación de Sáez (2024) y las fortalezas y aportaciones ligadas al hecho de impartir las clases en el bosque relacionadas con las dificultades citadas.

Tabla 1. Dificultades de las maestras y aportaciones de las clases al aire libre.

CATEGORÍAS EXTRÍNSECAS	Aportaciones de las clases en la naturaleza
Programa	Al no seguir un curriculum oficial, las restricciones de programa son menores, las maestras se sienten más libres para adaptar los contenidos presentados a los peques
Tiempo	La falta de tiempo para preparar y coordinarse sigue presente. Aparece sin embargo la ventaja de la flexibilidad en el horario a lo largo de la jornada que permite alargar o acortar las actividades propuestas en función del desarrollo de la misma y de la implicación de los peques y no únicamente en función de la hora.
Espacios y ratios	Aquí también aparecen referencias a la facilidad y las posibilidades que ofrece el aire libre como entorno educativo, sin limitaciones de espacio físico. La ratio es de 6 peques/ acompañante lo que permite además mayor atención y seguimiento. Los acompañantes consideran que para este tipo de enseñanza la ratio máxima debería ser de 10 niños y niñas.
Recursos materiales y personales	Los acompañantes hacen referencia en este aspecto a la cantidad de recursos que ofrece el medio de forma gratuita y totalmente accesibles. La falta de recursos personales también aparece como una de las dificultades importantes.
CATEGORÍAS INTRÍNSECAS	**Aportaciones de las clases en la naturaleza**
Conocimiento disciplinar	Aparece como una dificultad de las acompañantes. En cierta medida se ve suplida por el entorno natural. Los maestros aseguran que la falta de conocimientos específicos, determinados y concretos, se ve suplida por la sola estancia en el bosque, en el entorno, que no hace falta saberlo todo, que solo con "estar", ya se producen en los peques y en ellos mismos grandes aprendizajes.
Conocimiento metodológico y didáctico	También aparece como una dificultad importante pero también nombran que se ve paliada en cierta medida por el mero hecho de estar en el bosque. De alguna manera, ocurre algo maravilloso y especial, los acompañantes se sienten acompañados también y mucho más seguros que en las clases en el interior. La naturaleza está ahí y hace de maestra para todos.
Conocimiento del alumnado	No representa una dificultad especial cuando acompañan en el exterior. La ratio también permite adaptarse mejor a las necesidades de cada peque. Los únicos conocimientos realmente considerados necesarios son los de cuidado de sí mismos, de los demás y del entorno cuando estamos fuera y esos los adquieren muy rápido cuando se acostumbran a estar fuera.
Conocimiento de la evaluación	No aparece como una dificultad.

Los principales resultados son que en las dificultades extrínsecas, los maestros encuentran que el entorno es un gran aliado sobre todo en cuanto a espacios y recursos materiales. En el apartado de dificultades intrínsecas, los maestros también recalcan que ayuda mucho impartir las clases en la naturaleza sobre todo tanto en el conocimiento disciplinar como en el metodológico y didáctico. Por lo tanto se aportan caminos concretos para solventar o mitigar algunas de las dificultades referidas en la bibliografía (Sáez Bondía, 2024) y supone pues un camino para seguir investigando y avanzando.

CONCLUSIONES

Tras analizar las entrevistas y conversar con los maestros, podemos señalar que la educación en la naturaleza y el propio entorno, efectivamente, podrían ayudar a paliar en diferentes grados, algunas de las dificultades que encuentran los maestros en el ejercicio de su profesión centradas sobre todo en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Tanto en algunas de las dificultades extrínsecas como intrínsecas los maestros se ven ayudados por el hecho de realizar las actividades y las clases en un entorno natural exterior. Describen incluso una sensación de sentirse seguros, acompañados, motivados y felices por el simple hecho de estar y compartir en el bosque, de sentirse parte de él, parte misma del bosque y por lo tanto, desde ahí, el proceso de enseñanza-aprendizaje se da de manera mucho más natural.

Nos atrevemos pues a animar a todos los maestros y maestras a salir al campo, al aire libre, a ofrecer a los peques la oportunidad de sentirse también parte del bosque y de la naturaleza. También a amar, cuidarla, a vivir la naturaleza e incluso a vivirse y descubrirse a si mismos en ella y como parte de ella, porque como afirma Heike Freire (2011) "Aprender a amar la Tierra es el reto fundamental para un cambio ecológico auténtico y duradero".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akuma, F. V., y Callaghan, R. (2019). A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. Journal of Research in Science Teaching, 56(5), 619-648. https://doi.org/10.1002/tea.21516

Bruchner, P., y Aragón, A. (2021). Bosquescuela. Un modelo de escuela sostenible en la naturaleza. *AULA: Revista de Pedagogía de la Universidad de Salamanca*, 27, 209–233

Collado Salas, S. (2012). *Experiencia infantil en la naturaleza: efectos sobre el bienestar y las actitudes ambientales en la infancia* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, España.

Cornell, J. (2018). *Compartir la naturaleza. Juegos y actividades para reconectar con la naturaleza. Para todas las edades*. La Traviesa Ediciones.

Freire, H. (2011). *Educar en verde: Ideas para acercar a niños y niñas a la naturaleza*. Graó.

García, E. y Schenetti, M. (2019). Las escuelas al aire libre como contexto para el aprendizaje de las ciencias en infantil. El caso de la Scuola nel Bosco Villa Ghigi. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 16(2), 2204. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2204.

IPCC. (2023). *Cambio climático 2023: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. www.ipcc.ch

Louv, R. (2018). *Los últimos niños en el bosque: salvemos a nuestros hijos del trastorno por déficit de naturaleza*. Capitán Swing.

Meadows, D., Randers, J., y Meadows, D. Limits to growth: the 30 years update, White River Junction (UT), Chelsea Green, Londres, 2004.

Reid, W. (dir.), Informe evaluación ecosistemas del milenio, 2005. Disponible en: www.milleniumassessment.org

Riechmann, J. (2000). *Un mundo vulnerable*. Madrid: Los Libros de la Catarata.

Sáez Bondía, M.J., Martín, J. Y Mateo, E. en Martín-Garcia, J., et al. (2024). *Dificultades y necesidades para la puesta en marcha de prácticas científicas: un marco para su caracterización*. ResearchGate

Simons, H. (2011). *El estudio de caso: Teoría y práctica*. Ediciones Morata.

Vázquez, Á., y Manassero, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, *4*(2), 247-271. https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3803 Universidad de Cádiz.

Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): evidencias empíricas derivadas de la investigación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 4(3), 417-441*

Impacto emocional de una metodología de aula invertida en la enseñanza universitaria de las ciencias

Hernández-Barco, M.A.[1], Rodríguez-Laguna, M.T.[2], Ortega-Higueruelo, F.J.[3], López-Comazzi, A.[4] y Larrodera-Baca, C.[5]

* Correspondencia: miriamandrea.hernand@uah.es

RESUMEN: Las emociones desempeñan un papel fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, especialmente en la formación inicial del profesorado, ya que pueden influir en la futura práctica docente y en la forma en que los maestros enseñarán esta disciplina. En este contexto, el presente trabajo analiza las emociones que experimentan los futuros maestros de Educación Primaria hacia las ciencias y cómo estas se modifican (o no) tras cursar una asignatura universitaria de didáctica de las ciencias experimentales. La investigación se llevó a cabo con estudiantes del Grado en Educación Primaria matriculados en segundo curso de la Universidad de Alcalá (N=157 en el pretest y N=129 en el postest). Se utilizó un cuestionario para identificar la presencia de diferentes emociones positivas (alegría, curiosidad, confianza, diversión, entusiasmo, sorpresa y satisfacción) y negativas (aburrimiento, ansiedad, frustración, incertidumbre, preocupación, miedo y nerviosismo) hacia las ciencias. Los resultados muestran un incremento en las emociones positivas (como curiosidad o sorpresa) y aunque se reducen algunas emociones negativas (como el miedo) también se observa un aumento de frustración e incertidumbre. La metodología seguida, el profesorado y la vida real se asocian como principal factor generador de emociones positivas, mientras que los contenidos o la metodología son las que se relacionan con las emociones negativas.

PALABRAS CLAVE: aula invertida; formación del profesorado; metodologías activas; educación superior.

ABSTRACT: Emotions play a fundamental role in science teaching and learning processes, particularly in initial teacher education, as they may influence future teaching practices and the ways in which teachers approach this discipline in the classroom. In this context, the present study analyzes the emotions experienced by prospective primary school teachers towards science and how these emotions change (or not) after completing a university course in science education. The study was conducted with second-year students enrolled in the Primary Education degree at the University of Alcalá (N = 157 in the pre-test and N = 129 in the post-test). A questionnaire was used to identify the presence of different positive emotions (joy, curiosity, confidence, enjoyment, enthusiasm, surprise, and satisfaction) and negative emotions (boredom, anxiety, frustration, uncertainty, concern, fear, and nervousness) towards science. The results show an increase in positive emotions (such as curiosity and surprise), and although some negative emotions (such as fear) decrease, an increase in frustration and uncertainty is also observed. The teaching methodology, the role of the teacher, and the connection to real-life contexts are identified as the main factors associated with positive emotions, whereas content and methodology are more closely related to negative emotions.

KEYWORDS: Flipped classroom; teacher training; active methodologies; higher education.

INTRODUCCIÓN

La investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales ha experimentado una notable evolución en las últimas décadas, transitando desde enfoques centrados en el cambio conceptual -orientados a la identificación y transformación de las ideas previas del alumnado- hacia modelos más complejos que incorporan el análisis de las prácticas epistémicas propias de la actividad científica. En este sentido, enfoques actuales ponen el énfasis en procesos como la indagación, la modelización y la argumentación,

entendidos como elementos clave para el desarrollo de una alfabetización científica significativa. Las metodologías activas han cobrado especial relevancia en este cambio de paradigma, destacando el enfoque de aula invertida (*flipped classroom*), que promueve la adquisición inicial de contenidos fuera del aula y reserva el tiempo de clase para la realización de actividades prácticas, colaborativas y de profundización conceptual (Jeong et al., 2021). Este modelo favorece una mayor implicación del alumnado y crea un contexto propicio para el desarrollo de prácticas epistémicas.

Paralelamente, en este nuevo marco, se ha reconocido el papel fundamental de las dimensiones afectivas en el aprendizaje de las ciencias. Las emociones no solo influyen en la motivación y el compromiso del alumnado, sino que también condicionan la forma en que se construye el conocimiento científico y se participa en dichas prácticas epistémicas. Este aspecto cobra especial relevancia en la formación inicial del profesorado, dado que las experiencias emocionales de los futuros maestros pueden repercutir directamente en su futura práctica docente y en la manera en que enseñarán las ciencias en el aula (Jeong y González-Gómez, 2025).

El presente estudio se centra en analizar las emociones hacia las ciencias en estudiantes del Grado en Educación Primaria, así como las causas que las producen tras la implementación de una asignatura universitaria basada en contenidos de ciencias impartida siguiendo la metodología flipped classroom. Se trata, por tanto de un estudio longitudinal, que ha tenido una duración de un cuatrimestre.

OBJETIVOS

En este trabajo se pretende analizar la actividad abordando estos objetivos:

Objetivo 1. Analizar la evolución de las emociones que experimentan los futuros maestros de Educación Primaria hacia las ciencias.

Objetivo 2. Explorar qué elementos del proceso de enseñanza/aprendizaje se asocian con mayor intensidad a las emociones positivas.

Objetivo 3. Explorar qué elementos del proceso de enseñanza/aprendizaje se asocian con mayor intensidad a las emociones negativas.

METODOLOGÍA

Muestra

La muestra estuvo compuesta por estudiantes del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Alcalá que cursaban la asignatura de ciencias centrada en la materia y la energía durante el curso académico correspondiente. En total participaron 157 estudiantes en el pretest y 129 en el postest, correspondientes al inicio y al final de la asignatura, respectivamente.

Análisis de datos

Para la recogida de datos se utilizó un cuestionario validado de emociones hacia el aprendizaje de las ciencias en la formación inicial del profesorado (Hernández-Barco, 2023). El cuestionario permite identificar la presencia de emociones positivas (alegría, curiosidad, confianza, diversión, entusiasmo, sorpresa y satisfacción) y emociones negativas (aburrimiento, ansiedad, frustración, incertidumbre, preocupación, miedo y nerviosismo) en relación con el aprendizaje de contenidos científicos. Asimismo, incluye ítems orientados a identificar posibles causas de dichas emociones, tales como la metodología utilizada, el profesorado, los contenidos de la asignatura, las actividades realizadas, la evaluación continua, el trabajo en grupo o factores personales del alumnado.

Los datos se recogieron utilizando un formulario de Google Forms, que se pasó en el aula mientras los investigadores estaban en el aula. La participación fue voluntaria. Para el análisis se ha utilizado la herramienta JASP (0.19.1). Tras comprobar que los datos no seguían una distribución normal (Shapiro-Wilk<.001), para comparar el pre-test y el post-test se ha utilizado la prueba U de Mann Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Objetivo 1. Evolución emocional

En relación con el objetivo 1, los resultados descriptivos evidencian una evolución positiva en las emociones del alumnado tras la implementación de la asignatura basada en el enfoque de aula invertida. En concreto, se observa un incremento en la frecuencia de diversas emociones positivas, como la curiosidad (del 67,5% al 73,6%), la confianza (del 9,6% al 20,9%), la diversión (del 12,7% al 20,9%), la sorpresa (del 8,3% al 30,2%) y la satisfacción (del 27,4% al 44,2%).

En cuanto a las emociones negativas, los resultados muestran una tendencia desigual. Por un lado, se aprecia una disminución en emociones como la ansiedad (del 38,2% al 30,2%), la preocupación (del 60,5% al 0,8%) y el miedo (del 55,4% al 24%). Por otro lado, algunas emociones como la frustración (del 27,4% al 44,2%) y el aburrimiento (del 14% al 17,8%) experimentan un aumento.

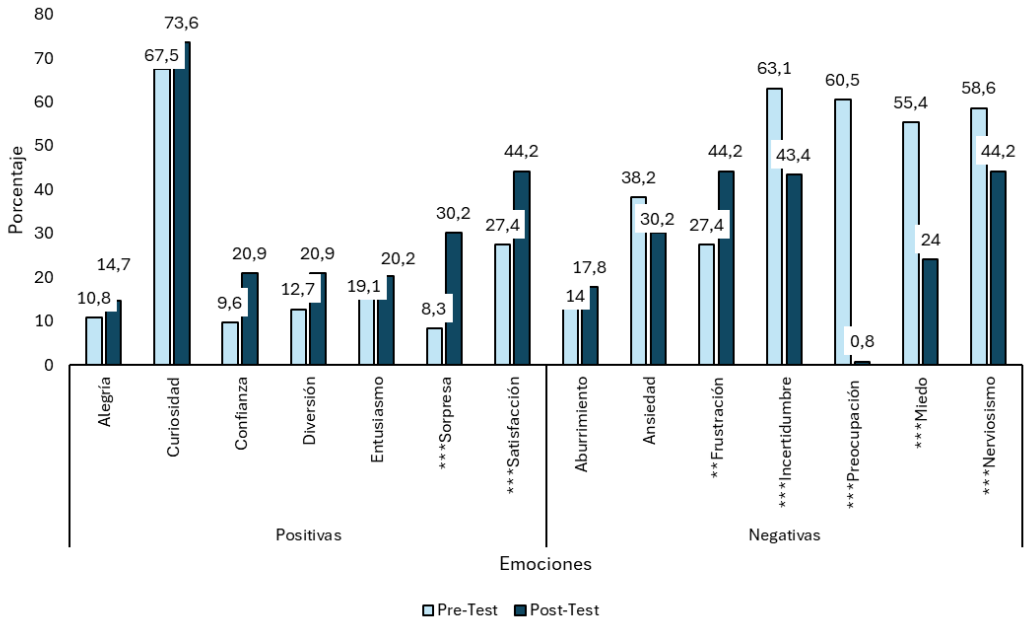


Figura 1. Emociones hacia las ciencias, antes y después de la asignatura

La Figura 1 muestra la evolución del porcentaje de estudiantes que han manifestado sentir las distintas emociones hacia las ciencias antes y después de cursar la asignatura, para analizar si esas diferencias son significativas se ha aplicado la U de Mann Whitney y los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en varias emociones. En relación con las emociones positivas, se encontraron diferencias significativas en la confianza ($p = .007$), la sorpresa ($p < .001$) y la satisfacción ($p<.001$), evidenciando un incremento tras la implementación de la metodología de aula invertida.

En cuanto a las emociones negativas, se encuentran diferencias significativas en la frustración ($p<.005$) y la incertidumbre ($p<.001$), que aumentan tras la intervención, así como en la preocupación ($p<.001$), el miedo ($p<.001$) y el nerviosismo ($p<.05$), que disminuyen de forma significativa. No se encuentran diferencias estadísticamente significativas en emociones como la alegría, la curiosidad, la diversión, el entusiasmo, el aburrimiento y la ansiedad ($p>.05$).

Objetivo 2. Causas emociones positivas.

Los resultados muestran (Figura 2) que la metodología empleada constituye el elemento con mayor peso, presentando diferencias estadísticamente significativas ($p<.001$). Este resultado refuerza la idea de que el enfoque de aula invertida favorece la aparición de emociones positivas hacia las ciencias, probablemente debido a su carácter activo, participativo y centrado en el alumnado. Por el contrario,

el profesorado disminuye como factor asociado a emociones positivas (del 25,5% al 14%, p<.05), lo que quizás puede interpretarse como un desplazamiento del foco desde el docente hacia la propia experiencia de aprendizaje.

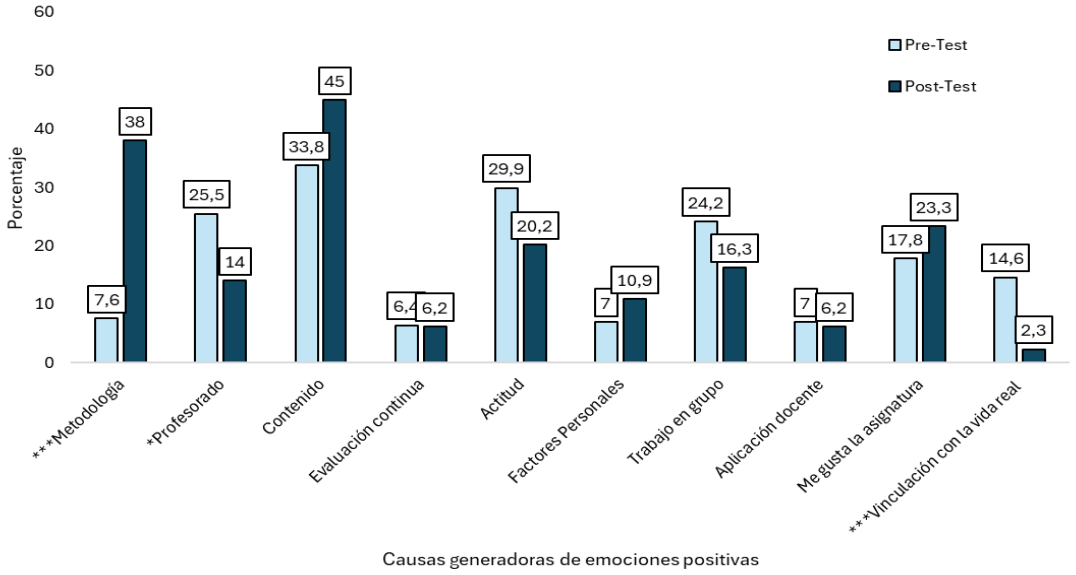


Figura 2. Causas generadoras de emociones positivas hacia las ciencias, antes y después de la asignatura

Por el contrario, otros factores como los contenidos, la actitud del alumnado o el trabajo en grupo (p>.05) no presentan diferencias estadísticamente significativas. Esto sugiere que, si bien estos elementos pueden influir en la experiencia emocional, su impacto es menor o más variable en comparación con la metodología y el profesorado. Del mismo modo, variables como la evaluación continua, los factores personales, la aplicación en la futura labor docente o el gusto por la asignatura (p>.05) no experimentan cambios significativos, lo que indica que las emociones positivas asociadas a estos factores se mantienen relativamente estables a lo largo del proceso formativo.

Cabe destacar, además, una disminución en la vinculación con la vida real como factor generador de emociones positivas (del 14,6% al 2,3%, p<.001). Este resultado, aparentemente contradictorio con los principios de las metodologías activas, puede interpretarse como un desplazamiento del foco del alumnado hacia la propia dinámica de aprendizaje, aunque se debe seguir explorando, y estos encuentros son un buen lugar para debatir estos resultados.

Objetivo 3. Causas emociones negativas.

Tras analizar las causas que señalan como generadoras de emociones negativas antes y después de cursar la asignatura, los resultados (Figura 3) sugieren que existen diferencias estadísticamente significativas. En primer lugar, se observa una disminución significativa en factores como la metodología (del 46,5% al 29,5%, p<.01) y los contenidos (del 51,6% al 32,6%, p<.01), lo que sugiere que el enfoque de aula invertida contribuye a reducir la percepción de estos elementos como generadores de emociones negativas. Las metodologías activas y centradas en el alumnado pueden mejorar la experiencia emocional al hacer el aprendizaje más accesible y significativo (Jeong y González-Gómez, 2025).

Por el contrario, se detecta un incremento significativo en otros factores, como la evaluación continua (del 3,2% al 21,7%, p<.001), la actitud del alumnado (del 14,6% al 34,1% p<.001), el trabajo en grupo (del 10,2% al 34,1%, p<.001) o la aplicación en la futura labor docente (del 3,8% al 27,9%, p<.001). Estos resultados pueden interpretarse en relación con las demandas propias del aula invertida, que exige una mayor implicación, autonomía y participación activa por parte del alumnado. En este contexto, elementos como la evaluación continua o el trabajo colaborativo pueden percibirse inicialmente como fuentes de presión o dificultad.

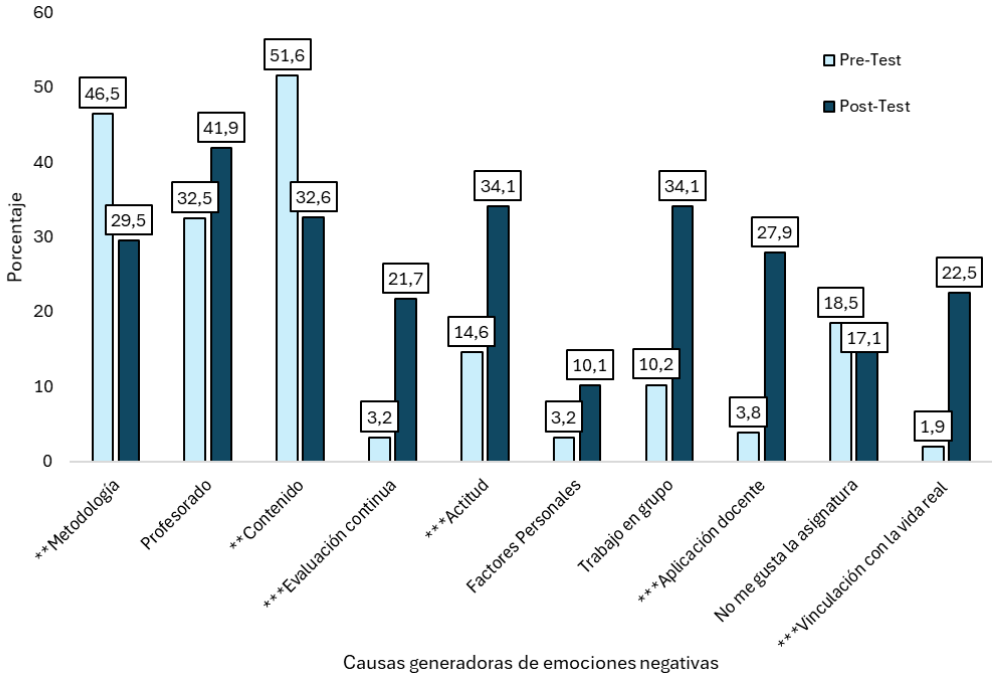


Figura 3. Causas generadoras de emociones negativas hacia las ciencias, antes y después de la asignatura

Asimismo, el aumento en factores como la vinculación con la vida real (del 1,9% al 22,5%, $p<.001$) sugiere que, aunque la contextualización del aprendizaje es un elemento positivo desde el punto de vista didáctico, también puede generar incertidumbre al requerir una transferencia más compleja

CONCLUSIONES

Se ha abordado el análisis emocional tras la implementación del aula invertida en el proceso de enseñanza-aprendizaje en una asignatura científica (formada por contenidos de Física y Química) en el contexto de titulaciones vinculadas la formación inicial de Maestros y Maestras de Educación Primaria.

Dicha implementación se ha realizado de manera exitosa siguiendo algunos aspectos clave (Martín y Tourón, 2017; Prieto Martín, 2017) con los siguientes objetivos didácticos:

- explicitar los beneficios del esfuerzo continuado que la metodología demanda al alumnado;
- conocer la situación de partida a través de un cuestionario diagnóstico inicial;
- utilizar materiales óptimos, preparando y seleccionándolos considerando el nivel, el tiempo que requieren al estudiante y el soporte.
- recoger información del alumnado tras el estudio mediante cuestionarios previos a las clases;
- centrar las clases presenciales teóricas en la resolución de dudas y tareas de mayor complejidad;
- otorgar una bonificación al alumno por el seguimiento de la metodología.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la implementación de una metodología basada en el aula invertida se asocia con una mejora general en las emociones positivas hacia las ciencias, especialmente en variables como la confianza, la satisfacción y la sorpresa. Este hallazgo puede explicarse por el carácter activo de este enfoque metodológico, que promueve una mayor implicación del alumnado en su propio proceso de aprendizaje, así como oportunidades para la interacción, la experimentación y la construcción significativa del conocimiento. Asimismo, la disminución significativa de emociones negativas como el miedo, la preocupación o el nerviosismo sugiere que el aula invertida puede contribuir a generar un entorno de aprendizaje más seguro y menos amenazante, en el que el alumnado dispone de mayor tiempo para comprender los contenidos y afrontar las tareas con mayor autonomía.

Los resultados obtenidos son coherentes con investigaciones previas sobre el impacto del aula invertida en el dominio afectivo del alumnado. Jeong et al. (2019) evidencian que la implementación de metodologías invertidas favorece la aparición de emociones positivas y mejora la percepción del aprendizaje en cursos de ciencias. En línea con estos hallazgos, el presente estudio también muestra un incremento en diversas emociones positivas, así como una mayor relevancia de la metodología como factor explicativo de dichas emociones.

No obstante, nuestros resultados también muestran un aumento en emociones como la frustración. Esto puede interpretarse a la luz de investigaciones recientes que señalan que este enfoque metodológico, aunque beneficioso en muchos aspectos, también puede generar tensiones en el alumnado. Nielsen (2023) identifica diversas causas de frustración en contextos de *flipped classroom*, entre las que destacan las dificultades para adaptarse a un modelo de aprendizaje más autónomo, la necesidad de autorregulación y los problemas asociados al trabajo en grupo. Este hecho podría estar relacionado con las propias características del modelo de aula invertida, que exige un papel más activo y autónomo por parte del alumnado. La necesidad de trabajar previamente los contenidos, enfrentarse a tareas más abiertas o participar en dinámicas de indagación puede generar inicialmente cierta inseguridad o sensación de dificultad, especialmente en estudiantes no habituados a este tipo de metodologías.

En este sentido, los resultados sugieren que, aunque el aula invertida favorece el desarrollo de emociones positivas, también plantea retos que deben ser acompañados mediante una adecuada orientación docente, con el fin de minimizar las emociones negativas como la frustración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hernández-Barco, M. (2023). *Estudio longitudinal del rendimiento afectivo y cognitivo en la formación científica de docentes*. Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura.

Jeong, J. S. y González-Gómez, D. (2025). Examining the impact of flipped classroom learning (FCL) and gamified-flipped classroom learning (G-FCL) on students' attitudes and emotions toward learning in a university course. *Active Learning in Higher Education*, 14697874251347184.

Jeong, J. S., González-Gómez, D. y Cañada-Cañada, F. (2021). How does a flipped classroom course affect the affective domain toward science course? *Interactive Learning Environments*, *29*(5), 707-719.

Martín, R. D. y Tourón, J. (2017). El enfoque flipped learning en estudios de magisterio: percepción de los alumnos. RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *20*(2), 187-211. https://doi.org/10.5944/ried.20.2.17704

Nielsen, K. L. (2023). Why can the flipped classroom frustrate students? Experiences from an engineering mathematics course. *Education Sciences*, *13*(4), 396.

Prieto Martín, A. (2017). *Flipped Learning: aplicar el modelo de aprendizaje inverso*. Narcea Ediciones

Bajo el prisma de la IA: pensamiento crítico sobre profesiones científicas en la formación inicial del profesorado

Covadonga Huidobro[1*], *Elena Arboleya-García*[1], *Jose Manuel Montejo-Bernardo*[1].

[1] Departamento Ciencias de la Educación, Universidad de Oviedo, España.

* Correspondencia: huidobrocovadonga@uniovi.es

RESUMEN: La inteligencia artificial (IA) ha irrumpido con fuerza en el ámbito educativo, condicionando nuevas formas de acceso y generación de conocimiento. Por ello, resulta fundamental que los futuros docentes de Educación Primaria desarrollen una capacidad crítica para analizar la información que proporcionan este tipo de herramientas. Desde el Grado de Maestro de Educación Primaria se desarrolló una experiencia práctica para fomentar el pensamiento crítico y la coeducación a través del análisis de materiales generados por IA. A partir de la selección de siete perfiles científicos de la Universidad y de la redacción de dos *prompt* basados en información profesional y personal respectivamente, junto con la utilización de seis herramientas diferentes de inteligencia artificial, se crearon 284 imágenes que ilustraban a dichas personas de ciencia. Estas fueron cribadas y analizadas según diferentes criterios agrupados en las dimensiones «representación demográfica» y «representación científica». Los resultados muestran cómo las distintas herramientas de inteligencia artificial reproducen, e incluso llegan a amplificar, imaginarios sociales sesgados sobre la ciencia y la identidad, además de incluir incongruencias conceptuales según el perfil científico. Por ello, se subraya la necesidad de abordar críticamente el uso de la IA en la educación científica, tanto por su potencial como recurso didáctico como por su papel en la reproducción de estereotipos.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial; Educación Primaria; coeducación; formación de profesorado.

ABSTRACT: Artificial intelligence (AI) has rapidly emerged in the educational field, shaping new ways of accessing and generating knowledge. In this context, it is essential for future Primary Education teachers to develop critical skills to analyze the information provided by these tools. Within the Primary Education degree program, a practical experience was designed to promote critical thinking and coeducation through the analysis of AI-generated materials. Based on the selection of seven scientific profiles from the university and the design of two prompts—one based on professional information and the other on personal information—together with the use of six different AI tools, a total of 284 images representing these scientists were generated. These images were filtered and analyzed according to different criteria grouped into the dimensions of "demographic representation" and "scientific representation." The results show how different AI tools reproduce, and in some cases even amplify, biased social imaginaries about science and identity, as well as introduce conceptual inconsistencies depending on the scientific profile. These findings highlight the need to critically address the use of AI in science education, both for its potential as a teaching resource and for its role in the reproduction of stereotypes.

KEYWORDS: artificial intelligence; Primary Education; coeducación; teacher training.

INTRODUCCIÓN

En la formación inicial del profesorado, resulta imprescindible promover un pensamiento crítico que permita a futuros docentes analizar, seleccionar y diseñar materiales didácticos desde un enfoque coeducativo (Yuan y Liao, 2023). La creciente incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) en la generación de recursos didácticos abre un nuevo abanico de posibilidades, pero también plantea riesgos asociados al tipo de datos empleados en su entrenamiento (Jiafu An et al., 2025).

En particular, las representaciones visuales de las profesiones científicas continúan mostrando una marcada sobrerrepresentación masculina y estereotipada, lo que puede influir en la construcción de identidades y aspiraciones del alumnado desde edades tempranas (Chambers, 1983; Miller et al., 2018). Por ello, se plantea una experiencia formativa orientada a que estudiantes del Grado en Maestro en Educación Primaria reflexionen sobre imágenes que generan mediante herramientas de IA a partir de breves reseñas de distintos perfiles científicos del entorno cercano, con el fin de evidenciar posibles sesgos y estereotipos y no contribuir a su reproducción en su futura carrera profesional.

MARCO TEÓRICO

La historia de la ciencia ha estado marcada en el pasado por la falta de oportunidades a las mujeres y la invisibilización de sus contribuciones, fenómenos que ha sido ampliamente documentados bajo conceptos como el «efecto Matilda» (Rossiter, 1993) o el «techo de cristal» (Abbas et al., 2021). El desconocimiento de grandes científicas ha limitado la construcción de referentes femeninos en el imaginario colectivo. Esta ausencia de modelos está considerada como una de las causas de la participación desequilibrada entre hombres y mujeres en ámbitos científicos y tecnológicos. A pesar de los avances en igualdad, la brecha de género persiste, especialmente en áreas STEM. Un análisis de la evolución de la participación femenina en estudios STEM en España revela que la presencia de mujeres en carreras tecnológicas e ingenierías sigue siendo notablemente inferior a la de los hombres y que no se registran avances sustanciales en las últimas décadas (González-Arechavala et al., 2025).

En respuesta a esta situación, han surgido diversas iniciativas a nivel internacional para dar a conocer referentes femeninos históricos y empoderar a niñas y mujeres de la actualidad, desde la Agenda 2030 y el Objetivo de Desarrollo Sostenible 5, igualdad de género, que persigue garantizar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades en todos los ámbitos, hasta la celebración de «el 11 de febrero», proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015 como Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, que refuerza la idea de que el progreso científico y la igualdad de género deben avanzar de forma conjunta para afrontar los grandes retos de la sociedad actual.

El estudio clásico Draw-A-Scientist Test (DAST), desarrollado por Chambers (1983), evidenció que desde edades tempranas el alumnado tiende a representar a las personas científicas como hombres, con atributos estereotipados como son la bata blanca, las gafas de seguridad o el laboratorio como entorno. Aunque el DAST presenta algunas limitaciones (Losh et al., 2008; Toma et al., 2018), investigaciones posteriores han seguido encontrando evidencia de la persistencia de estos estereotipos (Ferguson et al., 2020; Miller et al., 2018). La exposición a estos sesgos a edades tempranas influye notoriamente en el interés, la autoeficacia y las aspiraciones profesionales, especialmente de las niñas (Luo et al., 2021).

Diversos estudios han evidenciado que los materiales educativos (Kerkhoven et al., 2016) y las experiencias de aprendizaje en contextos informales como un museo de ciencias (Thomsom et al., 2019) no siempre son neutrales, pudiendo contribuir a la perpetuación de estereotipos en torno a la ciencia. Por ello, es esencial que el profesorado sea capaz de identificarlos y contrarrestarlos en su práctica educativa. Sin embargo, se siguen detectando carencias en cuanto a la integración de la perspectiva de género en la enseñanza de las ciencias, tanto en la formación inicial (Solbes y Traver, 2001) como en la educación universitaria (Rebollo y Arias, 2021). Esta cuestión adquiere una especial importancia al considerar a futuros y futuras docentes (Cordero-Allaga y Romero-López, 2025). Además, la incorporación de nuevas herramientas como la IA en su formación requiere no solo del desarrollo de competencias técnicas, sino también de una mirada crítica que permita evaluar la calidad y pertinencia de los materiales educativos así generados. La IA, lejos de ser neutral, puede amplificar sesgos existentes sobre ciencia e identidad si no se utiliza de manera reflexiva.

Por todo lo anterior, se plantea como hipótesis de trabajo que las imágenes generadas por IA a partir de perfiles de personas científicas reales pueden reproducir estereotipos asociados a las profesiones científicas. Asimismo, se considera que el análisis crítico de dichas imágenes mediante actividades de reflexión guiada puede favorecer que el alumnado del Grado en Maestro en Educación Primaria

identifique y cuestione representaciones sesgadas vinculadas a la ciencia y al género. En este sentido, la investigación persigue un doble objetivo: por un lado, analizar los estereotipos presentes en las imágenes generadas por IA sobre profesionales de la ciencia; y, por otro, promover espacios de reflexión crítica con futuros docentes que contribuyan a sensibilizarles sobre la persistencia de estos sesgos y la necesidad de enfoques coeducativos en la enseñanza de las ciencias.

METODOLOGÍA

Durante el segundo semestre del curso 2024-25, se plantea una experiencia con el objetivo de conocer y analizar sesgos, representación y construcción de identidad en IA a través de la generación de imágenes. En ella participaron 133 estudiantes del tercer curso de la titulación del Grado de Maestro en Educación Primaria de la Universidad de Oviedo.

Desarrollo de la experiencia

Con motivo del 11F, desde la Universidad de Oviedo se llevaron a cabo diversas actividades para divulgar los perfiles de científicas de la institución. De ellos, se seleccionaron cinco para la presente actividad, previa autorización de las investigadoras de las áreas de conocimiento de cristalografía y mineralogía (caso 1), fisioterapia (caso 2), geografía física (caso3), ingeniería y arquitectura (caso 4) y biología celular (caso 6). Con el fin de incorporar elementos de contraste en el análisis, se incluyeron también dos perfiles masculinos, uno correspondiente a un investigador de la propia institución del área de estadística e investigación operativa (caso 7) y otro correspondiente a un divulgador científico de reconocido alcance público del área de enfermería pediátrica (caso 5). Para observar cuánto se ajustaba la generación de imágenes en IA a cada uno de ellos, se sintetizó en un primer *prompt* (o instrucción) su perfil investigador (indicando sus campos de estudio, sus líneas de investigación principales o algunas de sus contribuciones científicas más relevantes). En un segundo *prompt* se incluyó la información de la primera instrucción y se le añadió información personal (gustos, aficiones…). En ninguna de las descripciones se identificaba el género de la persona a la que se hacía referencia.

Asimismo, se seleccionaron distintas herramientas de IA en las que utilizar los *prompt* elaborados para cada perfil. Atendiendo a los permisos de acceso y uso, fueron empleados CANVA, Microsoft Copilot (DALL-E 3), ChatGPT, DeepAI, Leonardo AI e Ideogram.

Con todo ello, la intervención se desarrolló como una práctica de aula estructurada en tres sesiones de 50 minutos. En la primera sesión, se asignó a cada estudiante un perfil y una herramienta de IA, con la que debía generar dos imágenes según los *prompt* proporcionados. Previamente a la realización de la tarea, se solicitó al alumnado que planteara hipótesis sobre los resultados esperados, evidenciando la presencia de estereotipos previos en algunos participantes. La actividad se llevó a cabo durante la propia sesión, utilizando dispositivos electrónicos personales. La entrega se realizó a través de un formulario Microsoft Forms en el que, además de adjuntar las imágenes generadas, se indicaba el perfil asignado y la herramienta de IA empleada, además de una pregunta abierta de reflexión. En la segunda sesión, el profesorado impartió una breve exposición sobre mujer y ciencia. Posteriormente, el alumnado se distribuyó en grupos para participar en el juego «Científicas y Trascendentales» (*número de asiento registral: 05/2022/230*; autora y titular originario de derechos: Elena Arboleya García), sobre la reconstrucción biográfica de referentes femeninos históricos tales como Hipatia de Alejandría, Oliva Sabuco, Caroline Herschel o Rosalind Franklin, entre otros. En la última sesión, el profesorado presentó en el aula diversos ejemplos de las imágenes generadas para los distintos perfiles, llevando a cabo una interpretación guiada de los resultados. La actividad concluyó con la revelación de la identidad real de las personas correspondientes a cada perfil, acompañada de imágenes auténticas, con el fin de favorecer la reflexión crítica del alumnado sobre los sesgos identificados.

Técnicas de análisis de la información

El análisis documental de la información se basó en la interpretación de las imágenes (Vallés, 1997) a partir de la fijación previa de las dimensiones (representación demográfica y científica) y las variables (género, grupo de edad y etnia para el primer caso; vestimenta, entorno y objetos asociados para la

segunda dimensión) que se aplicaron sobre los resultados propuestos por cada IA con la inserción del primer *prompt* (aquel que contenía información académica, profesional y científica). En una segunda fase se realiza un análisis comparativo entre la primera y la segunda imagen (aquella en la que el *prompt* también incluía información personal) para determinar los cambios en base a las dimensiones y variables establecidas.

RESULTADOS

Como resultado de la actividad se obtuvieron 284 imágenes (142 imágenes para cada *prompt*). De todas ellas se descartaron 11 parejas. En 6 pares de ellas la exclusión se debió a que la imagen no se ajustaba a la instrucción dada en los *prompt*. Pese a que se indicaba la generación de la imagen de una sola persona, en todos los casos la herramienta Microsoft Copilot (DALL-E 3) incluyó grupos de personas. Por otro lado, las 5 parejas de imágenes restantes fueron descartadas tras la detección de errores en la ejecución de la tarea por parte del alumnado. Finalmente, el análisis se realizó con 262 imágenes según a las dimensiones y criterios expuestos anteriormente, mediante una codificación independiente entre las personas autoras de la comunicación. La Figura 1 muestra algunas imágenes obtenidas para el perfil 1.

Representación demográfica

Dentro de esta dimensión se incluyeron los criterios de género, grupo de edad y etnia. El análisis de las imágenes generadas con la información del perfil investigador (primer *prompt*) muestra, para el primero de los criterios, diferencias de representación según la herramienta de IA utilizada. En este sentido, Deep AI (96,8%). Leonardo AI (96,6%), Ideogram (61,1%) y Canva (54,5%) generan mayoritariamente imágenes con personas de género femenino, mientras que, en el caso contrario, ChatGPT (80%) y Microsoft Copilot (DALL-E 3) (72,7%) las crean con género masculino. Esto hace que en el análisis global predomine la representación de las personas científicas en femenino (67,2%). Sin embargo, con la introducción del segundo de los *prompt*, se observa que, a pesar de que en la gran mayoría de las imágenes (91,6%) se modifica el aspecto de la persona creada inicialmente, los porcentajes de género apenas cambian, con un ligero incremento de las representaciones masculinas de 32,1% a un 34,4%.

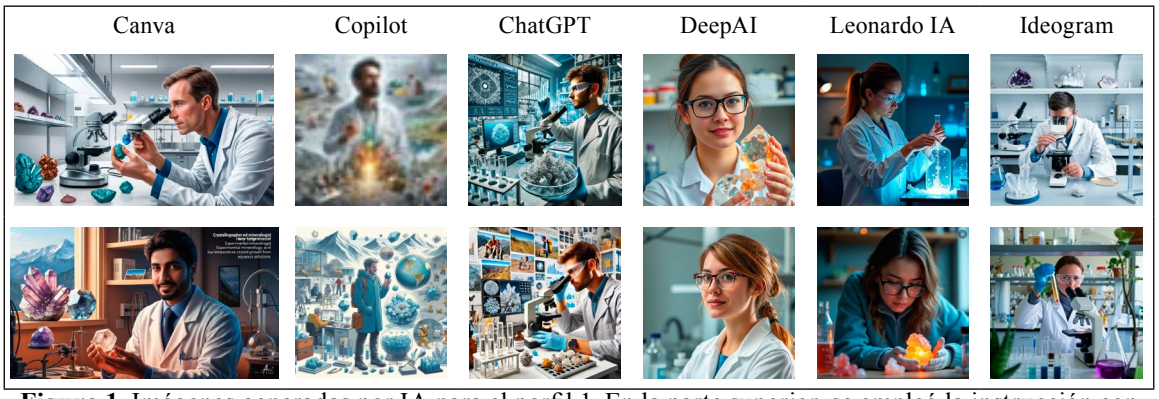


Figura 1. Imágenes generadas por IA para el perfil 1. En la parte superior, se empleó la instrucción con información profesional y en la parte inferior, la instrucción incorporando información personal.

Sobre el grupo de edad se diferenciaron las categorías "joven investigador" (20-30 años), "investigador consolidado" (30-50 años) e "investigador sénior" (>50 años). Los resultados indican que la categoría más representada por todas las herramientas de IA es la de "investigador consolidado" (83,2%), además de apreciarse una convergencia hacia esta misma a partir de las modificaciones observadas en las imágenes creadas con el segundo *prompt*.

En lo que respecta al criterio relativo a la etnia, las creaciones representan en un 74% de los casos a personas de origen caucásico ya que todas las herramientas de IA muestran porcentajes superiores al 50% para esta categoría. Sobresalen los casos de ChatGPT (90%) y Leonardo AI (86,2%) con las frecuencias más altas, mientras que Canva (54,5%) e Ideogram (66,7%) muestran las más bajas. Otras etnias representadas fueron la afrodescendiente (7,6%), la asiática (4,6%) y la latina (3,8%). Mientras

que en las creaciones de Canva se alcanza a identificar cuatro grupos étnicos diferentes, ChatGPT únicamente muestra de forma clara personas caucásicas. Por otra parte, los cambios de etnia observados en los resultados del segundo *prompt* confirman la prevalencia de la categoría de personas caucásicas (58,8%).

Representación científica

De forma global, se observa que la mayoría de las imágenes generadas incluyen algunos elementos estereotipados de la ciencia como batas de laboratorio (50,4%), y, especialmente, objetos relacionados con el perfil investigador, como microscopios, tubos de ensayo u ordenadores (71,8%). En cuanto al entorno, el laboratorio (17,6%) se ve desplazado por otros contextos, como el despacho (11,5%), la sala de consultas (16,8%) o el campo (22,1%) o la ausencia del mismo (32,1%). Aunque en porcentaje variable (16,8% teniendo en consideración todas las herramientas), desde un 6,9% con Leonardo AI, hasta un 40% con ChatGPT, se detectan incongruencias en todas las herramientas utilizadas. Un ejemplo que se repite es el empleo de microscopios ópticos para observar rocas, en relación al primer perfil.

En este sentido, la inclusión de información personal produce cambios moderados en relación a la vestimenta (29,8%) o el entorno (37,4%). Sin embargo, sí que se identifican más cambios en relación a los objetos relacionados con la profesión o elementos decorativos (70,4%). No se aprecian diferencias en la presencia de incongruencias entre la imagen 1 y la 2, si bien de nuevo resultan llamativas las diferencias entre unas herramientas y otras, siendo ChatGPT la que más errores incluye en sus representaciones (50%).

CONCLUSIONES

En conjunto, los resultados evidencian que algunas herramientas de generación de imágenes mediante inteligencia artificial tienden a reproducir estereotipos consolidados sobre la representación de la ciencia y de las personas que la ejercen en mayor o menor medida, incluso cuando se introduce información adicional que permitiría diversificar dichas representaciones. Si bien algunas herramientas muestran una mayor capacidad de adaptación y generan imágenes más variadas, persisten diferencias significativas entre ellas tanto en la incorporación de matices personales como en la precisión conceptual de los elementos científicos representados.

Estos hallazgos tienen implicaciones relevantes para la enseñanza de las ciencias, ya que ponen de manifiesto el papel potencial de la IA como agente reproductor (o transformador) de imaginarios sociales sobre la ciencia. No obstante, entre las limitaciones del estudio, cabe señalar que el análisis se centró en un número reducido de perfiles científicos pertenecientes a una misma institución universitaria, lo que limita la generalización de resultados a otros contextos y/o disciplinas. Asimismo, las imágenes fueron creadas en un momento concreto y con versiones específicas de herramientas de IA, por lo que los resultados podrían variar conforme evolucionen los modelos y algoritmos empleados. De cara al futuro, sería necesario profundizar en el desarrollo y evaluación de herramientas que reduzcan sesgos, incorporen mayor diversidad y mejoren la fidelidad científica de las imágenes, así como explorar su uso crítico en el aula para fomentar la alfabetización científica y digital del alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a las investigadoras colaboradoras y al alumnado del Grado en Maestro en Educación Primaria de la Universidad de Oviedo, cuya participación ha sido fundamental para la implementación y el análisis de la propuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbas, F., Abbas, N. y Ashiq, U. (2021). Glass Ceiling Effect and Women Career: Determining factors in Higher Education Institutions. *Sir Syed Journal of Education & Social Research*, *4*(1), 1-8. https://doi.org/10.36902/sjesr-vol4-iss1-2021(1-8)

González-Arechavala, Y., Fernández-Herrero, C., Díaz-Cirera, B., Negueruela, S., Argibay-García, C. y Martín-

Carrasquilla, O. (2025). “Estudios STEM en España y participación de la mujer. Evolución. Segunda Edición 2025”. Cátedra para la Promoción de la Mujer en vocaciones STEM en la Formación Profesional para la Movilidad Sostenible.

Cordero-Allaga, S. y Romero-López, M. A. (2025). Perspectiva de Género en la Formación Docente. Una Revisión Sistemática. *Revista Complutense de Educación*, *36*(1), 69-82.

Ferguson, S. L. y Lezotte, S. M. (2020). Exploring the state of science stereotypes: Systematic review and meta-analysis of the Draw-A-Scientist Checklist. *School Science and Mathematics, 120*:55–65. https://doi.org/10.1111/ssm.12382

Jiafu An, J., Huang, D., Lin, Ch. y Tai, M. (2025). Measuring gender and racial biases in large language models: Intersectional evidence from automated resume evaluation. *PNAS Nexus*, *4*(3), pgaf089. https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgaf089

Kerkhoven, A. H., Russo. P., Land-Zandstra, A. M., Saxena, A. y Rodenburg, F. J. (2016). Gender Stereotypes in Science Education Resources: A Visual Content Analysis. *PLoS ONE*, *11*(11), e0165037. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165037

Losh, S. C., Wilke, R., y Pop, M. (2008). Some Methodological Issues with “Draw a Scientist Tests” among Young Children. *International Journal of Science Education*, *30*(6), 773–792. https://doi.org/10.1080/09500690701250452

Luo, T., So, W. W. M., Wan, Z. H., y Li, W.-C. (2021). STEM stereotypes predict students’ STEM career interest via self-efficacy and outcome expectations. *International Journal of STEM Education, 8*, 36. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00295-y

Miller, D. I., Nolla, K. M., Eagly, A. H., y Uttal, D. H. (2018). The development of children’s gender-science stereotypes: A meta-analysis of 5 decades of U.S. Draw-A-Scientist studies. *Child Development, 89*(6), 1943–1955. https://doi.org/10.1111/cdev.13039

Solbes, J., y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: Mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. Enseñanza de las Ciencias, 19(1), 151–162.

Rebollo Catalán, A. y Arias Rodríguez, A. (Eds.). (2021). *Hacia una docencia sensible al género en la Educación Superior*. Dykinson, S. L.

Thomson, M. M., Zakaria, Z. y Radut-Taciu, R. (2019). Perceptions of Scientists and Stereotypes through the Eyes of Young School Children. *Education Research International*, 6324704. https://doi.org/10.1155/2019/6324704

Toma, R. B., Greca, I. M. y Orozco Gomez, M. L. (2018) Una revision del protocolo Draw-a-Scientist-Test (DAST). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgacion de las Ciencias 15*(3), 3104. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3104

Vallés, M.S. (1997). *Técnicas cualitativas de investigación social. Reflexión metodológica y práctica profesional.* Síntesis.

Yuan, R. y Liao, W. (2023). Critical thinking in teacher education: where do we stand and where can we go? *Teachers and Teaching*, *29*(6), 543-552. https://doi.org/10.1080/13540602.2023.2252688

Docentes del futuro ante la inteligencia artificial: adaptación del cuestionario AIEDSAT mediante Mini-Delphi en profesorado en formación

Lizbeth Labañino Palmeiro[1], Antonio Alejandro Lorca-Marín[2], María Ángeles De las Heras-Pérez[3] y Alejandro Carlos Campina-López[4]

[1,2,3,4] Departamento Didácticas Integradas, Universidad de Huelva, España.

*Correspondencia: lizbeth.labanino@alu.uhu.es

RESUMEN: El presente estudio tiene como objetivo adaptar y validar el cuestionario AIEDSAT (Artificial Intelligence in Education Self-Assessment Tool) al contexto de profesorado en formación, con el fin de garantizar su validez de contenido para evaluar competencias docentes relacionadas con la Inteligencia Artificial (IA). Se empleó un diseño metodológico basado en un Mini-Delphi modificado, orientado a alcanzar consenso experto en procesos de validación de instrumentos. Participaron seis especialistas en didáctica de las Ciencias Experimentales, tecnología educativa y evaluación. Los ítems fueron valorados mediante una escala controlada con variable cuantitativa continua de 1 a 4, estableciendo como criterio de aceptación puntuaciones medias superiores a 3 e Índice de Validez de Contenido (IVC) ≥ 0,70. Los resultados evidencian un alto grado de consenso, con una media global de 3.75, moda de 4 e IVC global de 0.90, mientras que el IVC promedio por ítems fue de 0.87. No se registraron valores por debajo del umbral establecido, confirmando la coherencia interna y adecuación contextual del instrumento. Se concluye que la versión adaptada del AIEDSAT constituye una herramienta metodológicamente sólida para analizar la preparación del futuro profesorado ante los desafíos de la IA en educación. Se recomienda avanzar hacia estudios de fiabilidad y validación empírica posterior.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial educativa; formación docente; validación de contenido; método Mini-Delphi; competencias digitales

ABSTRACT: This study aims to adapt and validate the AIEDSAT (Artificial Intelligence in Education Self-Assessment Tool) questionnaire for pre-service teachers, ensuring its content validity for evaluating teaching competencies related to Artificial Intelligence (AI). The methodology employed a modified Mini-Delphi design, focused on achieving expert consensus in instrument validation processes. Six specialists in Science Education, Educational Technology, and Evaluation participated in the study. Items were assessed using a controlled scale with a continuous quantitative variable from 1 to 4; acceptance criteria were set at mean scores above 3 and a Content Validity Index (CVI) ≥0.70. The results demonstrate a high degree of consensus, with a global mean of 3.75, a mode of 4, and an overall CVI of 0.90, while the average CVI per item was 0.87. No values fell below the established threshold, confirming the instrument's internal consistency and contextual suitability. It is concluded that the adapted version of AIEDSAT is a methodologically sound tool for analyzing the readiness of future teachers for AI challenges in education. Further research on reliability and subsequent empirical validation is recommended.

KEYWORDS: artificial intelligence in education; teacher education; content validity; Mini-Delphi method; digital competencies

INTRODUCCIÓN

Introducción

Los entornos formativos atraviesan una transformación significativa debido a la incorporación de la inteligencia artificial (IA), especialmente la IA generativa, que está modificando las prácticas didácticas

y los fundamentos éticos, curriculares y organizativos del ejercicio docente (Arija-Mediavilla et al., 2024). El desarrollo de plataformas inteligentes, sistemas tutoriales automatizados y mecanismos de evaluación algorítmica ha ampliado las posibilidades educativas; sin embargo, su integración requiere una formación docente crítica, contextualizada y pedagógicamente fundamentada (UNESCO, 2021, 2024b). Aunque existen marcos consolidados para analizar la competencia tecnológica docente, como el modelo TPACK (Mishra & Koehler, 2006) y los *ISTE Standards for Educators* (ISTE, 2017), estos abordan la tecnología desde una perspectiva general y no profundizan específicamente en los desafíos pedagógicos y éticos asociados al uso de la IA. En este sentido, Zawacki-Richter et al. (2019) señalan la escasez de instrumentos validados que permitan evaluar rigurosamente las competencias docentes vinculadas a la IA educativa, lo que limita tanto la investigación empírica como el diseño de propuestas formativas actualizadas. Ante esta necesidad, Sartor-Harada y Azevedo-Gomes (2026) desarrollaron el *Artificial Intelligence in Education Self Assessment Tool* (AIEDSAT), un cuestionario de autoevaluación orientado a valorar la competencia profesional en IA. El instrumento se estructura en cuatro dimensiones: conocimiento conceptual, aplicación didáctica, dimensión ética y proyección curricular estratégica.

La presente investigación analiza la adecuación del AIEDSAT al profesorado en formación inicial, con el propósito de garantizar su pertinencia y consistencia en este grupo poblacional. Para ello, se empleó una estrategia de validación basada en un Mini-Delphi, centrada en el acuerdo experto y la revisión sistemática del contenido. En la Didáctica de las Ciencias Experimentales, la IA incide en procesos como la formulación de preguntas, la interpretación de datos, la modelización, la simulación y la toma de decisiones basadas en evidencias. Por ello, resulta necesario contar con instrumentos que permitan diagnosticar no solo el dominio técnico, sino también la integración didáctica, ética y curricular de la IA en la enseñanza de las ciencias (Celik, 2023; UNESCO, 2024).

Objetivo general:

Adaptar y validar el cuestionario AIEDSAT (Sartor-Harada y Azevedo-Gomes, 2026) al contexto de profesorado en formación mediante un proceso de Mini-Delphi, con el fin de garantizar su validez de contenido y su adecuación para evaluar competencias docentes en Inteligencia Artificial desde un enfoque formativo.

Objetivos específicos:

- Adaptar lingüística y contextualmente los ítems del AIEDSAT al colectivo de profesorado en formación, asegurando coherencia conceptual y pertinencia pedagógica.
- Analizar la adecuación de cada ítem en términos de: claridad de redacción, adecuación de las opciones de respuesta, nivel de concreción, pertinencia respecto a las dimensiones teóricas del instrumento.
- Alcanzar consenso experto mediante el procedimiento Mini-Delphi, identificando fortalezas y áreas de mejora del cuestionario.

METODOLOGÍA

El proceso de validación del instrumento se desarrolló mediante un Mini-Delphi modificado (George & Trujillo, 2018). En primer lugar, se seleccionó intencionalmente un panel de seis expertos con experiencia investigadora y profesional en tecnología educativa, evaluación educativa, formación docente y Didáctica de las Ciencias Experimentales. Esta composición permitió analizar tanto la calidad formal del cuestionario como su adecuación pedagógica al profesorado en formación inicial. La participación de especialistas en Didáctica de las Ciencias Experimentales fue especialmente relevante, dado que la integración de la IA en la enseñanza de las ciencias implica procesos como la indagación, la modelización, el análisis de datos, la explicación de fenómenos y la evaluación del aprendizaje científico. Se analizaron criterios como adecuación al constructo teórico, claridad, coherencia con la dimensión correspondiente y nivel de concreción. Posteriormente, se identificaron acuerdos, discrepancias y sugerencias de mejora. Para una mejor lectura de procedimiento se elaboró el siguiente esquema (ver figura 1).

Figura 1. *Esquema de trabajo Mini-Delphi.*

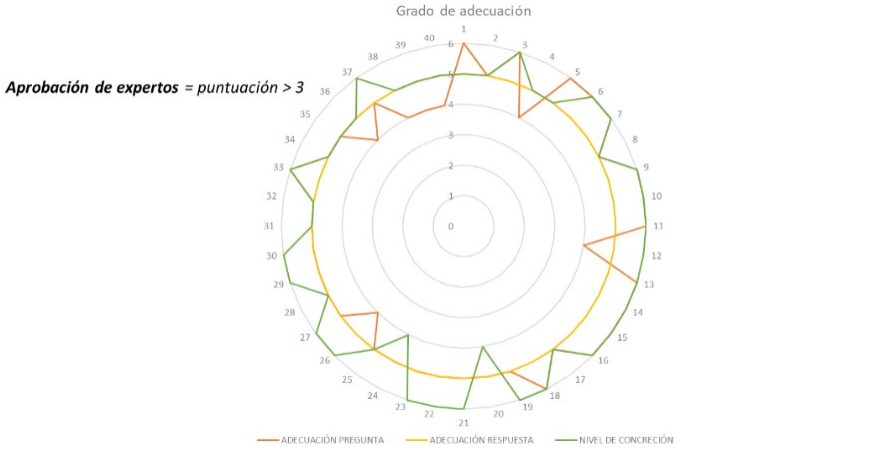
Se utilizó una escala de variable cuantitativa continua de 1 a 4, donde valores superiores a 3 indicaban aprobación del ítem. Se estableció como criterio de aceptación una puntuación media superior a 3 y un Índice de Validez de Contenido (IVC) ≥ 0,70. Los expertos valoraron tres dimensiones: Adecuación de la pregunta, Adecuación de la respuesta, Nivel de concreción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grado de adecuación e Índice de validez

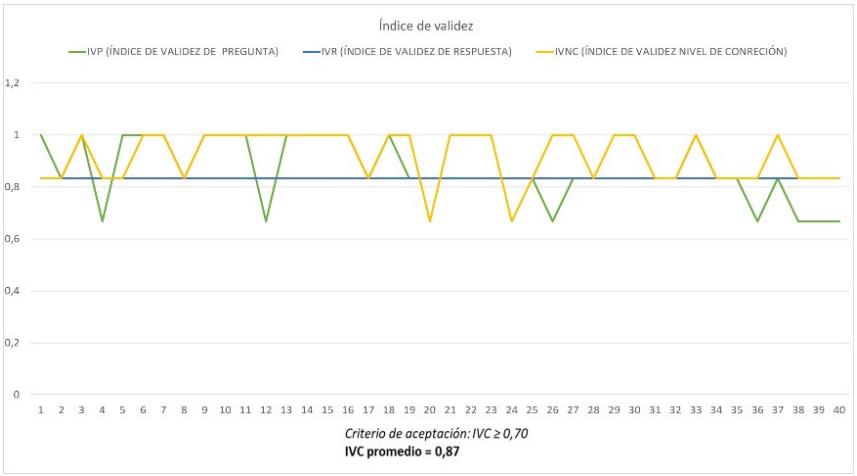
El análisis del grado de adecuación de los ítems se presenta en la Figura 2, donde se examinan tres dimensiones: adecuación de la pregunta, adecuación de la respuesta y nivel de concreción. Los resultados muestran que la práctica totalidad de los ítems superan el criterio de aprobación establecido (puntuación > 3), evidenciando una valoración positiva por parte del panel de expertos (ver figura 2).

Figura 2. *Grado de adecuación por ítems*



En cuanto a los índices de validez, la Figura 3 refleja una consistencia elevada en los tres indicadores analizados. El Índice de Validez de Pregunta (IVP) se situó mayoritariamente por encima de 0.80, si bien algunos ítems puntuales alcanzaron valores cercanos a 0.67, lo que sugiere ajustes menores en la precisión semántica o en el nivel de concreción (ver figura 3).

Figura 3. *Índice de validez por ítems*



Por su parte, el Índice de Validez de Respuesta (IVR) se mantuvo estable en torno a 0.83, mientras que el Índice de Validez del Nivel de Concreción (IVNC) osciló entre 0.83 y 1.00. En ningún caso se registraron valores inferiores al criterio mínimo de aceptación (IVC ≥ 0.70), lo que confirma la solidez estructural del instrumento tras el proceso de adaptación. Estos resultados evidencian coherencia

interna y adecuada correspondencia entre los ítems y las dimensiones teóricas del cuestionario.

Validación del cuestionario

La validación global del instrumento se recoge en la Figura 4. Los datos obtenidos muestran un alto grado de consenso entre los especialistas participantes en el proceso Mini-Delphi (figura 4).

Figura 4. *Validación del Cuestionario por Juicio de Expertos*

La media global alcanzó una puntuación de 3.75, con una moda de 4, lo que indica una valoración mayoritariamente favorable. Asimismo, el Índice de Validez de Contenido (IVC) global fue de 0.90, mientras que el IVC promedio por ítems se situó en 0.87. Estos valores superan ampliamente el umbral mínimo establecido (IVC ≥ 0.70), confirmando una alta validez de contenido y una adecuada representación

Valoración por categorías

En relación con la estructura del cuestionario, las puntuaciones medias por categorías también reflejan una evaluación positiva y homogénea. Tal como se observa en la Figura 5, se obtuvieron los siguientes resultados: Diseño del cuestionario: 3.75, Adecuación metodológica: 3.83, Adecuación a destinatarios: 3.83, Adecuación específica de ítems: 3.83, Dimensiones específicas: 3.67.

Figura 5. *Validación del Cuestionario por Juicio de Expertos*

Resultado de adaptación instrumento AI-ED-SAT

El cuestionario adaptado quedó organizado en cuatro dimensiones: conocimientos generales sobre IA, uso didáctico, reflexión ética e integración curricular. Conserva 40 ítems, distribuidos en diez por dimensión. Esta estructura permite evaluar la preparación del profesorado en formación inicial y orientar propuestas formativas para una incorporación crítica y pedagógica de la IA. (ver tabla 1).

Tabla 1. Adaptación de instrumento AI-ED-SAT

Dimensión	Definición operativa	Ítems del cuestionario adaptado a profesorado preservicio
1. Conocimientos generales sobre IA y su aplicación educativa	Evalúa el nivel de comprensión conceptual del docente sobre la IA, sus fundamentos, terminología y aplicaciones educativas.	1. Conozco los conceptos básicos de IA y sus aplicaciones en distintos sectores. 2. Entiendo cómo la IA puede influir en la educación y el aprendizaje. 3. Puedo identificar herramientas de IA aplicables en el ámbito educativo. 4. Estoy familiarizado con términos como aprendizaje automático y redes neuronales. 5. Comprendo los fundamentos matemáticos y lógicos de la IA. 6. Distingo entre diferentes tipos de IA y sus aplicaciones en educación. 7. Puedo explicar a otros docentes cómo funciona la IA básica. 8. Conozco ejemplos de IA utilizada en plataformas de aprendizaje. 9. Identifico ventajas y limitaciones de la IA en el contexto educativo. 10. He investigado sobre tendencias actuales en IA aplicada a la educación.

2. Uso didáctico de herramientas de IA	Evalúa la capacidad del docente para integrar herramientas de IA en la práctica docente, con intencionalidad pedagógica y en coherencia con los objetivos de aprendizaje.	11. Utilizo herramientas de IA para mejorar mi práctica docente. 12. He diseñado actividades de aprendizaje que incorporan IA. 13. Conozco plataformas de IA que pueden apoyar la enseñanza personalizada. 14. Estoy dispuesto a evaluar el impacto de las herramientas de IA en el aprendizaje de mis futuros estudiantes. 15. Aplico la IA para la generación de materiales didácticos. 16. Implemento IA para la evaluación automática de tareas. 17. Exploro herramientas de IA que promuevan el aprendizaje adaptativo. 18. Desarrollo estrategias para integrar la IA en actividades colaborativas. 19. Participo en formaciones sobre nuevas herramientas de IA en educación. 20. Promuevo el intercambio de buenas prácticas sobre IA en el ámbito docente.
3. Ética y consideraciones sobre IA en el aula	Mide la conciencia ética, crítica y reflexiva del profesorado frente a los desafíos sociales y morales derivados del uso de la IA en contextos educativos.	21. Soy consciente de los posibles sesgos en los sistemas de IA. 22. Promuevo el uso ético y responsable de la IA en el aula. 23. Estoy disupuesto a enseñar a mis estudiantes sobre privacidad y seguridad en el uso de la IA. 24. Reflexiono sobre los desafíos éticos de la automatización en la educación. 25. Analizo cómo la IA puede influir en la toma de decisiones. 26. Estoy dispuesto a discutir con estudiantes los problemas de transparencia en los algoritmos de IA. 27. Identifico los impactos sociales de la IA en la educación. 28. Propongo prácticas para garantizar el uso equitativo de la IA. 29. Investigo sobre regulaciones y normativas de IA en educación. 30. Facilito espacios de reflexión sobre el impacto de la IA en la sociedad.
4. Integración curricular de la IA	Evalúa la habilidad del docente para planificar, implementar y articular la IA dentro del currículo educativo de forma interdisciplinaria y estratégica.	31. He integrado actividades relacionadas con la IA en planes de estudio. 32. Diseño estrategias didácticas que incluyen IA como herramienta de aprendizaje. 33. Conozco marcos curriculares que incorporan IA en la educación. 34. Participo en formaciones sobre IA aplicada a la enseñanza. 35. Desarrollo proyectos interdisciplinarios en los que incluyo IA. 36. Uso simulaciones basadas en IA para reforzar conceptos en el aula. 37. Estoy dispuesto a coordinar actividades con otros futuros docentes para integrar IA en el currículo. 38. Investigo metodologías activas que emplean IA en el aula. 39. Diseño unidades didácticas completas centradas en IA. 40. Estoy dispuesto a promover la alfabetización en IA entre mis futuros estudiantes.

Nota: Elaboración propia

Desde el marco conceptual de la competencia docente en IA, los resultados refuerzan la necesidad de disponer de instrumentos que permitan valorar no solo el conocimiento técnico, sino también la capacidad del futuro profesorado para analizar críticamente los sistemas de IA, seleccionar herramientas con criterio pedagógico e integrarlas en propuestas didácticas fundamentadas (Holmes et al., 2019; UNESCO, 2021; Zawacki-Richter et al., 2019). Esta cuestión es especialmente relevante en la Didáctica de las Ciencias Experimentales, donde la IA puede intervenir en procesos como la simulación de fenómenos, el análisis de datos, la construcción de explicaciones científicas, la formulación de hipótesis y la evaluación de aprendizajes complejos. La alta valoración otorgada por los expertos a las dimensiones de adecuación metodológica, adecuación a destinatarios y adecuación específica de los ítems sugiere que el cuestionario adaptado resulta pertinente para el profesorado en formación. Este resultado puede interpretarse como una evidencia inicial de que el AI-ED-SAT, originalmente diseñado para docentes en ejercicio, puede ser contextualizado para futuros docentes, siempre que se realicen ajustes lingüísticos, pedagógicos y curriculares acordes con su nivel de experiencia profesional y con las características del contexto formativo (Sartor-Harada & Azevedo-Gomes, 2026).

CONCLUSIONES

Los resultados derivados del proceso de validación indican que la adaptación del AI-ED-SAT al contexto de profesorado en formación presenta niveles adecuados de validez de contenido, sustentados en un elevado grado de consenso entre los expertos participantes. Los indicadores cuantitativos obtenidos media global de 3.75, moda de 4 e Índice de Validez de Contenido (IVC) global de 0.90 superan ampliamente el criterio mínimo de aceptación establecido (IVC $\geq$ 0.70), lo que respalda la consistencia

conceptual y estructural del instrumento. La aplicación del Mini-Delphi se mostró adecuada para adaptar el cuestionario antes de su implementación empírica, permitiendo identificar ajustes menores y fortalecer la claridad semántica, la coherencia interna y la adecuación de los ítems al constructo evaluado. La versión adaptada del AI-ED-SAT puede emplearse como instrumento diagnóstico para identificar necesidades formativas del futuro profesorado en relación con el uso pedagógico, ético y curricular de la IA. Como limitación, debe señalarse que el estudio se circunscribe a una validación de contenido mediante juicio experto. Por ello, se recomienda avanzar hacia fases posteriores de validación empírica, incorporando muestras amplias de profesorado en formación, análisis de fiabilidad interna, análisis factorial exploratorio y confirmatorio, así como estudios de validez convergente.

REFERENCIAS

Arija Mediavilla, A., SantosPastor, M. L., MartínezMuñoz, L. F., y RuizMontero, P. J. (2024). Diseño y validación de un cuestionario mediante método Delphi para valorar las relaciones entre metodologías activas y evaluación formativa en Educación Física en Primaria. *Retos, 51*, 14421451. https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index

Brown, A., y Lee, H. (2020). Bridging the digital divide: Strategies to ensure equal access to technology in education. *Technology and Equity in Education Journal, 8*(2), 104117.

Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Palacios-Rodríguez, A., & Llorente-Cejudo, C. (2020). Marcos de competencias digitales para docentes universitarios: Su evaluación a través del coeficiente competencia experta. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 23(3), 17–34. https://doi.org/10.6018/reifop.414501

Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. Computers in Human Behavior, 138, 107468. https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468

Chen, L., Chen, P., y Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. IEEE Access, 8, 75264–75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

Chen, S. (2021). Enhancing global collaboration in AI education through international exchange programs. *Journal of Global Education and Technology, 5*(4), 112130.

Clark, D. (2020). *Artificial intelligence for learning: How to use AI to support employee development*. Kogan Page.

Codina, L. (2023). *Cómo utilizar ChatGPT en el aula con perspectiva ética y pensamiento crítico: Una proposición para docentes y educadores.* https://www.lluiscodina.com/chatgpteducadores/

Delgado, N., Carrasco, L. C., de la Maza, M. S., & Etxabe-Urbieta, J. M. (2024). Aplicación de la inteligencia artificial (IA) en educación: Los beneficios y limitaciones de la IA percibidos por el profesorado de educación primaria, educación secundaria y educación superior. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 27(1), 207–224. https://doi.org/10.6018/reifop.577211

Diefes-Dux, H. A., Zawojewski, J. S., & Hjalmarson, M. A. (2010). Using educational research in the design of evaluation tools for open-ended problems. International Journal of Engineering Education, 26(4), 807–819.

George, C. E., y Trujillo, L. (2018). Aplicación del método Delphi modificado para la validación de un cuestionario de incorporación de las TIC en la práctica docente. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa, 11(1), 113–135.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

International Society for Technology in Education (ISTE). (2017). ISTE standards for educators. ISTE. https://www.iste.org/standards/for-educators

Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054.

Rachbauer, T., Graup, J., & Rutter, E. (2025). Digital literacy and artificial intelligence literacy in teacher training. Forum for Education Studies, 3(1), 1842. https://doi.org/10.59400/fes1842

Sampieri, R. H. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill México.

Sartor-Harada, A., y Azevedo-Gomes, J. (2026). AI-ED-SAT: diseño y validación de un cuestionario para autoevaluar competencias docentes en IA educativa. RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 29(1), 79-110.

UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. UNESCO Publishing.

UNESCO. (2024b). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO Publishing.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(39). https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

De la retroalimentación entre iguales a la reflexión didáctica en una experiencia de microteaching de química

Iván Marchán-Carvajal[1] *y Gregorio Jiménez-Valverde*[1]

[1]Departamento de Educación lingüística, científic y matemática, Universidad de Barcelona, España.

Correspondencia: ivan.marchan@ub.edu

RESUMEN: Esta comunicación analiza qué observan los futuros docentes de química cuando evalúan un microteaching de un igual y cómo la retroalimentación se incorpora a la reflexión posterior sobre la propia práctica. Participaron 29 estudiantes del Máster de Profesorado de Física y Química, cada uno de los cuales diseñó e impartió una microclase individual de 7 minutos sobre contenidos de química de ESO o Bachillerato. Tras cada intervención, los compañeros emitieron una valoración cuantitativa mediante una rúbrica analítica y un comentario cualitativo breve y anónimo; además, cada participante registró una autoobservación al acabar su microclase, más tarde revisó el vídeo de su actuación y elaboró un autoinforme reflexivo. El análisis cualitativo de contenido, apoyado en matrices de caso, mostró que la retroalimentación fue mayoritariamente específica (96,5 %) y que con frecuencia combinó reconocimiento y mejora (51,0 %), aunque solo una parte menor resultó claramente accionable (24,9 %) o justificada (11,5 %). Los focos dominantes fueron la claridad expositiva, la estructura de la sesión, los recursos visuales y la contextualización del contenido químico, mientras que la interacción con la audiencia apareció como debilidad principal, en coherencia con la rúbrica analítica. En la reflexión posterior se identificaron movimientos de feed-forward, detección de puntos ciegos, recalibración de la autopercepción, confirmación y resistencia selectiva. Se concluye que la combinación de microteaching, retroalimentación entre iguales, revisión videograbada y escritura reflexiva constituye un dispositivo valioso para el aprendizaje profesional en didáctica de la química.

PALABRAS CLAVE: microteaching; retroalimentación entre iguales; formación inicial del profesorado; didáctica de la química; práctica reflexiva

ABSTRACT: This paper examines what preservice chemistry teachers notice when evaluating a peer's microteaching and how such feedback is later incorporated into reflection on their own practice. Twenty-nine students enrolled in a secondary physics and chemistry teacher education master's program designed and delivered individual 7-minute micro-lessons on chemistry content from lower or upper secondary education. After each lesson, peers provided quantitative ratings through an analytic rubric and brief anonymous qualitative comments. In addition, each participant recorded an immediate self-observation, reviewed the video of their own performance and completed a reflective self-report. Qualitative content analysis supported by case matrices showed that feedback was predominantly specific (96.5%) and often combined recognition with improvement (51.0%), although a smaller proportion was clearly actionable (24.9%) or justified (11.5%). Dominant foci were explanatory clarity, lesson structure, visual resources, and contextualisation of chemistry content, whereas interaction with the audience emerged as the main weakness, in line with the analytic rubric. Later reflection revealed feed-forward moves, blind-spot detection, self-perception recalibration, confirmation, and selective resistance. The study concludes that combining microteaching, peer feedback, video review, and reflective writing provides a valuable design for professional learning in chemistry teacher education.

KEYWORDS: microteaching; peer feedback; preservice teacher education; chemistry education; reflective practice

INTRODUCCIÓN

El microteaching ocupa un lugar consolidado en la formación inicial del profesorado porque permite ensayar, en un entorno acotado y controlado, decisiones centrales de la práctica docente: selección y secuenciación del contenido, claridad de la explicación, uso de recursos, gestión del tiempo e interacción con el grupo (Bell, 2007; Iliasova et al. 2025; Pauline, 1993). En didáctica de las ciencias, además, esta estrategia obliga a transformar contenidos conceptualmente densos en propuestas enseñables apoyadas en representaciones, contextos, ejemplos, analogías, simuladores o experimentos, y ofrece oportunidades explícitas para revisar esa transformación didáctica (Akkuş y Üner, 2017; Bakir, 2024; Karlström y Hamza, 2019).

La literatura sobre evaluación entre iguales ha mostrado que el valor formativo de la retroalimentación no depende solo de su presencia, sino de su calidad y de la posibilidad de que quien lo recibe lo interprete, lo contraste y lo proyecte hacia actuaciones futuras. En esa línea, se subraya la importancia de que la retroalimentación sea específica, comprensible y orientada a la acción, así como de que el diseño didáctico genere oportunidades de diálogo y reflexión sobre su sentido (Gielen et al., 2010; Topping, 2021; van Zundert et al., 2010; Wilcoxen y Lemke, 2021). Del mismo modo, la revisión videograbada puede aportar distancia analítica y favorecer que la autoevaluación se desplace desde una vivencia afectiva inmediata hacia una lectura más argumentada de la propia actuación (Mahoney et al., 2019).

Desde esta doble perspectiva, el objetivo del estudio fue analizar el foco y la calidad de la retroalimentación cualitativa emitida en una experiencia de microteaching de química y examinar de qué modo dicha retroalimentación fue apropiada en las reflexiones posteriores del alumnado. De forma más específica, se plantearon dos preguntas de investigación: 1) ¿Sobre qué aspectos de la enseñanza focalizan sus comentarios los futuros docentes cuando evalúan a sus iguales?; 2) ¿Qué trayectorias de apropiación reflexiva aparecen cuando esa retroalimentación se contrasta con la autoobservación inmediata, la revisión del vídeo y un autoinforme final?

METODOLOGÍA

Diseño, participantes e instrumentos

Se adoptó un diseño cualitativo de estudio de casos múltiples con apoyo descriptivo, adecuado para responder a preguntas centradas en qué observan los participantes y cómo reinterpretan posteriormente esa información. Participaron 29 estudiantes del Máster Universitario de Formación del Profesorado de ESO y Bachillerato, especialidad de Física y Química, en la asignatura de Didáctica de la Química. Cada participante preparó e impartió un microteaching individual de 7 minutos sobre un contenido curricular de química de ESO o Bachillerato, siendo su actuación grabada en vídeo para su posterior revisión y análisis reflexivo.

La actividad se desarrolló a lo largo del curso y cada microclase fue evaluada por los compañeros mediante dos instrumentos complementarios: una rúbrica analítica de cinco criterios —competencia oral; estructura y recursos visuales; postura corporal, gestualización y desplazamientos; volumen y tono de voz; e interacción discursiva con la audiencia— y cuatro niveles de competencia, administrada a través de la plataforma MOARS (William y Leahy, 2015), y un comentario cualitativo breve, anónimo y estructurado en torno a una fortaleza y una propuesta de mejora, recogido mediante PollEverywhere. Además, inmediatamente después de cada microclase, cada estudiante realizó una autoobservación en caliente mediante esta misma herramienta. La figura 1 muestra un ejemplo del resultado que recibe cada estudiante de la evaluación entre iguales.

Question 1			Question 2			Question 3			Question 4			Question 5		
4:	56%	(14)	4:	20%	(5)	4:	44%	(11)	4:	64%	(16)	4:	28%	(7)
3:	44%	(11)	3:	60%	(15)	3:	56%	(14)	3:	36%	(9)	3:	48%	(12)
2:	0%	(0)	2:	20%	(5)	2:	0%	(0)	2:	0%	(0)	2:	20%	(5)
1:	0%	(0)	1:	0%	(0)	1:	0%	(0)	1:	0%	(0)	1:	4%	(1)

Figura 1. Extracto de los resultados que muestra MOARS para un alumno.

Corpus, procedimiento analítico y criterios de rigor

La recogida de datos integró cuatro fuentes: a) 599 comentarios cualitativos de pares; b) 29 autoobservaciones escritas inmediatamente después de impartir la microclase; c) las puntuaciones descriptivas agregadas para los cinco criterios analíticos de la rúbrica; y d) 29 autoinformes elaborados tras revisar el vídeo, la retroalimentación cualitativa recibida y los resultados cuantitativos. Los autoinformes incluían preguntas específicas sobre el valor de la retroalimentación, los cambios de percepción tras ver el vídeo y las mejoras que el estudiante introduciría en una futura repetición.

El análisis cualitativo e híbrido del contenido (Xu y Zammit, 2020) combinó categorías procedentes de la literatura sobre "feedback" con categorías emergentes del corpus. En los comentarios de pares se codificaron dos dimensiones: foco temático de la retroalimientación (claridad, estructura, recursos, interacción, ritmo, visualidad y observaciones de carácter didáctico sobre el contenido químico) e indicadores de calidad (especificidad, combinación de reconocimiento y mejora, carácter accionable y justificación). Posteriormente, para cada participante se construyó una matriz de caso que puso en relación la autoobservación en caliente, la retroalimentación recibida, el autoinforme final y los resultados de la rúbrica, con el fin de identificar movimientos de apropiación reflexiva.

El rigor del estudio se reforzó mediante triangulación de fuentes, definición operativa del sistema de categorías, contraste iterativo entre casos, búsqueda de casos discrepantes y mantenimiento de la trazabilidad analítica en las matrices de caso. Los porcentajes presentados cumplen una función descriptiva y de apoyo a la interpretación cualitativa, no inferencial. Todos los nombres propios fueron sustituidos por códigos alfanuméricos para preservar el anonimato.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra un resumen de los principales resultados de la investigación.

Tabla 1. Síntesis de hallazgos principales del análisis

DIMENSIÓN	EVIDENCIAS PRINCIPALES	LECTURA DIDÁCTICA
Calidad de la retroalimentación	96,5 % específico; 51,0 % reconocimiento+mejora; 24,9 % accionable; 11,5 % justificado.	El formato fortaleza/propuesta genera comentarios útiles, pero conviene reforzar su fundamentación y su orientación a la acción.
Foco temático	Fortalezas: claridad, estructura y recursos. Debilidad principal: interacción con la audiencia.	Los pares atienden a rasgos visibles y también a decisiones didácticas relevantes para enseñar química de forma comprensible.
Apropiación reflexiva	15 feed-forward; 14 puntos ciegos; 13 recalibraciones; 10 ratificaciones; 3 resistencias.	La triangulación entre retroalimentación, vídeo y autoinforme convierte la experiencia en aprendizaje profesional.

Foco y calidad de la retroalimentación

En relación con la primera pregunta de investigación, el primer hallazgo es la densidad y concreción de la retroalimentación generada. Los 29 microteachings produjeron una media de 20,7 comentarios por intervención. Lejos de ser un añadido anecdótico, el corpus fue mayoritariamente específico: el 96,5 % de los comentarios remitía a algún aspecto identificable de la actuación y el 51,0 % combinaba reconocimiento y propuesta de mejora. Sin embargo, solo el 24,9 % incluía una sugerencia claramente accionable y el 11,5 % explicitaba una justificación. El formato fortaleza/propuesta, por tanto, favoreció comentarios útiles y generalmente respetuosos, pero no garantizó por sí solo niveles altos de fundamentación o de feed-forward elaborado, en consonancia con lo descrito por Gielen et al. (2010) y van Zundert et al. (2010).

Las fortalezas más reiteradas se concentraron en la claridad expositiva, la estructura de la sesión y el uso de recursos visuales o interactivos. Los pares valoraron positivamente explicaciones ordenadas,

apoyadas en presentaciones legibles, imágenes, simuladores, experimentos o analogías que facilitaban la comprensión del contenido químico. Un comentario representativo señalaba: "Tu explicación ha sido impecable. Muy ordenada y clara" (comentario de par a P02). En otros casos, la retroalimentación fue más allá de los cinco criterios de la rúbrica y entró en otros aspectos didácticos, como la función de un ejemplo contextualizado en la vida cotidiana o la ayuda que podía aportar un apoyo visual para construir conceptos de química.

La principal debilidad detectada fue, con diferencia, la interacción con la audiencia. Esta cuestión apareció como foco problemático dominante en la mayoría de los casos y se expresó en sugerencias como preguntar más, esperar a las respuestas, mirar al grupo, ceder protagonismo al alumnado o evitar que la microclase se redujera a una exposición acelerada. La capa cuantitativa reforzó esta lectura: en los resultados cuantitativos de la rúbrica, recogidos en MOARS, la interacción discursiva con la audiencia fue el criterio peor valorado (M = 3,08 sobre 4) y el que acumuló mayor proporción de puntuaciones en las dos categorías más bajas (28,2 %). El hallazgo resulta especialmente relevante para la didáctica de la química, porque muestra una tensión recurrente entre la presión por cubrir contenido y la necesidad de construirlo de manera dialógica y comprensible.

Apropiación reflexiva de la retroalimentación

En relación con la segunda pregunta de investigación, el análisis de los autoinformes mostró que la retroalimentación recibida no quedó en el plano del comentario puntual, sino que fue incorporada a la reflexión posterior. La autoobservación en caliente estuvo dominada por nervios, rapidez y sensación de falta de tiempo; la reflexión diferida, en cambio, reorganizó esa vivencia en categorías más didácticas. En la matriz de 29 casos aparecieron cinco movimientos recurrentes, ordenados por frecuencia: comentarios de feed-foward, es decir, sugerencias para futuras actuaciones (15 casos), detección de puntos ciegos (14), recalibración afectivo-valorativa (13), confirmación o ratificación de la percepción inicial (10) y resistencia selectiva ante comentarios puntuales (3).

El feed-forward se manifestó en propuestas concretas de mejora orientadas a futuras intervenciones: "Si tuviera que repetir el microteaching [...] propondría algún experimento o alguna actividad más dinámica para que participaran mis compañeros y fueran interviniendo a lo largo de la presentación" (P09). La detección de puntos ciegos apareció cuando un estudiante reconocía que "no siempre uno es capaz de ver todos sus errores" y destacaba como hallazgo inesperado un comentario que le sugería "haber pasado por las mesas durante la actividad" (P16). La recalibración afectivo-valorativa se evidenció cuando varios participantes pasaron de una impresión inicial excesivamente negativa a una lectura más equilibrada: "La percepción que tuve al acabar el microteaching [...] fue que había estado insegura y nerviosa y en el vídeo no lo he notado tanto [...] los comentarios de mis compañeros también me han hecho darme cuenta de que no todo era tan negativo" (P11). En la confirmación, la retroalimentación reforzó una lectura ya anticipada por el propio estudiante: "Estoy totalmente de acuerdo [...] es prácticamente lo mismo que he comentado anteriormente y me resulta muy útil ver que los puntos de vista coinciden" (P24). Finalmente, en los pocos casos de resistencia selectiva, el participante aceptó el valor general de la retroalimentación, pero discrepó de algún comentario concreto: "He visto un par de comentarios que dicen que el final de la presentación ha sido abrupto, con los que no comparto la opinión" (P24).

Desde una perspectiva formativa, la secuencia completa —microteaching, retroalimentación entre iguales, revisión en vídeo y escritura reflexiva— parece actuar como un dispositivo de aprendizaje profesional. El vídeo permitió objetivar la propia actuación; los comentarios de los compañeros aportaron exterioridad social y contraste; y el autoinforme favoreció la reconstrucción argumentada de la experiencia. Este patrón dialoga con los trabajos que subrayan la importancia del momento, la accesibilidad y el sentido del feedback para que el alumnado pueda hacer algo con él (Wilcoxen y Lemke, 2021), y con la idea de que los entornos de revisión videograbada pueden fortalecer la reflexión cuando no se limitan a registrar la actuación, sino que se articulan con oportunidades de reinterpretación (Mahoney et al., 2019).

IMPLICACIONES PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Los resultados tienen varias implicaciones para la didáctica de las ciencias. En primer lugar, sugieren que el microteaching no debería concebirse solo como un ensayo breve de exposición, sino como un dispositivo de análisis compartido de la enseñanza. Cuando se combina con retroalimentación entre iguales, vídeo y escritura reflexiva, permite trabajar no solo la actuación del que enseña, sino también la capacidad del grupo para observarla con criterios didácticos.

En segundo lugar, los datos muestran la conveniencia de entrenar explícitamente la alfabetización en proporcionar retroalimentación del profesorado en formación inicial. El formato fortaleza/propuesta ayudó a producir comentarios respetuosos y relativamente útiles, pero sigue siendo necesario modelizar cómo justificar una observación, cómo formularla de modo accionable y cómo relacionarla con evidencias concretas del microteaching. Una recomendación directa para la práctica docente universitaria es dedicar una breve sesión previa a analizar ejemplos de retroalimentación fuerte y débil y a ensayar comentarios breves basados en criterios consensuados.

En tercer lugar, la experiencia sugiere que en didáctica de la química conviene hacer más visibles ciertos criterios específicamente disciplinares. Aunque la rúbrica se centraba en rasgos generales de la actuación docente, muchos pares comentaron la contextualización del contenido, la funcionalidad de ejemplos y analogías, la claridad de las instrucciones de una actividad o el valor de simuladores y experimentos. Durante los microteachings, se revelaron algunas concepciones alternativas de química de algunos estudiantes, hecho que supuso una oportunidad para discutir sobre la importancia del conocimiento previo en el aprendizaje de la química. Una mejora plausible sería incorporar en futuras ediciones indicaciones explícitas sobre uso de representaciones, relación entre recurso y comprensión conceptual o capacidad para conectar los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico (Talanquer, 2004). Finalmente, la interacción con la audiencia debería trabajarse como un objetivo formativo prioritario, porque emerge como el punto más débil y, a la vez, como el más decisivo para transformar una exposición oral en una auténtica experiencia de aprendizaje situado.

Finalmente, el microteaching como actividad en la formación inicial puede ser una herramienta útil para la investigación en otras áreas didácticas como el conocimiento didáctico del contenido (Can y Boz, 2022), el desarrollo de competencias investigadoras del profesorado (Vigh 2024) o el pensamiento crítico (Danday, 2021).

CONCLUSIONES

En suma, la experiencia analizada muestra que el microteaching, cuando se articula con evaluación entre iguales, revisión videograbada y escritura reflexiva, ofrece un contexto especialmente fértil para el desarrollo profesional en la formación inicial del profesorado de química. El alumnado no solo recibe información sobre su desempeño, sino que aprende a producir juicios sobre la enseñanza, a contrastarlos con la propia percepción y a proyectarlos hacia mejoras futuras.

El estudio presenta, no obstante, algunas limitaciones: se desarrolla en una única cohorte, con microclases breves y sin seguimiento posterior de la transferencia de estos aprendizajes al prácticum o al aula real. Aun así, el diseño resulta fácilmente replicable y aporta una idea central para la didáctica de las ciencias: el valor del microteaching no reside únicamente en ensayar una microclase, sino en convertir esa actuación en objeto de observación, reflexión y reconstrucción argumentada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akkuş, H., y Üner, S. (2017). The effect of microteaching on pre-service chemistry teachers' teaching experiences. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *46(1),* 202–230. https://doi.org/10.14812/cuefd.309459

Bakir, S. (2014). The effect of microteaching on the teaching skills of pre-service science teachers. *Journal of Baltic Science Educatio*n*, 13,* 789–801. https://doi.org/10.33225/JBSE/14.13.789

Bell, N. D. (2007). Microteaching: What is it that is going on here? *Linguistics and Education*, 18(1), 24–40. https://doi.org/10.1016/j.linged.2007.04.002

Can, H. B., y Boz, Y. (2022). Development of pre-service teachers' pedagogical content knowledge and the factors affecting that development: a longitudinal study. *Chemistry Education Research and Practice, 23(4)*, 980-997. https://doi.org/10.1039/D2RP00106C

Danday, B. A. (2021). Advancing preservice physics teachers' critical thinking through active and passive microteaching lesson study. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 20(3),* 205-228. https://doi.org/10.26803/ijlter.20.3.13

Gielen, S., Peeters, E., Dochy, F., Onghena, P., y Struyven, K. (2010). Improving the effectiveness of peer feedback for learning. *Learning and Instruction, 20(4)*, 304–315. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.08.007

Iliasova L, Nekrasova I, Mena J and Estrada-Molina O (2025) Microteaching on pre-service teachers' education: literature review. *Frontiers in Education, 10,* 1562975. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1562975

Karlström, M., y Hamza, K. M (2019). Preservice science teachers' opportunities for learning through reflection when planning a microteaching unit. *Journal of Science Teacher Education, 30(1)*, 44–62. https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1531345

Mahoney, P., Macfarlane, S., y Ajjawi, R. (2019). A qualitative synthesis of video feedback in higher education. *Teaching in Higher Education, 24(2),* 157–179. https://doi.org/10.1080/13562517.2018.1471457

Pauline, R. F. (1993). Microteaching: An integral part of a science methods class. *Journal of Science Teacher Education, 4(1)*, 9–17.

Talanquer, V. (2004). Formación docente¿ Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química?. Educación química, 15(1), 52-58. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.1.66216

Topping, K. (2021). Peer assessment: Channels of operation. *Education Sciences, 11(3)*, Article 91. https://doi.org/10.3390/educsci11030091

van Zundert, M., Sluijsmans, D., y van Merriënboer, J (2010). Effective peer assessment processes: Research findings and future directions. *Learning and Instruction, 20(4)*, 270–279.

Vigh, T. (2024). Development of research skills through research-focused microteaching lesson study in preservice teacher education. *Teaching and Teacher Education, 145*, 104618. https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104618

Xu, L. y Zammit, K. (2020). Applying thematic analysis to education: A hybrid approach to interpreting data in practitioner research. International Journal of Qualitative Methods, 19. https://doi.org/10.1177/1609406920918810

Wilcoxen, C. L., y Lemke, J (2021). Preservice teachers' perceptions of feedback: The importance of timing, purpose, and delivery. *Journal of University Teaching & Learning Practice, 18(8)*, Article 14. https://doi.org/10.53761/1.18.8.14

Wiliam, D. y Leahy, S. (2015). *Embedding formative assessment.* Learning Sciences International.

Reduciendo la brecha entre perfiles STEM y no STEM de futuros maestros mediante indagación interdisciplinar biología-matemáticas

José María Marcos-Merino[1], Cristina Valares-Masa[1], Jesús Gómez Ochoa de Alda[1] y María Rocío Esteban Gallego[2]

[1] Departamento de didáctica de las ciencias experimentales y las matemáticas, Universidad de Extremadura (España)
[2] Departamento de didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales, Universidad de Salamanca (España)

* Correspondencia: jmmarcos@unex.es

RESUMEN: La integración entre ciencia y matemáticas constituye un enfoque clave para la didáctica de la ciencia, especialmente en la formación inicial de maestros, donde abundan los estudiantes procedentes de itinerarios no STEM en Educación Secundaria. Este trabajo describe y evalúa una propuesta didáctica basada en la indagación guiada que integra contenidos de biología vegetal y estadística descriptiva mediante una práctica experimental de germinación de semillas. Los resultados de su implementación con una muestra de 340 futuros maestros muestran mejoras significativas en el aprendizaje de contenidos de ambas áreas. Además, la propuesta contribuye a reducir las diferencias iniciales entre quienes poseen una formación previa STEM y quienes proceden de itinerarios no STEM en Educación Secundaria. Estos hallazgos sugieren que las actividades experimentales contextualizadas, en las que se enfatiza la utilidad de los contenidos y se relacionan con su futuro profesional, pueden favorecer el aprendizaje interdisciplinar y promover una enseñanza más equitativa en la formación de maestros.

PALABRAS CLAVE: interdisciplinariedad; biología vegetal; matemáticas; indagación guiada; formación inicial de maestros.

ABSTRACT: The integration of science and mathematics constitutes a key approach in science education, particularly in initial teacher education, where many students come from non-STEM tracks in secondary education. This study describes and evaluates a guided inquiry–based teaching proposal that integrates plant biology and descriptive statistics through an experimental seed germination activity. The results of its implementation with a sample of 340 pre-service teachers show significant improvements in the learning of content from both areas. In addition, the proposal contributes to reducing the initial differences between students with a STEM background and those from non-STEM tracks in secondary education. These findings suggest that contextualized experimental activities that emphasize the usefulness of the content and connect it with students' future professional practice can promote interdisciplinary learning and support more equitable learning outcomes in teacher education.

KEYWORDS: interdisciplinary education; plant biology; mathematics; guided inquiry; pre-service teachers.

INTRODUCCIÓN

La formación de una ciudadanía capaz de afrontar los retos sociales, científicos y tecnológicos del siglo XXI exige enfoques educativos que trasciendan la tradicional fragmentación disciplinar del currículo. Problemas complejos como el cambio climático o las crisis sanitarias globales requieren perspectivas integradoras que combinen conocimientos procedentes de distintas disciplinas (Khojasteh *et al.*, 2022). En este contexto, las propuestas interdisciplinares han adquirido una relevancia creciente en la investigación educativa y en las políticas curriculares (Goos *et al.*, 2023). Desde el punto de vista curricular, la integración entre ciencias y matemáticas se considera especialmente relevante,

ya que el estudio de los fenómenos naturales implica con frecuencia la utilización de herramientas matemáticas para representar, analizar e interpretar datos. Esta relación es particularmente evidente en la investigación científica contemporánea, donde el análisis cuantitativo desempeña un papel fundamental en áreas como la ecología, la epidemiología o la biología molecular. En consecuencia, diversos autores han señalado la conveniencia de introducir componentes cuantitativos en la enseñanza de la biología y de fomentar actividades que permitan aplicar las matemáticas al análisis de fenómenos biológicos (Andrews *et al*., 2017).

La formación inicial del profesorado constituye un contexto especialmente relevante para desarrollar este tipo de propuestas. Sin embargo, numerosos estudios han puesto de manifiesto que los futuros maestros suelen mostrar actitudes más positivas hacia las ciencias naturales que hacia las matemáticas, lo que puede dificultar la integración de ambas disciplinas (Bursal y Paznokas, 2006). Esta disparidad afectiva se traduce en una menor percepción de autoeficacia de los futuros maestros para la enseñanza de las matemáticas, lo que puede dificultar su integración con otras áreas o favorecer enfoques en los que las matemáticas ocupan un papel secundario meramente instrumental. Además, el alumnado que accede a la formación inicial de maestros procede con frecuencia de itinerarios no científicos en la Educación Secundaria, lo que puede generar desigualdades iniciales en el dominio de contenidos STEM. A ello se suma que la enseñanza integrada resulta más compleja para muchos docentes en formación que la enseñanza tradicional, en parte debido a que los programas de formación inicial dedican aún un espacio limitado al desarrollo de conexiones sólidas entre disciplinas (Leszczynski, 2014). En este sentido, el enfoque experimental constituye una oportunidad particularmente valiosa para promover la integración entre ciencias y matemáticas. Las actividades de indagación permiten que el alumnado participe en prácticas propias de la investigación científica, como la formulación de hipótesis, el diseño experimental, el control de variables o el análisis de datos (National Research Council, 2012). Estas prácticas requieren inevitablemente el uso de herramientas matemáticas para organizar e interpretar la información obtenida, lo que favorece una integración funcional de ambas disciplinas. Partiendo de estas consideraciones, el presente trabajo describe y evalúa una propuesta didáctica basada en una secuencia de indagación guiada centrada en la germinación de semillas. Este contenido se ha seleccionado debido a su relevancia en la enseñanza de las ciencias y a la existencia de dificultades conceptuales documentadas en distintos niveles educativos (Barman *et al*., 2006; Carrasquer-Álvarez y Ponz-Miranda, 2023). La propuesta integra contenidos de biología vegetal y estadística descriptiva mediante una actividad experimental en la que los estudiantes deben recoger, representar e interpretar datos sobre germinación.

OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación son: i) analizar la efectividad de la intervención en el aprendizaje de contenidos de biología y matemáticas, y ii) examinar posibles diferencias en los resultados en función del género y de la formación previa del alumnado.

METODOLOGÍA

Muestra y procedimiento

La intervención se desarrolló durante dos cursos académicos con una muestra no probabilística de 340 estudiantes del Grado en Educación Infantil matriculados en asignaturas de didáctica de las ciencias en dos universidades españolas (Extremadura y Salamanca). La muestra estaba compuesta mayoritariamente por mujeres (84,7 %), un perfil habitual en esta titulación. Asimismo, solo una minoría de los participantes (14,7 %) procedía de itinerarios STEM en Bachillerato, el resto había cursado modalidades no STEM o formación profesional.

Descripción de la intervención didáctica

La intervención didáctica se fundamenta en un enfoque interdisciplinar que integra contenidos de biología y matemáticas a través de la indagación científica. Sus objetivos principales son acercar al alumnado a prácticas de investigación mediante la aplicación del método experimental en un contexto

educativo realista, promover la integración de herramientas matemáticas en la enseñanza de la biología y consolidar conceptos básicos de ambas disciplinas. La propuesta se desarrolla mediante una metodología de indagación guiada en dos sesiones presenciales de dos horas cada una, complementadas con un periodo de trabajo autónomo de seguimiento experimental de entre dos y tres semanas. Previamente, se solicita al alumnado que lleve al aula entre cuatro y cinco tipos de semillas de fácil acceso, con el fin de disponer de una muestra variada para el diseño del experimento de germinación.

La primera sesión se inicia con la presentación de un problema contextualizado en la futura práctica docente: determinar qué tipo de semilla, entre las disponibles habitualmente en los hogares, es más adecuada para realizar una actividad escolar de germinación. Para ello, se plantea evaluar tres variables: la viabilidad (proporción de semillas que germinan), el vigor (rapidez de germinación) y el tamaño de la planta en los primeros días de crecimiento. El problema se formula como una situación profesional verosímil con el objetivo de que el alumnado perciba la utilidad de la experimentación y del análisis de datos para la planificación de actividades escolares. A partir de esta situación, el profesorado promueve un diálogo argumentativo en el que el alumnado propone inicialmente procedimientos escolares habituales, como germinar una semilla sobre algodón húmedo en recipientes individuales. Estas propuestas se utilizan para reflexionar sobre aspectos metodológicos fundamentales, como la necesidad de establecer un criterio claro de germinación y de trabajar con varias semillas por especie para obtener resultados fiables. Mediante preguntas orientadoras, el alumnado reconoce la importancia de controlar las condiciones ambientales (agua, luz, temperatura, sustrato y aire) para poder comparar especies en condiciones equivalentes. Esta reflexión conduce al diseño de un experimento común en bandejas, donde las semillas se distribuyen de forma sistemática —en líneas o cuadrículas— para minimizar posibles sesgos asociados a la posición. Durante esta fase también se abordan contenidos conceptuales de biología vegetal a partir de las ideas previas del alumnado. Las discusiones incluyen la distinción entre semillas y frutos, las partes y funciones de la semilla, los tipos de frutos, la reproducción de las plantas, la clasificación vegetal (monocotiledóneas y dicotiledóneas), la dispersión de semillas y frutos y algunos aspectos relacionados con la nutrición humana y los granos alimentarios. Asimismo, se analizan errores conceptuales frecuentes presentes en libros de texto y en concepciones sociales sobre semillas y frutos, con especial atención a su relevancia para la futura práctica docente.

Posteriormente, el alumnado identifica las variables del experimento: el tipo de semilla como variable independiente y la viabilidad, el vigor y el tamaño de la planta como variables dependientes. También se reflexiona sobre las variables controladas necesarias para asegurar la comparabilidad entre especies. Cada grupo de estudiantes selecciona entre cuatro y cinco especies de semillas accesibles en el hogar —intentando incluir monocotiledóneas y dicotiledóneas— y acuerda sembrar al menos veinte semillas por especie para obtener resultados analizables. A partir de ello, formulan al menos tres hipótesis relacionadas con la viabilidad, el vigor y el tamaño de planta. Asimismo, diseñan tablas de registro de datos que posteriormente se consensuan en grupo. Se establece que durante quince días se registrará diariamente el número de semillas germinadas y, cada dos días, la altura de las plantas. La sesión concluye con la siembra de las semillas en bandejas identificadas y situadas en un espacio accesible para realizar el seguimiento.

Durante las semanas posteriores, el alumnado realiza de manera autónoma la recogida sistemática de datos y completa sus tablas de registro. La segunda sesión se dedica al análisis e interpretación de los resultados. En primer lugar, se revisan distintos tipos de representaciones gráficas (sectores, barras y líneas) a partir de ejemplos experimentales y se reflexiona sobre su adecuación para representar diferentes tipos de datos. Posteriormente, el alumnado trabaja con una hoja de cálculo que contiene datos de otro experimento biológico (incubación de huevos), lo que permite practicar la organización de la información, el cálculo de estadísticos descriptivos (media, moda, mediana y desviación estándar) y la elaboración de gráficas apropiadas para cada variable. Finalmente, se presentan las pautas para la elaboración del informe de investigación, que incluye apartados como resumen, introducción, problema de investigación, hipótesis, procedimiento, resultados, contraste de hipótesis, conclusiones y limitaciones. Con estas orientaciones, cada grupo redacta y entrega el informe como trabajo autónomo, respondiendo a la pregunta inicial de la actividad: qué tipo de semilla resulta más adecuada para

realizar una práctica de germinación con alumnado de Educación Infantil/Primaria (figura 1).

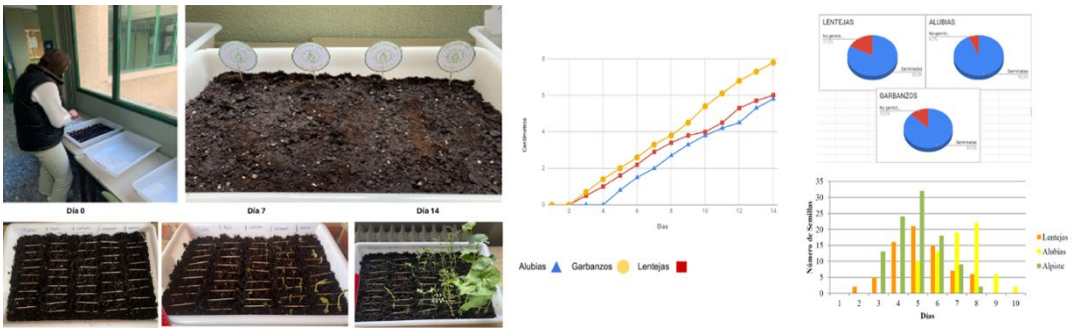


Figura 1. Distintos momentos de la propuesta didáctica: estudiantes realizando la siembra, ejemplos de un experimento en distintos días de registro y de gráficas incluidas en los informes de investigación.

Instrumento y análisis de datos

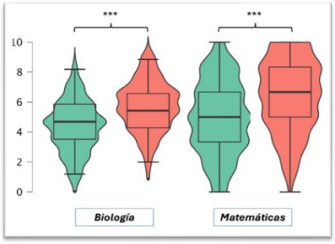
Para evaluar el impacto de la intervención se utilizó un cuestionario tipo test que incluía preguntas de biología y matemáticas. El instrumento se diseñó siguiendo las recomendaciones metodológicas para la elaboración de inventarios conceptuales en educación científica (Smith *et al*., 2008) y considerando errores conceptuales descritos en la literatura sobre semillas, germinación y estadística básica (Barman *et al*., 2006; Carrasquer-Álvarez y Ponz-Miranda, 2023; Carter, 2008). El cuestionario se administró antes del inicio de la intervención (pretest) y dos semanas después, al entregar el informe de investigación (postest). Dado que las puntuaciones obtenidas no seguían una distribución normal, se emplearon pruebas estadísticas no paramétricas. En concreto, se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comparar las puntuaciones del pretest y del postest, y la prueba U de Mann-Whitney para analizar posibles diferencias entre subgrupos en función del género o de la modalidad de Bachillerato cursada. El tamaño del efecto se estimó mediante la correlación biserial de rangos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar las puntuaciones del cuestionario antes y después de la intervención, se observó una mejora significativa en la calificación total (pretest: M = 4,51; postest: M = 5,57), según la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas ($p < 0{,}001$; $|r_{rb}| = 0{,}618$). La mejora se registró en ambos bloques de contenido: biología (M = 4,10 a M = 4,92; $p < 0{,}001$; $|r_{rb}| = 0{,}376$) y matemáticas (M = 4,70 a M = 6,43; $p < 0{,}001$; $|r_{rb}| = 0{,}503$) (figura 2). De este modo, los resultados muestran ganancias de aprendizajes en ambas disciplinas tras la intervención. El análisis por ítems mostró incrementos significativos en preguntas de ambas disciplinas (Wilcoxon para muestras relacionadas, $p < 0{,}05$). En biología se observaron mejoras en la pregunta 1 (concepto de germinación y condiciones necesarias), del 20,7 % al 27,2 % de respuestas correctas; en la pregunta 4 (partes de la semilla), del 27,3 % al 37,5 %; en la pregunta 5 (clasificación de plantas con y sin semillas), del 65,4 % al 71,2 %; en la pregunta 7 (importancia de las semillas en la alimentación humana), del 22,2 % al 51,3 %; y en la pregunta 9 (ejemplos cotidianos de frutos), del 71,1 % al 77,4 %. En matemáticas, la pregunta 1 (distribución normal) aumentó del 63,1 % al 83,6 %, la pregunta 2 (desviación estándar) del 42,3 % al 69,0 % y la pregunta 5 (interpretación de un gráfico de líneas) del 24,6 % al 60,8 %.

Respecto al aprendizaje en función de la modalidad de Bachillerato, se observaron diferencias significativas entre participantes de itinerarios STEM y no STEM en el pretest, tanto en la puntuación total ($p < 0{,}001$; $|r_{rb}| = 0{,}663$) como por bloques de contenido. No obstante, el tamaño del efecto indica que la brecha inicial se concentra principalmente en matemáticas ($p < 0{,}001$; $|r_{rb}| = 0{,}624$), mientras que en biología es menor ($p = 0{,}023$; $|r_{rb}| = 0{,}343$). Sin embargo, estas diferencias no alcanzaron significación en el postest ($p > 0{,}05$), aunque con tamaños del efecto pequeños a moderados (total: $p = 0{,}078$; $|r_{rb}| = 0{,}328$; biología: $p = 0{,}204$; $|r_{rb}| = 0{,}236$; matemáticas: $p = 0{,}134$; $|r_{rb}| = 0{,}279$) (figura 2). Por último, no se observaron diferencias significativas en función del género ni en el pretest ni en el postest ($p > 0{,}05$; Mann-Whitney; $|r_{rb}| = 0{,}062$). Asimismo, aunque las puntuaciones aumentaron de forma significativa

entre pretest y postest en ambos subgrupos (Wilcoxon; $p < 0,05$), el tamaño del efecto asociado a la comparación por género fue pequeño ($|r_{rb}| = 0,145$).



Cuestionario	No STEM	STEM	*p*-valor	$\|r_{rb}\|$
Pretest	4,35 (1,61)	5,40 (1,38)	***<0,001	0,663
Pretest biología	4,01 (1,60)	4,58 (1,71)	*0,023	0,343
Pretest matemáticas	4,69 (2,54)	6,22 (1,84)	***<0,001	0,624
Postest	5,58 (1,63)	6,02 (1,59)	0,078	0,328
Postest biología	4,66 (1,58)	5,03 (1,78)	0,204	0,236
Postest matemáticas	6,43 (2,47)	7,01 (2,31)	0,134	0,279

Figura 2. A la izquierda, diagramas de caja y gráficos de violín de las puntuaciones en el pretest (verde) y el postest (rojo) para los bloques de biología y matemáticas. La línea central de cada caja representa la mediana, los límites inferior/superior los percentiles 25/75, y los extremos de los bigotes los percentiles 5 y 95. El gráfico de violín representa la densidad de las puntuaciones. (*** $p < 0,001$; Wilcoxon para muestras relacionadas). A la derecha, estadísticos descriptivos de las puntuaciones del pretest y del postest (total, biología y matemáticas) en los subgrupos STEM y no STEM. Se muestran la media y, entre paréntesis, la desviación estándar. Se incluye el valor p de la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes y el tamaño del efecto mediante correlación biserial de rango (*$p < 0,05$; *** $p < 0,001$)

Los resultados muestran que la intervención se asocia con mejoras significativas en el aprendizaje, tanto en biología como en matemáticas, con tamaños del efecto de moderados a grandes tanto en la puntuación total como en las preguntas del bloque de matemáticas. Esto apoya que la intervención diseñada e implementada en este trabajo, basada en una secuencia de indagación guiada y centrada en un problema profesional de los maestros, que exige recoger, representar e interpretar datos, favorece aprendizajes integrados de ciencia y estadística descriptiva. El análisis por modalidad de procedencia aporta un resultado relevante para la formación inicial del profesorado. Las diferencias iniciales entre el alumnado STEM y no STEM en el pretest, especialmente en matemáticas, desaparecen en el postest al no alcanzar significación estadística. Este hallazgo sugiere que la propuesta puede contribuir a reducir desigualdades de partida vinculadas al bagaje académico previo, una cuestión especialmente pertinente en la formación inicial de maestros, donde el alumnado procede mayoritariamente de itinerarios no científicos en Bachillerato. Este resultado apoya que, en la formación inicial de maestros, el planteamiento de intervenciones interdisciplinares ciencia-matemáticas debe resaltar la utilidad de los contenidos, ya que este enfoque tiende a beneficiar en mayor medida a estudiantes con expectativas iniciales más bajas (Hulleman *et al*., 2010), en este caso los futuros maestros procedentes de itinerarios no STEM. En cuanto al género, aunque la literatura describe diferencias en concepciones sobre reproducción vegetal (Roy y Mohapatra, 2022) o en variables afectivas asociadas a las matemáticas (Devine *et al*., 2012), en este estudio no se observaron diferencias significativas entre mujeres y hombres ni antes ni después de la intervención, y el tamaño del efecto fue reducido.

Desde el punto de vista didáctico, la eficacia observada puede relacionarse con dos rasgos del diseño de la intervención. En primer lugar, la indagación guiada estructura el trabajo del aula en torno a decisiones metodológicas explícitas (criterios de germinación, necesidad de replicación, control de condiciones, registro sistemático y comunicación de resultados), lo que favorece una comprensión más funcional de cómo se construye evidencia en ciencias y cómo se apoya en herramientas matemáticas (National Research Council, 2012). En segundo lugar, el encuadre del problema como situación profesional verosímil hace visible la aplicabilidad de los contenidos y conecta el trabajo experimental con decisiones reales de aula, un mecanismo que se ha relacionado con mejoras en rendimiento académico (Hulleman *et al*., 2010).

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados de este estudio indican que una actividad práctica de germinación de semillas implementada mediante indagación guiada se asocia con mejoras en el aprendizaje de contenidos de biología vegetal y estadística en futuros maestros. La intervención integra ambas disciplinas a través

de la recogida, representación e interpretación de datos, lo que favorece un aprendizaje con carácter interdisciplinar. Asimismo, el encuadre de la tarea como un problema profesional verosímil y el énfasis en la utilidad de los contenidos pueden haber contribuido a la mejora del rendimiento, especialmente en el alumnado procedente de itinerarios no STEM, un perfil frecuente en la formación de maestros. La escasa presencia de prácticas de indagación en etapas obligatorias refuerza la necesidad de que la formación inicial ofrezca experiencias en las que el futuro profesorado vivencie de forma completa procesos de investigación escolar, desde la formulación de preguntas e hipótesis hasta la comunicación de resultados. Además, el marcado enfoque interdisciplinar de la propuesta responde a una carencia habitual del sistema educativo, donde siguen siendo limitadas las experiencias que integran conocimientos de distintas áreas y promueven una perspectiva sistémica vinculada a problemas reales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto GR21047.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrews, S., Runyon, C., y Aikens, M. (2017). The Math–Biology Values Instrument: Development of a Tool to Measure Life Science Majors' Task Values of Using Math in the Context of Biology. *CBE-Life Sciences Education*, 16(3), 1-12.

Barman, C. R., Stein, M., McNair, S., y Barman, N. S. (2006). Students' ideas about plants and plant growth. *The American Biology Teacher*, 68(2), 73–79.

Bursal, M., y Paznokas, L. (2006). Mathematics anxiety and preservice elementary teachers' confidence to teach mathematics and science. *School Science and Mathematics*, 106(4), 173-180.

Carrasquer-Álvarez, B., y Ponz-Miranda, A. (2023). Conceptions of primary school students and trainee teachers about seed germination. *Journal of Biological Education*, 58(5), 1286–1299.

Carter, T. A. (2008). Preservice teacher knowledge and understanding of probability and statistics. En L. L. Hatfield, S. Chamberlain, y S. Belbase (Eds.), *Teacher knowledge and practice in middle grades mathematics* (pp. 67–85). Brill.

Devine, A., Fawcett, K., Szűcs, D., y Dowker, A. (2012). Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety. *Behavioral and Brain Functions,* 8(1), 33.

Goos, M., Carreira, S., y Namukasa, I. K. (2023). Mathematics and interdisciplinary STEM education: Recent developments and future directions. *ZDM–Mathematics Education*, 55 (7), 1199–1217.

Hulleman, C. S., Godes, O., Hendricks, B. L., y Harackiewicz, J. M. (2010). Enhancing interest and performance with a utility value intervention. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 880–895.

Khojasteh, D., Davani, E., Shamsipour, A., Haghani, M., y Glamore, W. (2022). Climate change and COVID-19: Interdisciplinary perspectives from two global crises. *Science of the Total Environment*, 844, 157142.

Leszczynski, E. (2014). *The Study of Middle School Mathematics and Science Teachers' Practices, Perceptions, and Attitudes Related to Mathematics and Science Integration*. Tesis Doctoral.

National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas.* National Academies Press.

Roy, A., y Mohapatra, A. K. (2022). A gender-based investigation of Indian senior secondary students' misconceptions about plant reproduction through concept inventory. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 18(4), e2287.

Smith, M. K., Wood, W. B., y Knight, J. K. (2008). The genetics concept assessment: A new concept inventory for gauging student understanding of genetics. *CBE—Life Sciences Education*, 7(4), 422–430.

Percepción del alumnado del Grado en Educación Primaria sobre una secuencia formativa orientada a disminuir la brecha entre la formación universitaria y la práctica escolar

Marina Martínez-Carmona[1*] *e Iñigo Rodríguez-Arteche*[2]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España

[2] Departamento de Educación, Universidad de Almería, España

*Correspondencia: marina.m.cl@um.es

RESUMEN: Este estudio analiza la percepción de futuros docentes de Primaria sobre el valor formativo de las actividades de una secuencia basada en un enfoque Practice-Based Teacher Education (PBTE). La propuesta, orientada a la enseñanza de las ciencias mediante indagación y modelización, se desarrolló con 35 estudiantes a través de seis actividades progresivas, en las que el futuro profesorado debía asumir distintos roles. Los resultados de la encuesta final muestran que la actividad mejor valorada fue la implementación real con alumnado de Primaria, seguida de la vivencia de la secuencia como estudiantes y la reflexión sobre la propia actuación docente mediante vídeo. En cambio, las tareas más analíticas o teóricas fueron percibidas como menos relevantes. El análisis de clústeres permitió identificar tres patrones de respuesta, aunque todos coincidieron en priorizar la práctica auténtica. Estos resultados sugieren que la formación inicial debería integrar experiencias auténticas de enseñanza con espacios de reflexión guiada, para que la dimensión analítica se perciba como parte esencial de la práctica docente.

PALABRAS CLAVE: Formación de docentes basada en la práctica; Prácticas clave de enseñanza; Prácticas científicas; Grado en Educación Primaria.

ABSTRACT: This study examines prospective primary teachers' perceptions of the educational value of the activities within a sequence based on a Practice-Based Teacher Education (PBTE) approach. The proposal, focused on science teaching through inquiry and modelling, was implemented with 35 students across six progressive activities in which participants were required to assume different roles. The results of the final survey show that the highest-rated activity was the real implementation with primary pupils, followed by experiencing the sequence as learners and reflecting on one's own teaching performance through video. In contrast, more analytical or theoretical tasks were perceived as less relevant. Cluster analysis identified three response patterns, although all groups agreed in prioritizing authentic practice. These findings suggest that initial teacher training should integrate authentic teaching experiences with guided reflection, so that the analytical dimension is perceived as an essential part of teaching practice.

KEYWORDS: Practice-Based Teacher Education (PBTE); Teaching core practices; Scientific practices; Degree in Primary Education.

MARCO TEÓRICO Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Desde hace décadas, la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales viene alertando de una *brecha* en la transferencia al aula de los enfoques basados en prácticas científicas como la indagación y la modelización, ampliamente recomendados por las instancias educativas pero poco o pobremente aplicados en las aulas escolares (Romero-Ariza et al., 2020). Para explicar esta situación, se señalan diversos motivos que incluyen las creencias del profesorado sobre su posible incompatibilidad con la práctica escolar (Lowell y McNeill, 2023), la percepción de falta de materiales, recursos y tiempo

(Romero-Ariza et al., 2020) y los niveles de autoeficacia docente ante estrategias que entrañan cierta complejidad (Haverly y Davis, 2024).

La respuesta a este problema se viene abordando desde distintos frentes, como la formación permanente del profesorado (Lowell y McNeill, 2023), el diseño explícito de materiales orientados a la indagación y la modelización (Márquez-Fernández et al., 2025) y la formación inicial docente. En este último ámbito, se han desarrollado marcos relevantes como el conocimiento didáctico del contenido o los modelos didácticos del profesorado (Haverly y Davis, 2024). Sin embargo, a pesar de sus contribuciones –como conceptualizar el *conocimiento para la enseñanza* o reconocer el papel mediador de las *creencias*–, estos enfoques presentan algunas limitaciones. Por un lado, tienden a adoptar una lógica de *déficit*, centrada en lo que el profesorado en formación no sabe o necesita adquirir, relegando lo que ya es capaz de hacer con eficacia en el plano docente (Haverly y Davis, 2024). Por otro, pueden incurrir en cierto idealismo al asumir que los cambios en las creencias se traducen de forma relativamente directa y en plazos breves en transformaciones de la práctica (Romero-Ariza et al., 2020).

Frente a estas perspectivas, propuestas recientes en Didáctica de las Ciencias abogan por situar la "práctica" en el centro de la formación del profesorado (*Practice-Based Teacher Education,* PBTE), sin que ello implique descuidar la "teoría" ni la "reflexión". En este marco, autores como Grossman et al. (2018) y Windschitl et al. (2012) proponen estructurar la formación inicial en torno a «prácticas clave de enseñanza» (PCE) y a las acciones docentes necesarias para implementarlas de manera efectiva.

Las PCE son aquellas acciones docentes que apoyan de manera determinante el aprendizaje del alumnado, a través de estrategias, movimientos y discurso que pueden ser objeto de enseñanza en la formación inicial (Grossman et al., 2018). Lejos de concebirse como técnicas o competencias aisladas, implican procesos complejos de toma de decisiones que integran conocimientos, creencias y juicios profesionales (Ursekar y Naik, 2023), orientados hacia una enseñanza equitativa y sensible a la diversidad (Ferrari et al., 2025). Estas prácticas pueden ser identificadas y aprendidas, y se han inscrito tanto en marcos genéricos como el aprendizaje activo (Kloser, 2014) como en otros más específicos, como la indagación basada en modelos (MBI), donde el alumnado busca pruebas y (re)construye modelos explicativos (Delgado-Mayoral et al., 2025; Windschitl et al., 2012).

Para su desarrollo, la literatura propone una serie de fases –no necesariamente secuenciales– de representación, descomposición y aproximación a la práctica (Grossman et al., 2018). La *representación* permite hacer visibles las PCE mediante modelaje, vídeos de aula o análisis de casos (Márquez-Fernández et al., 2025); la *descomposición* consiste en analizarlas, identificando sus implicaciones educativas y sus componentes (*noticing*) (Delgado-Mayoral et al., 2025); y la *aproximación a la práctica* supone ensayar estas acciones en contextos con distintos niveles de autenticidad, desde entornos universitarios hasta aulas reales (Ursekar y Naik, 2023). En este proceso, se propone que el futuro profesorado asuma diferentes roles para interactuar con la práctica (Papaevripidiou et al., 2017): «teachers as learners», al vivir experiencias como aprendices; «teachers as thinkers», al analizarlas críticamente; y «teachers as reflective practitioners», al diseñar, implementar y evaluar su propia enseñanza.

No obstante, la transición entre estos roles no está exenta de desafíos, particularmente en la formación inicial del profesorado de primaria, y requiere que el alumnado perciba continuidad en el proceso formativo. Además, pueden surgir *tensiones* vinculadas tanto a las expectativas de los futuros docentes como a los distintos ámbitos que aborda la formación inicial (conocimiento científico, didáctico del contenido, pedagógico, etc.) (Cortés et al., 2012; Pro-Bueno et al., 2022). En este contexto, resulta pertinente atender a la dimensión afectiva del futuro profesorado al enfrentarse a propuestas de este tipo (Márquez-Fernández et al., 2025), ya que puede aportar información relevante para su rediseño iterativo.

Este estudio forma parte de una investigación más amplia y se centra en la implementación de una secuencia de actividades orientadas a articular la formación inicial en torno a la práctica (PBTE) (Grossman et al., 2018). A partir de ello, se plantean las siguientes preguntas de investigación: *1) ¿Cómo valora el profesorado de primaria en formación inicial la relevancia de las actividades desarrolladas en la intervención? 2) ¿Qué patrones comunes pueden identificarse en la ordenación de las actividades realizada por los participantes en función de su valoración?*

MARCO METODOLÓGICO

Participantes y contexto

La investigación se llevó a cabo en el Grado de Educación Primaria, en el marco de la última asignatura obligatoria de didáctica de las ciencias experimentales, centrada en contenidos de física, química y su didáctica. El estudio se desarrolló en el grupo bilingüe de la asignatura, compuesto por 35 estudiantes (25 mujeres y 10 hombres). La intervención, llevada a cabo por la primera autora, se implementó a lo largo de seis sesiones de seminario, en las que el grupo completo estaba dividido en dos subgrupos, permitiendo un trabajo más cercano y orientado a la práctica docente. Para la actividad de clasificación final analizada se obtuvieron 29 respuestas: cinco estudiantes no asistieron a la sesión y una respuesta fue descartada por estar incompleta.

Secuencia formativa

Esta investigación se centra en el diseño, implementación y evaluación de una secuencia formativa dirigida a futuros docentes de Educación Primaria. La secuencia se articula como una progresión de actividades orientadas a favorecer el tránsito hacia una implementación autónoma y reflexiva de prácticas de indagación y modelización, mediante el desarrollo de prácticas clave de enseñanza (Delgado-Mayoral et al., 2025).

La secuencia formativa consta de seis actividades articuladas de manera progresiva: 1) el profesorado en formación vivenció, en su rol de alumnado («teachers as learners», Papaevripidou et al., 2017), una secuencia de indagación y modelización sobre la flotación, cuya sesión fue registrada en vídeo; 2) posteriormente, se analizó colectivamente la secuencia poniendo el foco en la naturaleza y el orden de las actividades, para evidenciar su intencionalidad didáctica y las prácticas científicas que promueven («teachers as thinkers»); 3) a continuación, se visualizó el vídeo de la primera sesión y se solicitó a los participantes que identificaran las acciones realizadas por la formadora para favorecer dichos aprendizajes («teachers as noticers»), introduciendo posteriormente el concepto de (micro)acciones docentes clave (Autores, 2025b); 4) seguidamente, los futuros maestros/as adaptaron y ensayaron la actividad, incluyendo pequeñas modificaciones y el diseño de la hoja del alumnado, antes de su implementación en un contexto real («teachers as designers»); 5) la implementación se llevó a cabo con alumnado de Educación Primaria en el marco de la experiencia "Un día en el cole de mi maestro/a", también grabada en vídeo («teachers as reflective practitioners»); y 6) finalmente, los participantes visualizaron y analizaron sus propias grabaciones para reflexionar sobre su actuación docente a la luz del marco de PCE, favoreciendo una revisión crítica orientada a la mejora («teachers as analyzers»).

Técnicas de recogida y análisis de datos

Durante el desarrollo de cada actividad, y también al finalizar las sesiones, se solicitó al alumnado que respondiera mediante la herramienta Wooclap a una serie de preguntas orientadas a guiar y apoyar su proceso de aprendizaje. Además, al término de la secuencia completa, y con el objetivo de conocer las valoraciones parciales sobre la propuesta formativa, se pidió a los participantes que ordenaran las seis actividades realizadas en los seminarios en función de la utilidad percibida para su futura práctica docente, asignando 1 a la más relevante y 6 a la menos importante. Esta clasificación debía ir acompañada de una justificación escrita, con el fin de profundizar en los criterios y razones que sustentaban sus elecciones y reforzar la fiabilidad de las respuestas.

De los datos recogidos, este trabajo se centra en analizar la percepción del profesorado en formación sobre las actividades de la secuencia. Para ello, en primer lugar se llevó a cabo un análisis descriptivo para identificar cuáles fueron valoradas como más o menos relevantes según la mediana de puntuaciones y, a modo de triangulación, un análisis cualitativo de sus justificaciones, con el objetivo de comprender los motivos detrás de estas valoraciones (*pregunta de investigación 1*). En segundo lugar, para explorar la existencia de posibles patrones comunes en la ordenación de las actividades, se aplicó un clustering jerárquico aglomerativo con enlace promedio sobre la distancia de Kendall, adecuada para comparar rankings. El número de clústeres se seleccionó según el índice Silhouette, evitando la formación de clústeres unitarios (*pregunta de investigación 2*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera pregunta de investigación

La Tabla 1 presenta las ordenaciones o rankings asignados por el futuro profesorado a las seis actividades de la secuencia formativa. La ordenación no parece responder a criterios temporales (p.ej., efecto novedad o enganche final), sino que sugiere una discriminación en función de los distintos roles asignados a los futuros docentes (Papaevripidou et al., 2017).

Tabla 1. Relevancia atribuida por los maestros/as en formación a las distintas actividades de la secuencia (valor 1 a la actividad considerada más relevante y valor 6 a la menos importante).

Ranking	Roles	Actividad	Mediana	Media
1	Reflective practitioners	Un día en el cole de mi maestro/a (Sesión 5)	1	1,79
2	Learners	Vivencia de la secuencia desde la perspectiva del alumnado (Sesión 1)	2	2,59
3	Analyzers	Reflexión sobre la propia acción docente a través de vídeos (Sesión 6)	3	3,31
4	Noticers	Identificación y debate de (micro)acciones de la formadora (Sesión 3)	4	4,28
5	Designers	Adaptación y ensayo de la secuencia antes de implementarla (Sesión 4)	5	4,41
6	Thinkers	Reflexión didáctica sobre las actividades de la secuencia (Sesión 2)	5	4,62

Se observa que el alumnado destaca claramente la actividad "Un día en el cole de mi maestro/a" como la mejor valorada (mediana = 1). En sus comentarios, justifican esta elección porque les permite un contacto directo con la práctica docente real, aspecto que consideran clave para su formación inicial. Algunos comentarios a modo de ejemplo serían los siguientes: "Fue la actividad más útil, ya que fue el único momento en el que nos enfrentamos a una situación docente real, lo que nos proporcionó una visión auténtica de la dinámica del aula, las reacciones de los alumnos y las dificultades prácticas de implementar una actividad basada en el modelado"; "Creo que la mejor manera de aprender y poner a prueba nuestras habilidades como profesores es a través de la experiencia en el mundo real".

En segundo lugar, se valora especialmente la vivencia de la secuencia de flotación en el rol de estudiantes (mediana = 2). En este caso, sus justificaciones se centran en que les permite conocer la secuencia completa y entender qué experimentarán sus alumnos: "Experimentarlo primero como estudiantes nos permitió comprender plenamente la investigación antes de tener que enseñarla"; "Me ayudó a ponerme en el lugar de los alumnos". Asimismo, en un nivel intermedio aparece la reflexión mediante vídeos sobre la propia práctica ante alumnado de primaria (mediana = 3), que consideran útil para analizar su actuación docente: "Gracias a eso podemos analizar qué cosas tenemos que mejorar o qué debilidades debemos tener en cuenta".

Por el contrario, identificar y discutir microacciones docentes, adaptar y ensayar la actividad antes de su implementación y reflexionar sobre las actividades de la secuencia son valoradas de forma parecida y en posiciones menos relevantes (mediana de 4 o 5, Tabla 1). Cuando comentan la utilidad de estas actividades, hacen referencia a la necesidad de entender mejor la secuencia y saber qué hacer antes de ponerla en práctica: "Tengo que saber qué hacer antes de llevarlo a cabo"; "Necesito sentirme preparado". Pero también señalan que a veces les parecen actividades más aburridas, repetitivas o difíciles: "es útil pero difícil"; "requiere más guía". No obstante, cabe indicar que aunque existe una cierta predilección por algunas de las actividades, son numerosos los/as estudiantes que reconocen la importancia de todas ellas: "Yo creo realmente que son todas importantes"; "Para ser sincero, me resultó difícil establecer un orden de prioridad".

Al respecto, aunque no se trate de resultados estrictamente equivalentes, otros estudios sugieren que el futuro profesorado de primaria valora relativamente alto la vivencia de actividades de carácter indagativo (Valverde y Sánchez-Blanco, 2020). Además, se ha señalado que el prácticum puede influir en la modificación de dichas valoraciones, al introducir elementos diferenciales que no derivan directamente de la formación teórica previa (Cortés et al., 2012). En esta línea, las justificaciones cualitativas aportadas en este estudio parecen poner de relieve la pertinencia de una secuencia formativa orientada según un marco PBTE (Grossman et al., 2018).

Segunda pregunta de investigación

Para explorar los patrones de valoración del futuro profesorado tras concluir la secuencia formativa, la Figura 1 muestra el mapa de calor para el análisis de cluster realizado (índice de Silhouette = 0,4126). Se identificaron tres clústeres de tamaños similares. En todos ellos se aprecia una tendencia común: la alta relevancia otorgada a la práctica real («reflective practitioners») a través de "Un día en el cole de mi maestro/a". Sin embargo, esta uniformidad se rompe respecto a otros roles abordados desde la propuesta de este estudio.

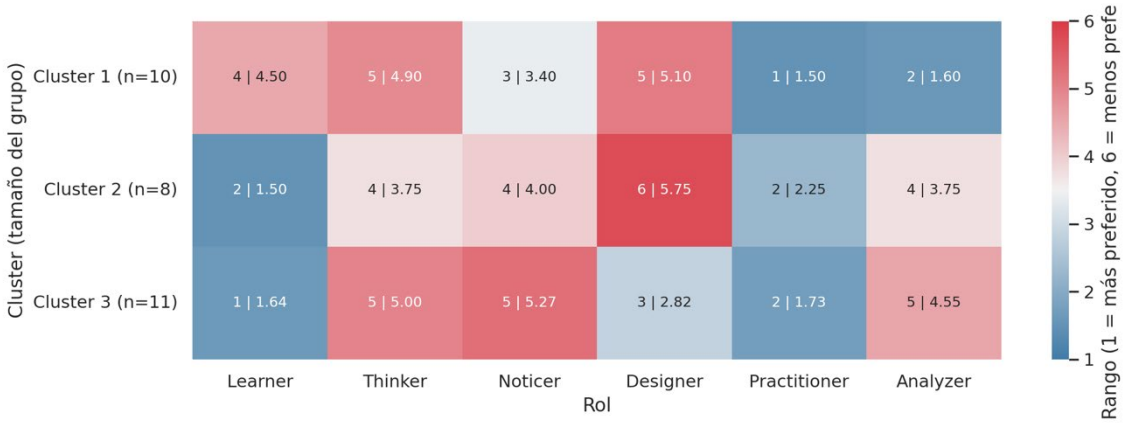


Figura 1. Mapa de calor de las valoraciones asignadas a las actividades de la propuesta formativa según cada cluster. Se indican la mediana y la media de las puntuaciones.

Así, el *cluster 1* (n=10) asigna baja relevancia al rol de «learners», priorizando otras actividades más ligadas a la acción docente («teachers as analyzers» y «teachers as noticers»). El *cluster 3* (n=11) refleja una dicotomía entre las actividades vinculadas a los roles «learners» y «practitioners», sin una preferencia clara. Este hecho evidencia el reto de los formadores al decidir qué aspectos priorizar para cumplir sus necesidades y expectativas en un tiempo limitado (Pro-Bueno et al., 2022). Esta ambigüedad es aún más marcada en el *cluster 2* (n=8), donde tres de los roles presentan la misma mediana (4), reflejando una jerarquización menos definida.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

En general, el alumnado ha valorado positivamente la experiencia y ha reconocido la utilidad formativa de las distintas actividades en el marco PBTE. Sin embargo, las justificaciones muestran que se priorizan especialmente aquellas actividades que favorecen la inmersión en contextos reales de enseñanza, la experiencia previa como aprendices y una conexión inmediata con la identidad profesional como futuros docentes. En contraste, las tareas de carácter más reflexivo o teórico tienden a situarse en posiciones inferiores, a veces porque les reconocen menos valor, pero otras porque requieren un mayor nivel de abstracción y se perciben como menos accesibles en las fases iniciales de su formación. Estos resultados, desglosados también por clústeres, sugieren la necesidad de diseñar secuencias formativas que integren experiencias prácticas auténticas con espacios estructurados de reflexión guiada, de modo que la dimensión analítica se perciba como parte orgánica de la práctica docente y no como un elemento separado. En futuros trabajos se pretende profundizar en estas cuestiones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al Proyecto PID2023-150682NA-I00 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cortés-Gracia, Á. L., de la Gándara, M., Calvo, J. M., Martínez-Peña, M. B., Ibarra, J., Arlegui, J. y Gil-Quílez, M. J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias en la Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, *30*(3), 156–176. https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.597

Delgado-Mayoral, L., García-Ruiz, J., González-Herrera, M., Hernández-Villalobos, L., Jiménez-Liso, M.R., López-Gay, R., Manzano-Sánchez, L., Martínez-Chico, M. y Rodríguez-Arteche, I. (2025). Acciones docentes clave para desarrollar el enfoque de indagación: rúbrica y red sistémica para su análisis. *Ápice. Revista de Educación Científica*, *9*(1), 117–134. https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11212

Ferrari, T. B., Bego, A. M. y Rodríguez-Arteche, I. (2025). What Does Educational Equity Mean? Views of the Harvard Teacher Fellows Program Members. En G. Cackmaci y M. Fatih Tasar (Eds.). *Connecting Science Education with Cultural Heritage* (pp. 297–307). Springer.

Grossman, P., Kavanagh, S. S. y Dean, C. P. (2018). The turn towards practice in teacher education. En P. Grossman (Ed.), *Teaching core practices in teacher education* (pp. 1–14). Harvard Education Press.

Haverly, C. y Davis, E. A. (2024). Unpacking readiness for elementary science teaching: what preservice teachers bring and how that can be shaped through teacher education. *Studies in Science Education*, *60*(1), 75–119. https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2188703

Kloser, M. (2014). Identifying a core set of science teaching practices: A delphi expert panel approach. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(9), 1185–1217. https://doi.org/10.1002/tea.21171

Lowell, B. R. y McNeill, K. L. (2023). Changes in teachers' beliefs: A longitudinal study of science teachers engaging in storyline curriculum-based professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, *60*(7), 1457–1487. https://doi.org/10.1002/tea.21839

Márquez-Fernández, M., Ametller, J., Jiménez-Liso, M. R. y López-Gay, R. Exploring undergraduate students' emotions and learning self-perceptions in connection with different types of instructional approaches in the context of daytime astronomy. *Science & Education* (2025). https://doi.org/10.1007/s11191-025-00703-7

Papaevripidou, M., Irakleous, M. y Zacharia, Z. C. (2017). Designing a course for enhancing prospective teachers' inquiry competence. En K. Hahl et al. (Eds.), *Cognitive and affective aspects in science education research* (pp. 263–278). Springer.

Pro-Bueno, A., Pro-Chereguini, C. y Cantó, J. (2022). Cinco problemas en la formación de maestros y maestras para enseñar ciencias en Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *97*(36.1), 185–202. https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92510

Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A. M., Sorensen, P. y Oliver, M. C. (2020). Highly recommended and poorly used: English and Spanish science teachers' views of Inquiry-Based Learning (IBL) and its enactment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *16*(1), em1793. https://doi.org/10.29333/ejmste/109658

Ursekar, C. y Naik, S. (2023). 'So basically I have to speak less and give students some freedom': how committing to a value influences a teacher's enactment of an inquiry-based science unit. *International Journal of Science Education*, *45*(18), 1507–1531. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2214686

Valverde, M. y Sánchez-Blanco, G. (2020). Futuros maestros: qué piensan sobre su formación en ciencias y qué hacen en sus prácticas escolares. *Investigación en la Escuela*, *102*, 122–139. https://doi.org/10.12795/IE.2020.i102.09

Windschitl, M., Thompson, J., Braaten, M. y Stroupe, D. (2012). Proposing a core set of instructional practices and tools for teachers of science. *Science Education*, *96*(5), 878-903. https://doi.org/10.1002/sce.21027

Ejemplo de buena práctica docente en el desarrollo del pensamiento científico en Educación Infantil

Mar Montalvo-García[1], Vanessa Ortega-Quevedo[2], María Antonia López-Luengo[1] y Cristina Gil-Puente[1]*

[1]Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valladolid, España.

[2]Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Complutense de Madrid, España.

* Correspondencia: mar.montalvo@uva.es

RESUMEN: El desarrollo del pensamiento científico en Educación Infantil constituye un elemento clave para que el alumnado adquiera habilidades que le permitan comprender el entorno que le rodea y desarrollar una actitud de indagación. En este sentido, el papel de los maestros resulta fundamental en la promoción de prácticas educativas que favorezcan una adecuada educación científica, desarrollada de forma continuada y reflexiva. En este contexto, el objetivo de este estudio es analizar las características de la práctica docente de una maestra de Educación Infantil considerada como ejemplo de buena práctica en el desarrollo del pensamiento científico. La investigación se enmarca en un estudio de caso centrado en una maestra con más de 35 años de experiencia docente, a partir del análisis de una entrevista en profundidad. Los resultados identifican diversos factores que sustentan su práctica, como su inquietud personal y profesional hacia la ciencia, su compromiso con la formación continua y su amplia experiencia docente, que le han permitido desarrollar una cultura del pensamiento en su aula. Estos elementos se identifican como factores clave para favorecer el desarrollo del pensamiento científico en el alumnado. Por todo ello, este estudio pone el valor una práctica docente consolidada a lo largo de los años, destacando la importancia de documentar experiencias significativas como referentes para la formación del profesorado.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; Estudio de caso; Pensamiento científico; Práctica docente

ABSTRACT: The development of scientific thinking in Early Childhood Education is a key element in enabling children to acquire the skills needed to understand the world around them and to develop an inquiry-based attitude. In this regard, the role of teachers is fundamental in promoting educational practices that support sound science education, developed in a continuous and reflective manner. Within this context, the aim of this study is to analyse the characteristics of the teaching practice of an Early Childhood Education teacher who considered an example of good practice in fostering scientific thinking. The research is framed as a case study focused on a teacher with more than 35 years of teaching experience, based on the analysis of an in-depth interview. The results identify several factors underpinning her practice, including her personal and professional interest in science, her commitment to continuous professional development, and her extensive teaching experience, which have enabled her to develop a culture of thinking in her classroom. These elements are identified as key factors in promoting the development of scientific thinking in young learners. Overall, this study highlights the value of a well-established teaching practice developed over many years and emphasises the importance of documenting meaningful educational experiences as references for teacher education.

KEYWORDS: Early Childhood Education; Case Study; Scientific Thinking; Teaching Practice

MARCO TEÓRICO

El pensamiento científico en Educación Infantil

La etapa de Educación Infantil debe promover la comprensión del entorno cercano del alumnado y la ciencia adquiere especial relevancia en la forma de percibir el mundo (Fleer, 2012). De este modo, se requiere promover el desarrollo del pensamiento científico para contribuir al fomento de la curiosidad, el razonamiento o la capacidad de resolver problemas para adquirir las habilidades necesarias adaptadas

a nuestra sociedad (Sowmya y Rani, 2025). La enseñanza de las ciencias tradicionalmente ha estado relacionada con niveles superiores debido a su nivel de abstracción, sin embargo, tal y como destacan Eshach y Fried (2005) el alumnado de Educación Infantil es capaz de razonar científicamente con actividades adaptadas a su nivel de desarrollo. Por esta razón, la educación científica en las primeras edades tiene una estrecha vinculación con la psicología del desarrollo (Sowmya y Rani, 2025).

El pensamiento científico se concibe como un proceso continuado que implica fomentar en el alumnado la observación, formulación de preguntas, generación de hipótesis y razonamiento a partir de evidencias, entre otros aspectos (Manassero-Maso y Vázquez Alonso, 2019). Por tanto, desde esta perspectiva, el fomento del pensamiento científico permite al alumnado ser más reflexivo y capaz de adquirir conocimiento científico (de Los Santos et al. 2025). Esta visión requiere ir más allá del aprendizaje de contenidos científicos y pone el foco en los procesos de pensamiento que sustentan este aprendizaje (Schwarz et al., 2017).

Por otro lado, la competencia argumentativa ligada al desarrollo del pensamiento científico adquiere un papel relevante. De este modo, permite al alumnado justificar sus ideas y contrastarlas para adquirir un conocimiento científico más amplio y profundo hacia un razonamiento compartido (Saribas, 2025). Esta idea tiene una estrecha relación con la importancia de fomentar la comunicación en el aula, un aspecto inherente a la ciencia (Eshach y Fried, 2005), estimulada por la observación multisensorial de fenómenos y la manipulación de objetos naturales que no solo motivan y comprometen a los infantes (Skalstad et al., 2025), sino que son imprescindibles para generar conjuntamente conocimiento científico mediante la indagación.

El papel de los maestros en el desarrollo del pensamiento científico

Desde la comprensión del pensamiento científico, es fundamental incidir en el papel de los maestros para una adecuada educación científica en las primeras edades. En este sentido, la práctica educativa debe estar ligada con un pensamiento crítico y reflexivo como parte indispensable en procesos de indagación (Pérez-Martín et al., 2022). Para ello los maestros deben desarrollar en sus aulas propuestas ligadas a enfoques que fomenten la colaboración y la comunicación, como los procesos de indagación mediante la implementación de proyectos, considerados como contextos favorecedores del desarrollo de la alfabetización científica (Eliza et al., 2025).

Desde esta perspectiva educativa, la cultura del pensamiento se consolida como un marco relevante para comprender cómo se generan y desarrollan los procesos de pensamiento favoreciendo un aprendizaje profundo y una mayor reflexión e indagación (Ritchhart, 2015). Este enfoque pone el foco en los movimientos del pensamiento, que tienen una estrecha relación con las habilidades de pensamiento científico ("observar de cerca y describir qué hay ahí" o "establecer conexiones") que se pueden promover mediante las fuerzas culturales que el maestro promueve en las dinámicas de su aula ("lenguaje" o "interacción") (Ritchhart, 2015). Este enfoque permite generar entornos educativos en los que el pensamiento se haga visible como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje, favoreciendo formas de pensamiento más profundas, reflexivas y compartidas, estrechamente vinculadas al desarrollo del pensamiento científico (Montalvo-García et al., 2025).

Sin embargo, diferentes estudios señalan algunas limitaciones por parte de los maestros para un fomento del pensamiento científico realmente significativo. El profesorado valora este tipo de prácticas, pero no siempre se sienten preparados para su implementación (Merino et al., 2025). Se ha señalado un bajo nivel por parte del profesorado para guiar la conversación infantil en torno a temas científicos (Skalstad et al., 2025) y para argumentar y razonar científicamente (Saribas, 2025), lo cual puede tener un impacto no deseado en la generación de razonamiento compartido desde la competencia argumentativa del alumnado de Educación Infantil.

En este contexto, analizar prácticas docentes que favorezcan el desarrollo del pensamiento científico en Educación Infantil resulta especialmente relevante. Por ello, el objetivo de este estudio es analizar las características de la práctica docente de una maestra en Educación Infantil considerada un ejemplo de buena práctica docente en el desarrollo del pensamiento científico.

MÉTODO

Este estudio se enmarca en un enfoque cualitativo mediante un estudio de caso centrado en el análisis de la práctica docente en Educación Infantil. El contexto del estudio de caso es un centro público de Educación Infantil y Educación Primaria situado en un entorno urbano de la provincia de Segovia. La participante es una maestra de Educación Infantil con más de 35 años de experiencia docente que trabaja en el segundo ciclo de esta etapa con alumnado de entre 3 y 5 años.

Selección del caso

La selección del caso se realizó en diferentes fases. En primer lugar, se llevó a cabo una fase exploratoria mediante el contacto con distintos centros educativos de la provincia de Segovia. Tras establecer contacto con aquellos centros interesados en participar en el estudio, se mantuvieron conversaciones con varias maestras de Educación Infantil que mostraban especial inquietud por la educación científica. A partir de este proceso inicial se realizó una reunión presencial con el centro educativo finalmente seleccionado, en la que participaron varias maestras del claustro. Durante este encuentro, la maestra participante mostró un gran interés por el estudio y se pudo identificar que su concepción de la enseñanza de las ciencias evidenciaba una especial atención al desarrollo del pensamiento científico en el alumnado.

A partir de este primer contacto, se solicitó la realización de una entrevista inicial con el objetivo de profundizar en sus ideas y presentarle los objetivos de la investigación. Posteriormente, se llevó a cabo una segunda entrevista más extensa orientada a profundizar en su práctica docente. La información obtenida en estas dos primeras entrevistas es la que se ha utilizado en el presente trabajo para fundamentar la selección del caso. Este proceso forma parte de una investigación más amplia, actualmente en desarrollo, que incluye una inmersión prolongada en el aula a lo largo de tres cursos académicos.

Recogida y análisis de datos

La recogida de información se ha realizado mediante entrevistas abiertas a la maestra orientadas a explorar sus ideas sobre la enseñanza de las ciencias en edades tempranas y su trayectoria profesional.

El análisis de los datos se ha realizado desde un enfoque inductivo, centrado en descubrir las características de la práctica docente a partir de las ideas de la maestra. Se ha llevado a cabo una codificación abierta mediante las entrevistas para identificar categorías emergentes que describen aspectos clave para el fomento del desarrollo del pensamiento científico en el aula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los aspectos clave que han llevado a seleccionar a la maestra como ejemplo de buena práctica docente. Estos elementos permiten justificar la elección del caso y constituyen un punto de partida para desarrollar el estudio de caso que profundice en cómo estas características de la práctica docente pueden favorecer el desarrollo del pensamiento científico en el alumnado de 3 a 5 años.

Inquietud hacia la ciencia

A nivel personal, la maestra muestra una gran inquietud hacia las áreas científicas desde su etapa como estudiante. Este interés inicial ha favorecido una implicación continuada con la ciencia que se ha ido consolidando y transformando con el paso del tiempo, a través de su experiencia docente y de un proceso constante de formación y reflexión sobre su práctica.

A nivel profesional, y estrechamente vinculado a esta trayectoria personal, la maestra manifiesta un interés por el fomento del pensamiento científico en las primeras edades. Su comprensión de la ciencia va más allá de un contenido curricular, considerándola como un proceso de construcción de conocimiento basado en la curiosidad, la búsqueda exhaustiva de evidencias y el rigor metodológico. Desde esta perspectiva su práctica docente no se limita a la transmisión de conocimientos científicos, sino que la maestra promueve procesos de investigación en los que el alumnado observa fenómenos del entorno, formula preguntas y experimenta de manera contextualizada.

Cultura del pensamiento

La maestra seleccionada no se limita a generar actividades científicas aisladas, sino que el fomento del pensamiento científico está integrado de manera natural en la dinámica de su aula. Esta concepción coincide con la propuesta de Manassero-Maso y Vázquez Alonso (2019), quienes entienden el pensamiento científico como un proceso continuo. Por ello, la integración de una cultura del pensamiento es clave para considerar un buen ejemplo a su práctica docente en cuanto al desarrollo de habilidades de pensamiento científico de manera continua y sistemática.

Por un lado, la maestra indica que emplea un lenguaje científico y de pensamiento para modelar la estructura del razonamiento científico, "en mi aula he instaurado una forma que repetimos como un mantra, utilizando expresiones como creo, he visto, por tanto, lo sé para que el alumnado diferencie entre ideas y evidencias basadas en observaciones". Esta práctica conecta con la idea de reflexionar sobre los procesos de aprendizaje que sustentan la construcción del conocimiento científico (Schwarz et al., 2017), lo que resulta especialmente relevante para el desarrollo de habilidades de pensamiento científico en el alumnado de Educación Infantil.

Asimismo, indica que ella intenta ser "lo más rigurosa posible para traspasar un modelo de precisión al alumnado". Además, para ella la interacción es el vehículo principal para visibilizar el pensamiento mediante conversaciones que "representan el 60% de todo el aprendizaje" en un espacio donde se debaten ideas y se escuchan otras opiniones que para ella es la base de la ciencia, valorando que el alumnado tenga una opinión propia y la capacidad de formular hipótesis para enriquecer el proceso de indagación. Estos momentos de diálogo favorecen la construcción de un razonamiento compartido, lo que resulta clave para el desarrollo de la competencia argumentativa, considerada un elemento fundamental en la educación científica (Saribas, 2025).

Por otro lado, la maestra considera el dibujo como una herramienta de documentación científica que permite al alumnado pasar de una visión global a una observación detallada evidenciando una transición hacia un pensamiento más profundo. Al mostrar producciones infantiles que conserva de su antiguo alumnado, se aprecia el rigor que, para ella "es lo que hace considerar el dibujo un trabajo científico". Aunque valora la creatividad en las producciones infantiles, diferencia entre fantasía y el dibujo naturalista que debe ajustarse al modelo observado para convertirse en registro del conocimiento científico.

Por último, la maestra define el pensamiento científico como un "caminar consciente", entendido como la capacidad del alumnado para observar, indagar y formular preguntas sobre el medio físico y natural que les rodea. Esta visión coincide con estudios que indagan sobre el concepto de pensamiento científico en el fomento de habilidades como la observación o formulación de preguntas (Sowmya y Rani, 2025). En este sentido, destaca la importancia de fomentar en el alumnado la valentía necesaria para mantener una posición fundamentada, aunque difiera de la opinión mayoritaria del grupo, citando la figura de Darwin como ejemplo de cómo algunos de los grandes avances científicos han surgido al cuestionar las ideas dominantes de su tiempo.

Formación continua

Tal y como se ha mencionado, un aspecto clave de su rol profesional es la formación continua. Una evidencia de ello es que, al presentar y fundamentar sus ideas, la maestra hace referencia de manera recurrente a autores y referentes del ámbito educativo. Entre ellos menciona en varias ocasiones a Neus Sanmartí para sustentar sus planteamientos sobre la enseñanza de las ciencias, así como a Piaget al referirse al desarrollo evolutivo del alumnado.

Asimismo, indica que en función de las características de su alumnado y del contexto considera necesario seguir formándose en determinados aspectos que le permitan continuar mejorando su práctica docente. Esta formación no se limita únicamente al ámbito pedagógico o a la psicología del desarrollo, sino que también se extiende a los contenidos científicos abordados en los proyectos que desarrolla con el alumnado. En este sentido, la maestra afirma que "para que un proyecto sea realmente significativo, la maestra tiene que aprender algo durante su desarrollo".

Por otro lado, la maestra forma parte de los movimientos de renovación pedagógica, una agrupación de maestros que impulsan la mejora de la escuela, lo que le permite mantener un contacto continuado con otros docentes y participar en espacios de intercambio de ideas. Estos contextos favorecen el aprendizaje compartido y la transmisión de conocimientos y experiencias entre maestros, además de facilitar su participación en jornadas, encuentros, proyectos y diversas iniciativas educativas que amplían oportunidades de formación y colaboración.

Experiencia docente y legado educativo

Sus más de 35 años de experiencia docente constituyen un factor clave que sustenta su buena práctica. A lo largo de su trayectoria, la maestra ha desarrollado un profundo conocimiento sobre los procesos de aprendizaje en Educación Infantil y de forma concreta, sobre el desarrollo del pensamiento científico en las primeras edades.

La maestra ha trabajado con numerosos grupos de niños y niñas a lo largo del segundo ciclo de Educación Infantil que le ha permitido conocer con detalle la evolución del pensamiento infantil entre los 3 y los 5 años, así como comprender las características propias de cada momento de su desarrollo evolutivo. Este aspecto adquiere especial relevancia en la educación científica en las primeras edades, puesto que esta mantiene una estrecha relación con la psicología del desarrollo y requiere diseñar actividades científicas adaptadas al nivel evolutivo del alumnado (Eshach y Fried, 2005). Este conocimiento se convierte en un elemento fundamental para interpretar las ideas del alumnado y reconocer su evolución. Por ejemplo, señala que "a los 3 años, el alumnado mantiene una fuerte vinculación con el pensamiento mágico, que hay que tener en cuenta al fomentar el pensamiento científico".

En la actualidad, la maestra se encuentra en la etapa final de su trayectoria profesional, próxima a su jubilación. Esta circunstancia otorga un valor particular a la selección de este caso para el análisis de su práctica docente. La investigación permite documentar y analizar un conocimiento profesional construido a lo largo de años de experiencia reflexiva contrastada con la formación continua y el constante intercambio en el seno de movimientos de renovación pedagógica. Desde esta perspectiva, el estudio pretende contribuir a preservar y poner en valor una práctica docente significativa para la didáctica de las ciencias experimentales en Educación Infantil y proyectarla como referente para la formación y desarrollo profesional de maestros y futuros maestros.

CONCLUSIONES

Este estudio tiene como objetivo analizar las características de la práctica docente de una maestra de Educación Infantil considerada un ejemplo de buena práctica en el desarrollo del pensamiento científico. Los resultados evidencian que el fomento del pensamiento científico no se limita a la realización de actividades científicas aisladas, sino que debe integrarse en la dinámica del aula. En este sentido, aspectos como la inquietud personal y profesional de la docente hacia la ciencia, su compromiso con la formación continua y su amplia experiencia docente se identifican como elementos clave que influyen en el desarrollo de una buena práctica educativa.

Asimismo, la comprensión de la ciencia como un proceso basado en la observación, el cuestionamiento de ideas y el uso de evidencias, con una relación directa con el aprendizaje compartido se convierten en estrategias que favorecen el desarrollo de habilidades científicas desde las primeras edades y contribuyen a generar una cultura del pensamiento en el aula. Por todo ello, este estudio pone en valor el conocimiento profesional de la maestra construido a lo largo de los años y destaca la importancia de analizar y documentar prácticas educativas significativas que puedan servir de referencia para la formación de maestros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Eliza, D., Mulyeni, T., Mahyuddin, N., Erita, Y., & Dhanil, M. (2025). Implementation of project-based learning in improving scientific literacy in early childhood education: A systematic literature review. *Journal of Baltic Science Education, 24*(1), 71–91. https://doi.org/10.33225/jbse/25.24.71

Eshach, H., y M. N. Fried. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology 14*(3), 315-36. https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9

Fleer, M. (2012). Imagination, emotions and scientific thinking: What matters in the being and becoming of a teacher of elementary science? *Cultural Studies of Science Education 7*(1), 31-39. https://doi.org/10.1007/s11422-011-9365-z

de Los Santos, O., E. Hernández-Padilla, Á. Vázquez-Alonso, G. López-Aymes, M. F. Aguilar-Tamayo, y. Arce. E (2025). Scientific Thinking Promotes the Development of Critical Thinking in Primary Education. *Education Sciences 15*(9). https://doi.org/10.3390/educsci15091174

Manassero-Maso, M.A, y Vázquez-Alonso, Á. (2019). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias. 16*(3), 1-17. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3104

Merino, C., Quiroz Venegas, W., y Solís-Pinilla, J. (2025). Influence of the beliefs of teachers participating in professional development programs on preschool natural science teaching. *Investigações em Ensino de Ciências, 30*(2), 537–566. https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci/2025v30n2p537

Montalvo-García, M., Ortega-Quevedo, V., y Gil-Puente, C. (2025). Anatomía y canto de las aves en educación infantil desde el enfoque de pensamiento visible. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista D e investigación Y Experiencias didácticas, 43*(3), 131– 155. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6423

Pérez-Martín, J. M., Salvadó, Z., Sánchez-Ferrezuelo, L., Gairal-Casadó, R., y Novo, M. (2022). Entrando por la otra puerta: La indagación para promover el razonamiento científico en Educación Infantil. *Contextos Educativos, 30*, 61-82. http://doi.org/10.18172/con.5333

Ritchhart, R. (2015). *Creating cultures of thinking. The 8 forces we must master to truly transformour school*. Jossey Bass.

Saribas, D. (2023). Preschool teachers' argumentation on socioscientific issues scenarios. *Science & Education, 34*, 175–197. https://doi.org/10.1007/s11191-023-00459

Schwarz, C. V., Passmore, C., & Reiser, B. J. (2017). *Moving beyond "knowing about" science to making sense of the world*. En C. V. Schwarz, C. Passmore y B. J. Reiser (Eds.), Helping students make sense of the world using Next Generation Science and Engineering Practices. National Science Teachers Association.

Skalstad, I., Bjerknes, AL. & Svendsen, S. (2026). Dinosaurs, Mushrooms, and Geometric Forms - Conversations with Young Children About Natural Science and Mathematics. *Early Childhood Educ J., 54,* 603–617. https://doi.org/10.1007/s10643-025-01850-w

Sowmya, A. S. L., & Rani, R. N. (2025). Emerging interest in science during early childhood period and evaluating its effectiveness. *Scientific Reports, 15*, 38683. https://doi.org/10.1038/s41598-025-22513-1

Las aves como recurso educativo: percepciones y conocimientos de futuros docentes

Alba Moreno, Mª del Carmen Conde, Elena Bravo, Emilio Costillo.

Univ. Extremadura, España.

*Correspondencia: cconde@unex.es

RESUMEN: Esta investigación ha analizado el conocimiento, la percepción y la disposición de los futuros docentes hacia el uso de las aves como recurso didáctico en Educación Primaria. Para ello, se ha empleado un diseño cuantitativo descriptivo con 52 futuros docentes del tercer curso del Grado de Educación Primaria, seleccionados mediante un muestreo intencional por conveniencia. Los resultados muestran una escasa interacción de partida con las aves. Aunque se identifica una valoración mayoritariamente positiva en su uso educativo, esta no es homogénea entre los participantes. Asimismo, se observa un bajo grado de conexión con entidades ornitológicas y con la contribución de mujeres en este ámbito. Se concluye la necesidad de integrar formación didáctica significativa que favorezca su valoración y conservación, colaborando con su práctica educativa futura, e incorporando una mirada más amplia de la disciplina que atienda a la diversidad de sus referentes, incluyendo las aportaciones de las mujeres en la ornitología.

PALABRAS CLAVE: Formación del profesorado, Aves, Ornitología, Educación Primaria.

ABSTRACT: This study examined pre-service teachers' knowledge, perceptions, and willingness to use birds as a teaching resource in primary education. To this end, a descriptive quantitative design was employed with a sample of 52 third-year pre-service teachers enrolled in a Primary Education degree program, selected using non-probability convenience sampling. The results indicate limited interaction with birds. Although a predominantly positive perception of their educational use was identified, it was not consistent across participants. Likewise, limited engagement with ornithological organizations and with women's contributions in this field was observed. The findings highlight the need to incorporate meaningful didactic training that fosters both the appreciation and conservation of birds, supports future teaching practice, and promotes a broader perspective of the discipline that acknowledges the diversity of its role models, including the contributions of women in ornithology.

KEYWORDS: Teacher training, Birds, Ornithology, Primary education.

MARCO TEÓRICO

El estudio de las aves, y en concreto el de las aves urbanas de la ciudad de Cáceres, que es una Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), es un reto al que queremos hacer frente con este trabajo. Se trata de una ciudad de gran valor en conservación de la naturaleza y muy apreciada también por el turismo ornitológico. En este sentido ya iniciamos una labor investigativa con las aves como eje central de las salidas al medio (Moreno et al., 2025). Nuestra intención es que lo sigan siendo en nuestro modelo didáctico abordado en la formación de maestros, contribuyendo con ello a una educación más globalizada e integral.

La creciente desvinculación de la sociedad respecto al entorno natural ha generado un desconocimiento generalizado sobre los ecosistemas y actitudes de indiferencia ante los impactos de la acción humana (Torres-Porras et al., 2016). En este contexto, las aves actúan como indicadores sensibles del estado ambiental y su incorporación en el ámbito educativo permite aproximar al alumnado a la biodiversidad, fomentar una conciencia crítica y promover actitudes responsables hacia la conservación (Montalvo-García et al., 2025).

Diversos estudios han evidenciado la eficacia de las salidas al medio como recurso didáctico para el aprendizaje de las ciencias, tanto a nivel cognitivo como actitudinal y ambiental, en distintas etapas

educativas (Dillon et al., 2006; Del Toro y Morcillo, 2011; Costillo et al., 2014; Fernández-Ferrer y González-García, 2017; Pedrinaci, 2012). No obstante, su efectividad depende de una planificación rigurosa que integre actividades previas, durante y posteriores a la salida, favoreciendo así aprendizajes significativos (Aguilera, 2018).

Para que la enseñanza de las aves se integre de forma efectiva en la práctica docente, es fundamental que el profesorado en formación disponga de conocimientos específicos sobre estos contenidos (Torres-Porras et al., 2016). La falta de preparación puede limitar la implementación de propuestas relacionadas con la biodiversidad, lo que evidencia la necesidad de reforzar su presencia en la formación inicial docente. De este modo, el futuro profesorado no solo reconoce el valor pedagógico del entorno natural, sino que adquiere las competencias necesarias para incorporarlo de manera efectiva en su práctica educativa (Ateşkan y Lane, 2016; Olson et al., 2001, como se citó en Bravo et al., 2021).

Las aves, como uno de los grupos animales más visibles y cercanos a la vida cotidiana, han sido históricamente objeto de estudio y observación científica. No obstante, la contribución de las mujeres en la ciencia ha sido tradicionalmente invisibilizada o infravalorada, como señalan Saborit-Rodríguez et al. (2022). El estudio de Soto-Patiño et al. (2023) revela una tendencia similar y constante en el mundo de la ornitología. En palabras del propio autor "la proporción de mujeres como autoras es consistentemente menor a la de los hombres en todos los ámbitos".

En este contexto, resulta relevante destacar que, durante el siglo XIX, diversas mujeres desempeñaron un papel fundamental en la ornitología y la conservación de la avifauna, promoviendo la creación de asociaciones como Society for the Protection of Birds, el uso de métodos basados en la observación directa frente a la caza y la difusión del conocimiento a través de la escritura divulgativa (Contreras-Ameduri, 2023 y 2024).

OBJETIVO

Analizar el conocimiento, la percepción y la disposición de un grupo de futuros docentes hacia el uso de las aves como recurso didáctico en Educación Primaria, considerando también su conocimiento sobre ornitología y las contribuciones de las mujeres en este campo.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en un diseño cuantitativo de carácter descriptivo. La muestra se compone de 52 futuros docentes matriculados en la asignatura "Didáctica del Medio Físico y los Seres Vivos" del tercer curso del Grado en Educación Primaria, de los cuales el 44,2 % eran hombres y el 55,8 % mujeres, con edades comprendidas entre 20 y 27 años.

La selección de los participantes se realizó mediante muestreo no probabilístico de conveniencia, debido a la accesibilidad de los investigadores al grupo de estudio.

La recogida de datos se realizó mediante un cuestionario estructurado administrado en línea a través de *Google Forms*, aplicado en un único momento, lo que configura un diseño transversal basado en encuesta.

El instrumento incluía 15 preguntas organizadas en varias dimensiones, entre las que se incluyen: relación con las aves, utilidad didáctica, problemática ambiental, migración, aves del núcleo urbano, elementos de identificación, asociaciones/grupo y mujeres ornitólogas (incluyendo en esta última aspectos relacionados con la percepción histórica de la contribución de las mujeres en la ornitología). Previamente a su aplicación, el cuestionario fue sometido a un proceso de validación por parte de expertos en Didáctica de las Ciencias.

RESULTADOS

Relación con las aves:

Los resultados muestran una relación limitada con las aves. La mayoría de los participantes indicó verlas en su entorno sin prestarles demasiada atención (63,5%) y el 36,5% señaló que son indiferentes en su vida cotidiana. Las formas de interacción más activas fueron minoritarias: el 11,5% afirmó observarlas con interés, el 7,7% utiliza prismáticos, el 1,9% realiza anotaciones sistemáticas o pertenece a asociaciones ornitológicas.

Utilidad didáctica:

En relación con el potencial educativo de las aves en la etapa de Educación Primaria, el 80,8% de los futuros docentes considera que su tratamiento en esta etapa tiene una utilidad didáctica, mientras que el 15,4% manifestó no saberlo y el 3,8% de forma negativa.

Los resultados de los ítems valorados mediante escala Likert reflejan una tendencia moderadamente favorable hacia la afirmación "Es un tema importante que el alumnado tiene que aprender". El 46,2% de los participantes se posicionó en las categorías de acuerdo o totalmente de acuerdo, frente a un 11,5% que manifestó desacuerdo o total desacuerdo, mientras que el 42,3% adoptó una postura neutral.

Problemática ambiental:

Entre los problemas que afectan a las aves urbanas de Cáceres destacan la destrucción de nidos durante la restauración de edificios (92,3%) y la destrucción de nidos por residentes (78,8%). También se mencionaron las colisiones con tendidos eléctricos (67,3%), la contaminación atmosférica (67,3%), la contaminación acústica (63,5%) y la destrucción de hábitats (55,8%). Además, el 94,2% considera que los productos fitosanitarios afectan a la alimentación de las aves.

Asociaciones/grupos:

El 40,4% de los participantes indicó no conocer ninguna organización ornitológica, siendo la más mencionada SEO/BirdLife (38,5%), asociación que fue mencionada anteriormente en el aula, y más del 90% de los participantes afirman no participar en ninguna de ellas.

Mujeres ornitólogas:

Como vemos en la Figura 1, los resultados indican un conocimiento limitado sobre mujeres ornitólogas entre los futuros docentes. Solo un 7,7% de los participantes afirmó conocer a alguna mujer vinculada a la ornitología, mientras que la mayoría absoluta (92,3%) declaró no conocer ninguna en relación con esta cuestión.

Respecto a la percepción histórica de su papel, los datos muestran un patrón similar de incertidumbre y desconocimiento. Ante la afirmación *"Las mujeres del siglo XIX han realizado aportaciones importantes en la ornitología"*, el 55,8% respondió "Sí", el 42,3% respondió "No lo sé" y solo el 1,9% indicó "No"**.** En relación con la afirmación *"Las campañas de protección de aves fueron creadas por mujeres debido a la moda del siglo XIX"*, la mayoría, un 82,7 %, respondió "No lo sé", frente a un 17,3% que respondió "Sí", observándose una alta proporción de respuestas "No lo sé" en esta afirmación.

Para la afirmación *"Tanto hombres como mujeres hacían activismo ambiental a través de su producción literaria en el siglo XIX"*, el 40,4% respondió "Sí", el 55,8% "No lo sé" y solo un 3,8% indicó "No". Sobre la contribución restringida de las mujeres hasta el siglo XX, el 27% consideró que sí existieron restricciones, el 11,5% respondió "No" y el 61,5% indicó "No lo sé". Finalmente, ante la afirmación *"La Real Sociedad para la Protección de Aves fue fundada en el siglo XIX por un grupo de hombres preocupados por la protección de la fauna salvaje de Europa"*, el 15,4% respondió "Sí", el 1,9% "No" y la gran mayoría, 82,7%, indicó "No lo sé".

Se aprecia una tendencia predominante hacia las opciones "Sí" y "No lo sé", frente a una menor proporción de respuestas negativas.

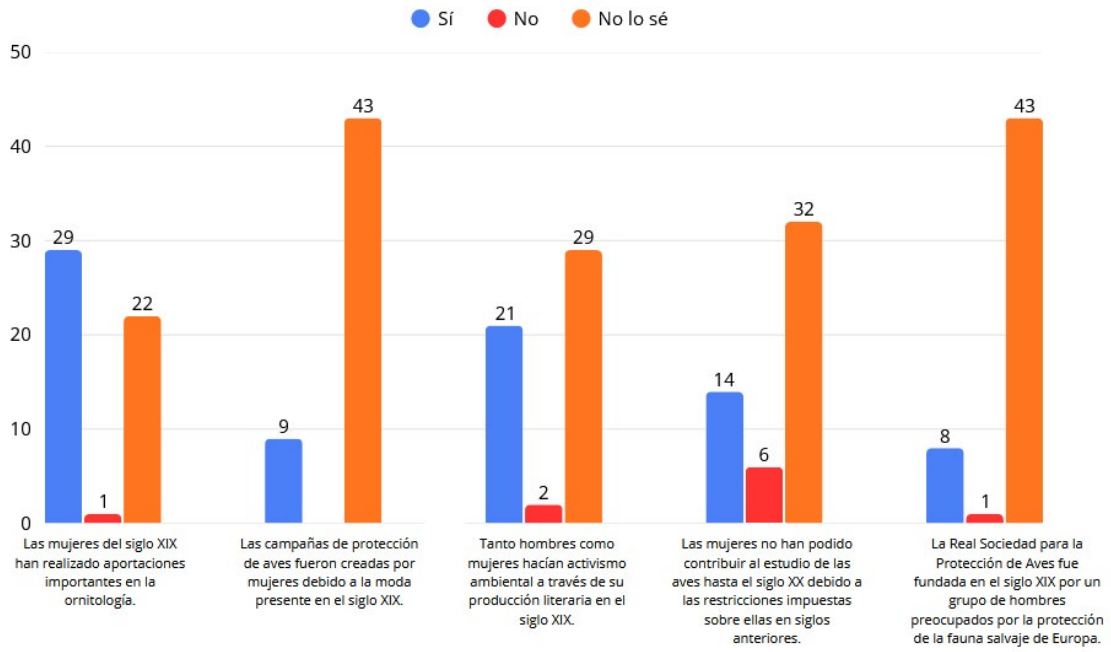


Figura 1. Percepciones sobre la contribución de las mujeres en la ornitología

CONCLUSIÓN

Este estudio ha analizado el conocimiento, la percepción y la disposición que tienen los futuros docentes hacia el uso de las aves como recurso didáctico en Educación Primaria. Los resultados evidencian un contacto y conocimiento limitado con las aves de su entorno, a pesar de tratarse de uno de los grupos faunísticos más cercanos y fácilmente observables en el entorno cotidiano, contrastando con la percepción que tienen la Ciencia y la Ornitología en particular sobre la avifauna de la ciudad.

Aunque una parte importante de los participantes reconoce su potencial educativo, la presencia de respuestas neutras y negativas sugiere que su relevancia didáctica no es percibida de forma clara por todos los futuros docentes. Asimismo, el escaso conocimiento sobre las asociaciones ornitológicas, junto con el notable desconocimiento de las mujeres ornitólogas y sus aportaciones en este ámbito, ponen de manifiesto importantes lagunas formativas en relación con la biodiversidad y la cultura científica asociada a este campo.

En este sentido, los resultados obtenidos subrayan la necesidad de reforzar la formación del profesorado mediante propuestas didácticas significativas que promuevan el conocimiento y la observación del entorno cercano. Asimismo se considera relevante integrar el reconocimiento de las aportaciones de las mujeres ornitólogas como referentes que amplían la cultura científica del alumnado y favorecen modelos más diversos e igualitarios en la enseñanza de las ciencias.

Este enfoque, desarrollado de forma conjunta con el estudio de las aves, puede contribuir a que el futuro profesorado desarrolle la capacidad de valorar y conservar la biodiversidad, especialmente las aves, incorporando además una visión más completa del desarrollo histórico de la ciencia, con especial atención al papel de las mujeres científicas que han pasado desapercibidas en este campo.

Dado que apenas se han encontrado referencias sobre la integración de ambos contenidos en el aula en la línea planteada en este estudio, se propone como línea de trabajo su vinculación en Educación Primaria, por su potencial educativo. Reconocer qué hitos supuso para el conocimiento y conservación de las aves cada una de las aportaciones de ornitólogas en un momento histórico pasado hará valorar no sólo aquellos avances. Asimismo, facilita su relación con los desarrollos actuales y posibilita analizar la evolución del papel de las científicas, tanto en su implicación en este campo como en el reconocimiento de sus contribuciones.

Hacer ciudadanos/as críticos y reflexivos sobre la ciencia y el papel de las mujeres en ella fomentando la igualdad forma parte también de los retos de la educación para el siglo XXI de los que habla la LOMLOE. El estudio de las aves es un gran recurso educativo que nos puede llevar a todo ello.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 15*(3), 3103. 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103

Ateşkan, A., y Lane, J.F. (2016). Promoting field trip confidence: Teachers providing insights for pre-service education. *European Journal of Teacher Education, 39*(2), 190-201. https://doi.org/10.1080/02619768.2015.1113252

Bravo, E., Costillo, E., Bravo, J.L., Mellado, V. y Conde, M.d.C. (2021). Analysis of prospective early childhood education teachers' proposals of nature field trips: An educational experience to bring nature close during this stage. *Science Education, 46.1*, 71-88. https://doi.org/10.1002/sce.21689

Contreras-Ameduri, C. (2023). "Alas invisibles: ornitólogas del XIX en la conciencia ecológica". Proyecto Europeo EnviroCitizen (Citizen Science for Environmental Citizenship). Horizon 2020, G.A. No. 872557. Universidad de Extremadura.

Contreras-Ameduri, C. (2024). Uncaged Angels: Ecofeminist Literary Ornithology as Citizen Science in the Nineteenth Century. *ATLANTIS, Journal the Spanish Association of Anglo-American Studies, 106*, 172-198.

Costillo, E., Borrachero, A.B., Villalobos, A.M., Mellado, V. y Sánchez, J. (2014). Utilización de la modelización para trabajar salidas al Medio Natural en Profesores en Formación de Educación Secundaria. *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza, 7*(13), 165-175. https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia165.175

Del Toro, R. y Morcillo, J.G. (2011). Las actividades de campo en educación secundaria. Un estudio comparativo entre Dinamarca y España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 19*(1), 39-47.

Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M.Y., Sanders, D. y Benefield, P. (2006). The value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. *School Science Review, 87*(320), 107-111.

Fernández-Ferrer, G., y González-García, F. (2017). Salidas de campo y desarrollo competencial. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 25*(3), 295-301.

Montalvo-García, M., Ortega-Quevedo, V., y Gil-Puente, C. (2025). Anatomía y canto de las aves en educación infantil desde el enfoque de pensamiento visible. *Enseñanza de las Ciencias, 43*(3), 131-155. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6423

Moreno, A., Conde, M.d.C., Bravo, E., Costillo, E. y Sánchez, J.S. (2025). Análisis de las propuestas de los futuros maestros para trabajar las aves en las salidas al medio natural. En *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias: Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática* (pp. 1031–1034). Universidad de Valencia.

Olson, J., Cox-Petersen, A., y McComas, W. (2001). The inclusion of informal environments in science teacher preparation. *Journal of Science Teacher Education, 12*(3), 155-173. https://doi.org/10.1023/A:1016715127697

Pedrinaci, E. (2012). Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, 71*, 81-89.

Saborit-Rodríguez, A., Morales-Pérez, M., Macola-Ross, D.C., y Vera-Aguilera, L. (2022). El sexismo en la historia de las ciencias: efecto Matilda. *Revista Médica Electrónica, 44*(4), 758-768.

Soto-Patiño, J., Pérez-Amaya, N., Niño-Rodríguez, N., Muñoz-Quintana, G., y Ocampo-Peñuela, N. (2023). Mujeres en la Ornitología Colombiana: Perspectivas históricas y tendencias de participación en dos contextos académicos. *Ornitología Colombiana*, *24,* 59-74. https://doi.org/10.59517/

Torres-Porras, J., Alcántara, J., Arrebola, J.C., Rubio, S.J., y Mora, M. (2017). Trabajando el acercamiento a la naturaleza de los niños y niñas en el Grado de Educación Infantil. Crucial en la sociedad actual. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 14*(1), 258-270. http://hdl.handle.net/10498/18860

La evaluación en Física y Química: análisis exploratorio de los instrumentos utilizados en Secundaria

Enric Ortega Torres

Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials, Universitat de València, Facultat de Formació del Professorat, España

* Correspondencia: enric.ortega@uv.es

RESUMEN: El objetivo de esta investigación es caracterizar los instrumentos de evaluación utilizados en las aulas de Física y Química de Educación Secundaria para analizar si persisten las inercias tradicionales o existe una evolución hacia un enfoque más competencial. Se aplicó un diseño no experimental, descriptivo y exploratorio, mediante el análisis de 245 instrumentos de 89 grupos-clase, desde 2º de ESO hasta 2º de Bachillerato, en 33 centros educativos de Valencia. La recogida de datos se complementó con entrevistas semiestructuradas a 8 docentes de la especialidad. Los resultados muestran un predominio del examen tradicional, cuyo peso en la calificación crece progresivamente desde un 40-50% en el primer ciclo de la ESO hasta superar el 50% en Bachillerato. El profesorado justifica este monopolio del examen por la amplitud del temario, la falta de tiempo y la percepción de que ofrece una mayor objetividad. En conclusión, el modelo de evaluación actual sigue siendo predominantemente sumativo y cuantitativo, lo que evidencia una brecha significativa entre la normativa vigente y la praxis docente. Por ello, resulta necesario reorientar la formación del profesorado para romper con estas inercias.

PALABRAS CLAVE: Evaluación, Instrumentos de evaluación; Física y Química; Educación Secundaria; Examen

ABSTRACT: The objective of this research is to characterize the assessment instruments used in Secondary Education Physics and Chemistry classrooms to analyze whether traditional inertias persist or if there is an evolution towards a more competency-based approach. A non-experimental, descriptive, and exploratory design was applied through the analysis of 245 instruments from 89 class groups, ranging from 2nd year of ESO to 2nd year of Bachillerato, across 33 educational centers in Valencia. Data collection was complemented by semi-structured interviews with eight teachers of the specialty. The results show a predominance of the traditional exam, whose weight in the grading grows progressively from 40-50% in ESO to over 50% in Bachillerato. Teachers justify this exam monopoly by the extensive curricula, the lack of time, and the perception that it offers greater objectivity. In conclusion, the current assessment model remains predominantly summative and quantitative, highlighting a significant gap between current regulations and teaching practice. Therefore, it is necessary to reorient teacher training to break with these inertias.

KEYWORDS: Assessment; Assessment instruments; Exam; Physics and Chemistry; Secondary Education

INTRODUCCIÓN

La importancia y la influencia que tiene la evaluación en las aulas de secundaria de Física y Química es clave y condiciona el modo de estudio de los y las estudiantes (Crooks, 1988; Struyven et al., 2005) y configura la metodología docente (Ortega-Torres, 2025). Los instrumentos de evaluación y calificación, entendidos como los recursos que sirven para sistematizar la información sobre el aprendizaje (Pérez-Puello et al., 2017), permiten definir la visión sobre este proceso que aplican los docentes a través de su diversidad, forma de uso y ponderación de su peso en la calificación.

Pese a que la investigación promueve modelos formativos orientados a la mejora continua (Sanmartí, 2010; Mellado-Moreno et al., 2021), en el área de Física y Química persiste la presencia del examen tradicional centrado en la memorización (Alonso, 1994; Mazzitelli et al., 2013). Según investigadores de referencia en didáctica de las ciencias experimentales, como Harlen (2013), estos modelos resultan insuficientes para evaluar la indagación o el progreso individual profundo (Baird et al., 2017). El marco normativo que establece la LOMLOE (Ministerio de Educación, 2022), promueve una transición hacia una evaluación competencial y holística (Villarroel et al., 2024) que trascienda la mera resolución algorítmica (Gómez, 2022). La investigación evidencia que los instrumentos que fomentan procesos de autoevaluación o de evaluación entre iguales (Pons y Cano, 2024) facilitan una retroalimentación cualitativa que mejora la motivación y el éxito escolar (Ardura y Zamora, 2014).

Es por ello que los objetivos de este estudio se centran en caracterizar el tipo de instrumentos de evaluación y calificación que se usan en las aulas de secundaria de Física y Química para conocer su modo de empleo y analizar si perduran las inercias tradicionales o existe una evolución hacia el enfoque más competencial.

MÉTODO

La investigación sigue un diseño no experimental, descriptivo y exploratorio. Los datos se recogieron de forma transversal durante el periodo de prácticas de 3 meses del alumnado del Máster de Profesorado de Secundaria (especialidad de Física y Química).

Muestra

Se recogieron y analizaron 245 instrumentos de evaluación utilizados en las aulas de Física y Química entre 2º de ESO y 2º de Bachillerato, correspondientes a 89 grupos-clase diferentes pertenecientes a 33 centros educativos de la provincia de Valencia.

Tabla 1. Distribución de los instrumentos recogidos por curso

CURSO/ASIGNATURA	Nº INSTRUMENTOS
2º E.S.O – Física y Química	82
3º E.S.O – Física y Química	44
4º E.S.O – Física y Química	54
1º Bach. – Física y Química	23
2º Bach. – Física o Química	42
	245

Tras la recogida de datos por parte de los estudiantes del Máster se realizaron entrevistas virtuales (mediante Zoom) a 8 profesores de los centros participantes.

Instrumento

Para la recogida de datos se diseñó un instrumento *ad hoc* destinado a registrar información sobre los instrumentos de evaluación utilizados en las asignaturas de Física y Química en centros de Educación Secundaria. Este instrumento recopilaba los datos sobre: el tipo de instrumento de evaluación, la asignatura y el curso en que se aplicaba, así como su peso porcentual en la calificación trimestral. Además, incluía información sobre la fase de la secuencia didáctica en la que se utilizaba (inicio, desarrollo, final), el tipo de retroalimentación proporcionada al alumnado (cuantitativa, cualitativa o mixta) y el sujeto evaluador (heteroevaluación, coevaluación o autoevaluación). Además, se emplearon entrevistas semiestructuradas como instrumento de recolección de datos, aplicadas a docentes de Física y Química con una duración media de 25-30 minutos. Se definieron 3 categorías de análisis para su realización: (1) Tipos de instrumentos usados en el aula; (2) Aspectos evaluados mediante los instrumentos y (3) Justificación del uso habitual del examen tradicional.

Procedimiento

Se instruyó a los futuros docentes de Física y Química durante las sesiones del Máster dedicadas a la evaluación a diferenciar las diferentes características de los instrumentos para asegurar una recogida de la información rigurosa. Tras la recogida de instrumentos realizada entre el 04/12/2024 y el 08/01/2025, el investigador realizó el vaciado, depuración y análisis de los datos. Durante este proceso se resolvieron algunas dificultades, principalmente la diversidad de denominaciones para un mismo tipo de instrumento, que requirió su agrupación, y la exclusión de algunos registros que no incluían toda la información requerida o mostraban alguna incoherencia.

A continuación, se definieron las categorías de análisis de las entrevistas semi-estructuradas y se realizaron las entrevistas en formato virtual durante el último mes del curso escolar 24-25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dado que el instrumento de recogida de datos permitía respuestas abiertas en su denominación se obtuvo una amplia diversidad de denominaciones y, por ello, se estableció un protocolo de agrupación en cinco modalidades. El proceso consistió en una categorización inicial basada en el significado semántico y la forma de aplicación, la cual fue posteriormente refinada por un panel de 3 expertos externos al estudio. Gracias a esta metodología, se logró organizar el 92,65% del total de instrumentos analizados (n=245) bajo una estructura coherente, tal y como se muestra en la tabla 2 a continuación:

Tabla 2. Modo de agrupación de las denominaciones de los instrumentos de evaluación y número de registros analizados

Denominación	Formas de denominación incluidas en los registros	Nº
Exámenes	Examen, Prueba, Test, Trimestral, Parcial	110
Cuaderno	Libreta, Cuaderno, Portfolio, Diario de aprendizaje	40
Laboratorio	Laboratorio, Práctica laboratorio, Informe práctica, Memoria práctica	16
Actitud/Participación	Actitud, Participación, Comportamiento, Respeto	31
Trabajos grupales*	Trabajo cooperativo, Investigación grupal, Proyecto de centro, Proyecto de investigación, Vídeo presentación investigación, Maqueta grupal, Poster científico	30
Otros	Instrumentos que no se pudieron integrar denominaciones anteriores	18

** Los instrumentos asociados a trabajos grupales no incluyeron aquellos realizados en el laboratorio*

Diferencias entre cursos

Tras la clasificación de los instrumentos en sus 5 denominaciones se analizaron las diferencias de uso en los cursos de secundaria. Se muestra en la **figura 1** la distribución por cursos (desde 2ªESO hasta 2º de bachillerato) de los instrumentos en sus 5 denominaciones y el peso porcentual en la calificación trimestral, así como el momento en el que se aplican.

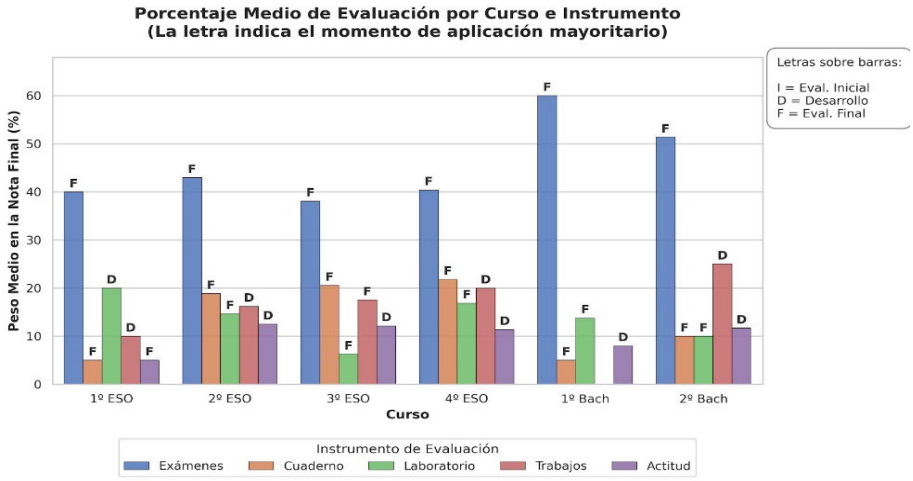


Figura 1. Distribución por cursos y peso medio en la calificación trimestral de los instrumentos de evaluación usados en las aulas de Física y Química

Si analizamos en primer lugar la distribución de las calificaciones se observa un predominio del uso de exámenes tradicionales en todos los cursos, cuyo peso experimenta un crecimiento sostenido a lo largo de la etapa secundaria. Mientras que en el primer ciclo de la ESO el peso del examen ronda el 40-50%, en Bachillerato supera el 50% de la totalidad de la nota trimestral. En el análisis de los instrumentos se observó la presencia de dos tipos de exámenes, los llamados parciales o trimestrales, con pesos de hasta el 80% (sobre todo en bachillerato) y de los llamados examen test o cuestionario con un peso muy inferior (alrededor del 10%). Esta doble modalidad de examen reduce el valor medio de su peso en la calificación trimestral que muestra el gráfico. Tal y como era de suponer, este instrumento se asocia de forma casi unánime al momento de evaluación final (F), mostrando su carácter sumativo con una retroalimentación exclusivamente cuantitativa y una corrección siempre realizada por el docente.

Por otro lado, los instrumentos diferentes al examen (cuadernos, prácticas de laboratorio, trabajos y actitud) presentan pesos porcentuales minoritarios, con valores medios entre el 10% y el 20%. No obstante, estos instrumentos recaen casi en exclusiva en la fase de desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje (D), evidenciando un esfuerzo docente por mantener un seguimiento continuo, aunque con bajo impacto real en la calificación definitiva. En estos casos se aprecia también un uso mayor de una retroalimentación cualitativa: hasta un 30% en el cuaderno y hasta un 20% en los trabajos grupales.

Los datos muestran que, aunque el profesorado integra una variedad de instrumentos durante el proceso (cuadernos, actitud, trabajos) con un objetivo formativo (D), a la hora de certificar el aprendizaje, la calificación sigue fuertemente anclada a un paradigma sumativo (F) mediado por el examen. El proceso formativo que se pretende integrar en el desarrollo de la asignatura no se transfiere de forma proporcional a la nota final.

Resulta llamativo también el peso reducido asignado al trabajo de laboratorio. A pesar de que la didáctica contemporánea sitúa la indagación y las prácticas en el núcleo de la alfabetización científica, su relevancia en la calificación final es residual en la ESO y minoritaria en Bachillerato.

La reducción de la importancia en la calificación de la diversidad de instrumentos al llegar a 1º y 2º de Bachillerato que muestran los registros, sumado al monopolio casi absoluto del examen final, refleja la fuerte presión de las pruebas de acceso a la universidad (PAU/EBAU). Este fenómeno condiciona la cultura evaluativa de las etapas superiores, promoviendo un entrenamiento técnico para pruebas escritas y estandarizadas y no una alfabetización científica crítica.

JUSTIFICACIONES DEL PROFESORADO EN EL USO DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

La tabla 3 presenta los resultados del análisis cualitativo de las entrevistas realizadas a 8 profesores de Física y Química. Las respuestas se agruparon en las 3 categorías de análisis definidas previamente y recogen las ideas principales del profesorado al describir cómo evalúan en sus aulas. Para cada categoría se incluye una breve explicación de su significado y algunos fragmentos literales representativos de las opiniones expresadas.

Tabla 3. Resultados de las entrevistas realizadas al profesorado de física y química

Categoría	Formas de denominación incluidas en los registros	Comentarios
Tipos de instrumentos	Esta categoría recoge los comentarios sobre el tipo de instrumentos que el profesorado utiliza en el aula para evaluar y calificar al alumnado. Integra comentarios donde los docentes enumeran los recursos que aplican según el tipo de tarea (exámenes para teoría, rúbricas para exposiciones, guiones para informes de laboratorio u observación directa para la participación).	D4 "Cada vez que hago un trabajo o hacen una presentación, entonces sí que utilizo rúbricas." D5 "Creo que con los cinco instrumentos que uso tengo una buena representación."
Aspectos evaluados y competencias	Se agrupan los comentarios sobre qué es exactamente lo que los docentes quieren evaluar cuando aplican sus instrumentos. Muestra la dicotomía entre el enfoque clásico centrado en evaluar la memorización o resolución matemática de "contenidos", frente al esfuerzo por incluir "competencias", conectando las preguntas de los exámenes con ejemplos de la realidad o con habilidades de razonamiento.	D7 "No, yo evalúo, evalúo contenidos. Evalúo los contenidos." D2 "Quan faig explicacions, duc el concepte a la realitat. Ficant-nos exemples i tal. I a lo millor, per exemple, clar, en la pregunta d'examen sí que es dic... Fiqueu-me un exemple o digueu-me com se podria aplicar açò?"
Justificación del uso del examen tradicional	Agrupa los motivos por los que el profesorado defiende o prioriza el uso del examen escrito, especialmente en los cursos superiores como 4º de la ESO y Bachillerato. Integra comentarios que justifican la falta de tiempo para preparar evaluaciones competenciales más laboriosas, la necesidad de ceñirse de forma estricta a un temario muy largo, o la creencia de que se necesita algo "más concreto" para evaluar los contenidos científicos de forma objetiva.	D8 "Es que eso es ahora mismo imposible. Porque, claro, tendría que desglosar las competencias, hacer unos exámenes, pues, más laboriosos y ahora mismo, pfff, imposible. O sea, con todo lo que tengo que preparar de material no me da tiempo." D3 "Necesito algo más concreto para evaluar. Y yo creo que, además, cuando llegas a ciertos niveles, cuarto de la ESO o bachillerato, lo que interesa son los contenidos. Los contenidos y las competencias, pues ya se desarrollarán. No creo en las competencias."

Los resultados muestran que el profesorado mantiene una orientación hacia la evaluación de contenidos, especialmente en los cursos superiores. En este contexto, el examen escrito mantiene un papel central, justificado principalmente por la extensión del temario, la falta de tiempo para diseñar evaluaciones más complejas y la percepción de que este instrumento permite evaluar los conocimientos científicos de forma más concreta y objetiva. En conjunto, las opiniones reflejan una cierta tensión entre el enfoque competencial promovido en el currículo y las prácticas de evaluación tradicionales presentes en el aula.

CONCLUSIONES

Mediante el estudio presentado se ha podido caracterizar los modos de calificación y evaluación en las aulas de secundaria de Física y Química. El modelo sigue siendo predominantemente sumativo y cuantitativo, donde el examen tradicional mantiene una presencia generalizada con un peso mínimo del 50% en la calificación en todos los cursos. Esta situación evidencia una brecha importante entre la normativa LOMLOE y la praxis docente, marcada por una dicotomía entre la evaluación de contenidos conceptuales y la evaluación por competencias específicas que la norma promueve. Cabe destacar que también se identifica el uso de otros instrumentos, aunque parece evidenciarse que éstos operan de forma complementaria. Resulta especialmente relevante el escaso peso otorgado al trabajo experimental, situación que sugiere la existencia de una cierta distancia entre las orientaciones didácticas actuales y las prácticas evaluativas realmente implementadas en las aulas.

Por otro lado, el análisis cualitativo de las entrevistas ha permitido comprender algunas de las razones que explican la persistencia del examen tradicional. El profesorado señala como factores principales la

amplitud del temario, la limitación de tiempo para diseñar instrumentos más complejos y la percepción de que el examen permite evaluar los conocimientos científicos de manera más objetiva y concreta.

Es necesario reorientar la formación del profesorado para romper algunas inercias tradicionales ancladas en la evaluación. Aunque el estudio se circunscribe a la Comunidad Valenciana, los resultados pueden ser fácilmente extrapolables a otros contextos y sugieren la posibilidad de replicar el estudio para su confirmación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ardura, D., Zamora, A. (2014) ¿En qué medida utilizan los estudiantes de Física de Bachillerato sus propios errores para aprender? Una experiencia de autorregulación en el aula de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, 32 (2),* 253-268 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1067

Alonso, M.. (1994). La evaluación en la enseñanza de la física como instrumento de aprendizaje Tesis doctoral, Universitat de València. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=6868569

Baird, Jo-Anne., David Andrich, Therese N. Hopfenbeck & Gordon Stobart (2017) Assessment and learning: fields apart?, *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 24:3*, 317-350. https://doi.org/10.1080/0969594X.2017.1319337

Crooks, T. J. (1988). The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of educational research, 58(*4), 438-481. https://www.jstor.org/stable/1170281

Gómez, F. G. (2023). Propuesta de innovación en la evaluación del aprendizaje en la resolución de problemas de la materia Física General y Biológica de la carrera de profesorado en Química de la Universidad Nacional de Formosa (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/169828

Harlen, W. (2013). *Assessment & inquiry-based science education. Issues in Policy and Practice*. Published by the Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).

Mazzitelli, C. A., Guirado, A. M. y Olivera, A. D. C. (2013). Las evaluaciones en física y en química: ¿Qué aprendizaje se favorece desde la enseñanza en la educación secundaria? *Investigações em Ensino de Ciências, 18(1*), 143–159. https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/164

Mellado-Moreno, P. C., Sánchez-Antolín, P. y Blanco-García, M. (2021). Tendencias de la evaluación formativa y sumativa del alumnado en Web of Sciences. *Alteridad. Revista de educación, 16(2)*, 170-183. https://doi.org/10.17163/alt.v16n2.2021.01

Ministerio de Educación y Formación Profesional (2022). Real Decreto 217/2022, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 76. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217

Ortega-Torres, E. (2025). Criterios de corrección de exámenes tradicionales de Física y Química: docentes en formación frente a la inteligencia artificial. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 22(2)*, 2302. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i2.2302

Pérez-Pueyo, Á., Pastor, V. M. L., Alcalá, D. H., y García, C. G. (2017). Aclaración de los términos implicados en el proceso de evaluación educativa. *En V. López-Pastor y Á. Pérez-Pueyo (Eds.), Buenas practicas docentes. Evaluación formativa y compartida en educación: experiencias de éxito en todas las etapas educativ*as (pp. 70-91). León. Universidad de León.

Pons, E., & Cano, M.E. (2024). Implementation of educational sequences based on peer assessment for learning key concepts of statistics. *Journal of Technology and Science Education (JOTSE), 14(2),* 438-452. https://doi.org/10.3926/jotse.2341

Sanmartí, N. (2010). Avaluar per aprendre: l'avaluació per millorar els aprenentatges de l'alumnat en el marc del currículum per competències. Generalitat de Catalunya. Departament d'educació. Direcció General de l'educació Bàsica i Batxillerat

Struyven, K., Dochy, F., & Janssens, S. (2005). Students' perceptions about evaluation and assessment in higher education: a review. *Assessment & Evaluation in Higher Education, 30(4),* 325-341. https://doi.org/10.1080/02602930500099102

Villarroel, V., Bruna, D., Bruna, C., Brown, G., & Boud, D. (2024). Authentic assessment training for university teachers. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 31(2)*, 116–134. https://doi.org/10.1080/0969594X.2024.2350395

Patrones temporales de las emociones académicas en el aprendizaje de la Física

Beatriz Pérez-Bueno[1], Roque Jiménez-Pérez[2] María de los Ángeles de las Heras Pérez[2]

[1] Universidad CEU Fernando III, CEU Universities, Sevilla

[2] Departamento de Didácticas Integradas, Facultad de Educación, Psicología y Ciencias del Deporte, Universidad de Huelva, España.

* Correspondencia: bperez@ceu.es

RESUMEN: El presente estudio analiza la relación entre la dimensión temporal y la dimensión académica de las emociones recordadas por docentes en formación inicial durante su aprendizaje de la Física. Participaron 201 estudiantes del Grado en Educación Primaria. La recogida de datos se realizó mediante un cuestionario con veinte emociones seleccionadas a partir de la literatura, acompañado de preguntas abiertas sobre el momento de aparición y el desencadenante de cada emoción. Las respuestas se codificaron según una dimensión temporal (prospectiva, concurrente, retrospectiva y sostenida en el tiempo) y una dimensión académica inicial (epistémica, de logro, social o temática), reorganizada mediante un análisis factorial exploratorio en cinco componentes: epistémica, de logro positivo, de logro negativo, social positiva y social negativa. Los resultados muestran una asociación estadísticamente significativa entre ambas dimensiones. Las emociones epistémicas se concentran en la temporalidad concurrente, las de logro positivo en la retrospectiva, las de logro negativo en la prospectiva y las sociales presentan una mayor tendencia a prolongarse en el tiempo. Estos hallazgos sugieren que la experiencia emocional hacia la Física no se distribuye de manera homogénea a lo largo del aprendizaje, sino que presenta patrones temporales diferenciados según el origen académico de la emoción. Se concluye que la experiencia emocional no puede comprenderse únicamente atendiendo a la valencia, sino que requiere atender a otras dimensiones, como su origen académico y su organización temporal, así como a la relación entre ellas.

PALABRAS CLAVE: emociones; dimensión temporal; dimensión académica; aprendizaje de la Física; docentes en formación inicial

ABSTRACT: This study examines the relationship between the temporal dimension and the academic dimension of emotions recalled by pre-service teachers in relation to their Physics learning. The sample consisted of 201 students enrolled in a Primary Education degree. Data were collected through a questionnaire including twenty emotions selected from the science education literature, together with open-ended questions about when each emotion was experienced and what participants identified as its trigger. Responses were coded along a temporal dimension (prospective, concurrent, retrospective, and sustained over time) and an initial academic dimension (epistemic, achievement, social, or thematic), which was subsequently reorganized through exploratory factor analysis into five components: epistemic, positive achievement, negative achievement, positive social, and negative social. The findings reveal a statistically significant association between both dimensions ($\chi^2(12) = 1034.544$, $p < .001$; Cramer's $V = 0.517$). Epistemic emotions were mainly concentrated in the concurrent dimension, positive achievement emotions in the retrospective one, negative achievement emotions in the prospective one, and social emotions showed a greater tendency to persist over time. These results suggest that emotional experiences in Physics are not evenly distributed throughout the learning process, but rather follow differentiated temporal patterns depending on the academic origin of the emotion. It can therefore be concluded that emotional experience cannot be understood solely in terms of valence; instead, it requires consideration of other dimensions, such as its academic origin, its temporal organization, and the relationships between them.

KEYWORDS: emotions; temporal dimension; academic dimension; Physics learning; pre-service teachers

INTRODUCCIÓN

La clasificación de las emociones en el aula ha estado tradicionalmente marcada por su valencia, diferenciando entre emociones positivas y negativas en función del placer o displacer que generan. Este enfoque ha permitido identificar patrones generales en distintas disciplinas científicas, incluyendo la Física, donde se ha documentado la presencia recurrente de emociones negativas como la ansiedad o la frustración (Dávila-Acedo et al., 2021). Sin embargo, la distinción basada exclusivamente en la valencia resulta limitada para comprender el papel funcional de las emociones en el aprendizaje. Diversos estudios han mostrado que emociones tradicionalmente consideradas negativas pueden favorecer la implicación cognitiva cuando se asocian a desafíos abordables o a procesos de conflicto conceptual (Ainley, 2006; Vogl et al., 2020; Ezquerra et al., 2023), mientras que determinadas emociones positivas no siempre se traducen en mayor activación académica si no se acompañan de reto o significado percibido (Marcos-Merino et al., 2022). Estos hallazgos sugieren que el impacto de las emociones no depende únicamente de su carácter agradable o desagradable, sino de variables estructurales que organizan la experiencia emocional dentro del proceso de aprendizaje.

Estos planteamientos han impulsado la búsqueda de criterios alternativos que permitan comprender con mayor precisión cómo se configuran las experiencias emocionales en el contexto académico. Desde las teorías de valoración emocional (Arnold, 1960; Moors et al., 2013; Roseman, 2013), las emociones se entienden como respuestas derivadas de la evaluación subjetiva que el individuo realiza sobre el evento relevante en el que emergen. En este marco, Pekrun y Linnenbrink-García (2012) propusieron distinguir entre emociones epistémicas (vinculadas al proceso de comprensión y construcción de conocimiento), emociones de logro (asociadas a resultados académicos), emociones sociales (relacionadas con la interacción y la valoración interpersonal) y emociones temáticas (vinculadas al contenido estudiado). Esta clasificación desplaza el análisis de la emoción hacia el tipo de experiencia académica que la origina, permitiendo comprender qué aspectos del aprendizaje desencadenan determinadas respuestas emocionales.

Junto a esta dimensión académica, el momento en que la emoción emerge dentro del proceso de aprendizaje constituye otro eje relevante de análisis. Las emociones pueden activarse antes de la actividad (prospectivas), durante su desarrollo (concurrentes) o tras su finalización (retrospectivas) (Goetz et al., 2010; Pekrun, 2024).

En el caso específico de los docentes en formación inicial, la dimensión temporal adquiere especial relevancia, dado que gran parte de su experiencia académica se encuentra orientada hacia la construcción de una identidad profesional futura. Como señala Zembylas (2003), en este proceso, las experiencias emocionales vividas durante la formación influyen en la manera en que los futuros docentes interpretan su relación con la enseñanza y con la disciplina que deberán enseñar. Las expectativas ante determinadas actividades académicas, así como la valoración retrospectiva de experiencias previas con la Física, pueden contribuir a configurar patrones emocionales relativamente estables asociados al aprendizaje de esta disciplina y, potencialmente, a la manera en que los futuros docentes se aproximan posteriormente a su enseñanza (Mellado et al., 2014).

Por lo tanto, resulta relevante estudiar no solo qué emociones se experimentan y en qué contextos académicos emergen, sino también cuándo se sitúan dentro del proceso formativo, ya que esta perspectiva temporal permite comprender con mayor profundidad la dinámica de la experiencia emocional.

Dentro de este marco, el presente estudio integra ambas perspectivas con el propósito de analizar si la organización temporal de las emociones hacia la Física varía en función del tipo de experiencia académica que las origina.

METODOLOGÍA

Se adoptó un diseño mixto de carácter descriptivo-exploratorio con una muestra de 201 docentes en formación inicial del Grado en Educación Primaria.

La recogida de datos se realizó mediante un cuestionario con veinte emociones seleccionadas a partir

de la literatura en didáctica de las ciencias por su relevancia en contextos educativos (Bravo et al., 2022; Marcos-Merino et al., 2016; Mellado et al., 2014). Para cada una de estas emociones, se formularon preguntas abiertas orientadas a identificar el momento en que el participante recordaba haberla experimentado durante su aprendizaje de la Física y el desencadenante al que atribuía su aparición. El cuestionario se administró una única vez, de forma presencial, tras las dinámicas previas orientadas a favorecer la reflexión emocional del alumnado.

Las respuestas se codificaron según dos dimensiones. Por un lado, la dimensión temporal, distinguiendo entre emociones prospectivas, concurrentes, retrospectivas y, como categoría emergente, sostenidas en el tiempo. Por otro, la dimensión académica, atendiendo al foco predominante del desencadenante emocional (epistémico, de logro, social o temático). La relación entre ambas dimensiones se analizó mediante una prueba de independencia chi-cuadrado (χ^2) y el coeficiente V de Cramer para estimar el tamaño del efecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dimensión temporal como eje organizador.

El análisis de la dimensión temporal muestra que la mayoría de las emociones recordadas por los futuros docentes se sitúan en el momento concurrente de la actividad realizada (56,8%). Este predominio sitúa la experiencia emocional hacia la Física principalmente durante el desarrollo de tareas cognitivamente exigentes, especialmente en contextos como las explicaciones del docente en clase o la resolución de problemas, así como en actividades de carácter más procedimental y experimental, como las prácticas de laboratorio. Las dimensiones retrospectivas (18,4%) y prospectivas (13,4%) aparecen en menor medida y se vinculan principalmente a contextos evaluativos. La presencia de emociones sostenidas en el tiempo (11,4%) sugiere que en algunos casos la experiencia emocional trasciende episodios concretos y se integra en una vivencia más continua del aprendizaje.

Clasificación académica de las emociones

Las veinte emociones analizadas se codificaron a partir de las cuatro dimensiones académicas propuestas por Pekrun y Linnenbrink-García (2012): epistémica, de logro, social y temática. Un análisis factorial exploratorio permitió reorganizarlas en cinco componentes diferenciadas que explicaban conjuntamente el 58,1% de la varianza total.

La interpretación de estos factores, contrastada con el análisis cualitativo del origen atribuido por los participantes, permitió establecer la siguiente clasificación: una componente epistémica, dos componentes de logro diferenciadas según su valencia (logro positivo y logro negativo) y dos componentes sociales, también diferenciadas por su valencia (social positiva y social negativa). La dimensión temática no emergió como componente independiente en la estructura factorial obtenida. La Tabla 1 recoge la agrupación resultante de las emociones en estas cinco componentes académicas.

Tabla 1. Componentes factoriales y dimensiones académicas de las emociones

Componente	Origen académico	Emociones
1	Epistémico	Aburrimiento, Confusión, Curiosidad, Diversión, entusiasmo, Interés e Indiferencia
2	Logro +	Gratitud, Orgullo, Satisfacción, Sorpresa y Tranquilidad
3	Logro -	Ansiedad, Frustración, Nerviosismo, Preocupación
4	Social -	Culpa, Envidia y Vergüenza
5	Social +	Admiración

Esta organización permitió trabajar con cinco grupos de emociones académicas diferenciadas en función de su foco predominante, constituyendo la base para el análisis posterior de su distribución temporal.

Relación entre la dimensión temporal y la dimensión académica de las emociones

Tras identificar las dimensiones temporal y académica de las emociones, se analizó la relación entre ambas atendiendo tanto a la distribución de frecuencias dentro de cada componente como a la asociación diferencial entre categorías mediante los residuos corregidos. Los resultados muestran una asociación estadísticamente significativa ($\chi^2(12) = 1034.544$, $p < .001$), con un tamaño del efecto moderado-alto (V de Cramer = 0.517), lo que sugiere que el momento en que emergen las emociones varía según su origen académico. La Tabla 2 resume los patrones temporales observados en cada componente académica.

Tabla 2. Distribución porcentual de las dimensiones temporales según la dimensión académica

Componente Académica	Dimensión Temporal			
	Prospectiva	Concurrente	Retrospectiva	Sostenida en el tiempo
Epistémica	4,5%	93,7%	0,0%	1,8%
Logro Positivo	2,2%	16,4%	80,9%	0,5%
Logro Negativo	44,1%	37,3%	18,4%	0,2%
Social Negativo	10,3%	36,8%	37,4%	15,5%
Social Positivo	0,0%	66,7%	19,2%	14,1%

En la dimensión epistémica predomina de forma muy acusada la temporalidad concurrente (93,7%), siendo además la categoría que muestra la asociación más marcada según el análisis de residuos corregidos. Este resultado sugiere que las emociones epistémicas emergen principalmente durante la propia actividad, acompañando al estudiante mientras intenta comprender, interpretar o resolver una situación académica. Nuestros resultados apuntan así en la misma dirección que los trabajos que sitúan las emociones epistémicas en el núcleo del procesamiento cognitivo y de la construcción de conocimiento (Pekrun y Linnenbrink-García, 2012; D'Mello y Graesser, 2014; Vogl et al., 2020), aunque en nuestro caso esta vinculación aparece especialmente reforzada por su clara concentración en la dimensión concurrente.

Las emociones de logro muestran una organización temporal claramente asimétrica. La dimensión de logro positivo se concentra en la retrospectiva (80,9%), presentando además una de las asociaciones más marcadas del análisis. Esto sugiere que este grupo emocional aparece sobre todo cuando el estudiante ya puede valorar su desempeño y confirmar que el resultado ha sido favorable. La dimensión de logro negativo, en cambio, se sitúa preferentemente en la prospectiva (44,1%), seguida de la concurrente (37,3%). Esta distribución indica que estas emociones se activan principalmente en la anticipación de situaciones evaluativas, aunque también acompañan su desarrollo. Este contraste sugiere que, en el aprendizaje de la Física, el malestar asociado al rendimiento tiende a anticiparse a la evaluación, manifestándose como incertidumbre o posibilidad de error antes de la prueba y prolongándose, en muchos casos, durante su desarrollo, mientras que el bienestar solo parece consolidarse tras la validación posterior de un buen resultado. Aunque este comportamiento no implica necesariamente que la anticipación del malestar actúe como un obstáculo, sí subraya la importancia de comprender cómo se gestiona emocionalmente la evaluación en el aprendizaje de la Física. En este sentido, nuestros resultados coinciden con investigaciones que han mostrado que la sola expectativa de una evaluación puede activar malestar académico (Zeidner, 1998; Putwain, 2007). Al mismo tiempo, añaden un matiz relevante a lo observado por Goetz et al. (2010) y Daniels et al. (2015), al mostrar que, en nuestro caso, las emociones de logro positivo y negativo se distribuyen temporalmente de forma claramente distinta.

Las dimensiones sociales presentan una distribución menos concentrada. En la social negativa, aunque la retrospectiva es la categoría más frecuente (37,4%), la sostenida en el tiempo (15,5%) es la que mejor diferencia esta dimensión del resto según el análisis de residuos corregidos. En la social positiva, pese al predominio de la concurrente (66,7%), la presencia de emociones sostenidas en el tiempo (14,0%) apunta en la misma dirección. Este comportamiento sugiere que, cuando aparecen, las emociones

sociales tienden a extenderse más allá del episodio concreto en el que se originan y a integrarse en una vivencia más estable del aprendizaje. En este sentido, nuestros resultados complementan lo señalado por Anderman y Patrick (2012) y Hagenauer y Volet (2014), al poner de relieve que su impacto puede estar relacionado con aspectos más profundos, como la autoimagen del estudiante y su posición frente a los demás.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la experiencia emocional hacia la Física no se distribuye de manera homogénea a lo largo del proceso de aprendizaje, sino que presenta una organización temporal diferenciada según el origen académico de la emoción. En este sentido, la dimensión temporal no actúa como un rasgo accesorio, sino como un elemento que ayuda a comprender la función que desempeñan las emociones dentro del aprendizaje.

Desde una perspectiva didáctica, estos hallazgos sugieren la necesidad de intervenir tanto en el tipo de emoción que emerge, como en el momento en que lo hace. Las emociones epistémicas aparecen ligadas al presente cognitivo de la tarea, lo que apunta a la importancia de atender cómo se configuran emocionalmente las actividades de comprensión, resolución e indagación. En las emociones de logro, los resultados subrayan la relevancia de los momentos previos a la evaluación, ya que es ahí donde se concentra buena parte de la tensión emocional, mientras que las emociones positivas tienden a consolidarse tras la validación favorable del resultado. En las emociones sociales, aunque aparecen con menor frecuencia, su capacidad para prolongarse en el tiempo sugiere la necesidad de atender con mayor cuidado aquellas interacciones de aula que pueden influir en la forma en que el alumnado interpreta su lugar dentro del grupo.

Aunque cada dimensión académica plantea retos específicos, los resultados ponen de relieve otra cuestión común: comprender en qué condiciones las emociones que acompañan al aprendizaje pueden actuar como apoyo o como obstáculo. En este sentido, se abre una línea de investigación orientada a incorporar nuevas dimensiones de análisis, más allá de la temporal y la académica, que permitan comprender mejor cómo interpreta el estudiante la situación que desencadena la emoción, qué significado le atribuye y en qué medida percibe control para afrontarla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderman, E. M. y Patrick, H. (2012). Achievement goal theory, conceptualization of ability, and classroom climate. En S. L. Christenson, A. L. Reschly y C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 173–191). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_8

Ainley, M. (2006). Connecting with learning: Motivation, affect and cognition in interest processes. *Educational Psychology Review, 18*(3), 243–266. https://doi.org/10.1007/s10648-006-9003-5

Arnold, M. B. (1960). *Emotion and personality*. Columbia University Press.

Bravo, P., Mira, R. y Jiménez, J. (2022). Emociones académicas en la enseñanza de las ciencias: Validación de un instrumento para su medición. *Enseñanza de las Ciencias, 40*(1), 87–104. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1456

Daniels, L. M., Stupnisky, R. H., Pekrun, R., Haynes, T. L., Perry, R. P. y Newall, N. E. (2015). A longitudinal analysis of achievement goals and emotions. *Contemporary Educational Psychology, 40*, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.10.001

Dávila Acedo, M. A., Cañada Cañada, F., Sánchez Martín, J., Airado Rodríguez, D. y Mellado, V. (2021). Emotional performance on physics and chemistry contents in secondary education students. *International Journal of Science Education, 43*(6), 823–843. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1877915

D' Mello, S. y Graesser, A. (2014). Confusion can be beneficial for learning. En R. Pekrun y L. Linnenbrink-García (Eds.), *International handbook of emotions in education* (pp. 461–478). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511558460.026

Ezquerra, G., Fernández-Abascal, E. G. y Palmero, F. (2023). Emociones académicas y rendimiento en matemáticas: El papel mediador de estrategias metacognitivas. *Revista de Psicodidáctica, 28*(1), 45–

56. https://doi.org/10.1016/j.psicod.2022.08.002
Goetz, T., Pekrun, R., Hall, N. C. y Frenzel, A. C. (2010). Academic emotions in cross-cultural perspective: A multi-method university study in Germany, USA, and Canada. *Journal of Cross-Cultural Psychology, 41*(2), 237–250. https://doi.org/10.1177/0022022109356920
Hagenauer, G. y Volet, S. E. (2014). "I don't hide my feelings, even though I try to": Insights into teacher-student relationships from an interpersonal perspective. *Teaching and Teacher Education, 38*, 14–24. https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.10.008
Marcos-Merino, J. M., Gallego-Arrufat, M. J. y Hernández-González, I. (2016). Emociones y rendimiento académico en estudiantes universitarios: Un estudio exploratorio. *Revista de Investigación Educativa, 34*(2), 345–362. https://doi.org/10.6018/rie.34.2.247891
Marcos-Merino, J. M., Hernández-González, I. y Gallego-Arrufat, M. J. (2022). ¿Son las emociones positivas garantía de éxito académico? El papel del reto percibido en entornos de aprendizaje activo. *Revista de Educación, 397*, 123–145. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-397-512
Mellado Jiménez, V., Borrachero Cortés, A. B., Brígido Mero, M., Melo Niño, L. V., Cañada Cañada, F., Conde Núñez, M. C., Costillo Borrego, E., Cubero Juánez, J., Esteban Luis, R., Martínez Borreguero, M. G., Ruiz Macías, C., Sánchez Martín, J., Garritz Ruiz, A., Mellado Bermejo, L., Vázquez Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Bermejo García, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 32*(3), 11–36. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1225
Moors, A., Ellsworth, P. C., Scherer, K. R. y Frijda, N. H. (2013). Appraisal theories of emotion: State of the art and future development. *Emotion Review, 5*(2), 119-124. https://doi.org/10.1177/1754073912468165
Pekrun, R. (2024). Control-value theory: From achievement emotion to a general theory of human emotions. *Educational Psychology Review, 36*(2), Article 48. https://doi.org/10.1007/s10648-024-09879-2
Pekrun, R. y Linnenbrink-García, L. (2012). Academic emotions and student engagement. En S. L. Christenson, A. L. Reschly y C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 259–282). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_12
Putwain, D. W. (2007). Researching academic stress and anxiety in students: Some methodological considerations. *British Educational Research Journal, 33*(2), 173–194. https://doi.org/10.1080/01411920701208258
Roseman, I. J. (2013). Appraisal in the emotion system: Coherence in strategies for coping. *Emotion Review, 5*(2), 141–149. https://doi.org/10.1177/1754073912457221
Vogl, E., Pekrun, R., Guerreiro, M. J. y Loderer, K. (2020). Caught in the middle: Achievement emotions during a challenging memory task. *Learning and Instruction, 70*, 101362. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101362
Zeidner, M. (1998). *Test anxiety: The state of the art*. Plenum Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0246-7
Zembylas, M. (2003). Interrogating "teacher identity": Emotion, resistance, and self-formation. *Educational Theory, 53*(1), 107–127. https://doi.org/10.1111/j.1741-5446.2003.00107.x

Ideas previas del profesorado de Primaria en formación sobre rocas y minerales: representaciones y reconocimiento. Resultados iniciales

Francisco Javier Robles Moral[1], *Manuel Fernández Díaz*[1] *y José Orenes Carceles*[1]

[1]Dpt. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España.

*Correspondencia: franciscojavier.moral@um.es

RESUMEN: En el presente trabajo se dan a conocer los resultados iniciales de un estudio de mayor envergadura sobre la geología en Educación Primaria. Este trabajo se centra en el análisis de las concepciones de los estudiantes del Grado de Educación Primaria, sobre las rocas y minerales a través de las representaciones gráficas realizadas por estos futuros maestros y maestras de primaria. Para ello se llevó a cabo una actividad de aula con 60 estudiantes del grado, en la que a través de una identificación visual y representaciones gráficas, debían de establecer que es para ellos una roca y qué era un mineral. Los resultados obtenidos nos revelan que principalmente para los futuros maestros y maestras de Educación Primaria, las rocas son elementos amorfos y de colores apagados, mientras que los minerales son elementos brillantes y coloridos. Esto nos lleva a la conclusión de que las ideas o concepciones previas de los estudiantes del Grado de educación Primaria no difieren de las concepciones previas que presentan los escolares de la etapa educativa de primaria.

PALABRAS CLAVE: geología; pensamiento visual; Educación primaria; didáctica de las ciencias experimentales; representaciones gráficas.

ABSTRACT: In this paper we present the initial results of a larger study on geology in Primary Education. This work focuses on the analysis of the conceptions of the students of the Degree in Primary Education, about rocks and minerals through the graphic representations made by these future primary school teachers. To this end, a classroom activity was carried out with 60 students of the degree, in which through visual identification and graphic representation, they had to establish what a rock is for them and what a mineral was. The results obtained reveal that mainly for future primary school teachers, rocks are amorphous and dull-colored elements, while minerals are bright and colorful elements. This leads us to the conclusion that the previous ideas or conceptions of students in the Grade of Primary Education do not differ from the previous conceptions presented by students in the primary educational stage.

KEYWORDS: geology; visual thinking; Primary education; didactics of experimental sciences; Graphical representations

INTRODUCCIÓN

Nuestra forma de entender el mundo que nos rodea se lleva a cabo a través de la percepción, que supone un complejo proceso nervioso, que permite al ser humano recibir, elaborar e interpretar la información que recibimos de nuestro entorno y de nosotros mismos (Villalba, 2017). La comprensión de imágenes, que a priori resulta de gran facilidad y comodidad, hacen de ellas un medio útil, práctico y atractivo para transmitir ideas, información, sentimientos, ... puesto que convierte a sus receptores en sujetos pasivos (González y Cortés, 2020).

Esta percepción y su interpretación se conoce como el Pensamiento Visual o Visual Thinking (VT). El desarrollo del VT se basa en el uso de las imágenes o recursos gráficos, no solo para aprender de arte sino para aprender a pensar (Fernández-Díaz et al., 2021). De aquí la importancia de cómo se use el VT en los centros escolares ya que es una herramienta transversal cuyos resultados afectan a

todas las áreas y no sólo a la de educación plástica (Feliu y González-Sanz, 2016). En este sentido, la utilización pedagógica de la imagen en los centros educativos responde a la necesidad de ofrecer diferentes modelos de comprensión y de expresión que permitan al alumnado, sean cuales sean sus necesidades, desarrollar el pensamiento icónico como una forma más de estructurar e interpretar su realidad más cercana (González y Cortés, 2020).

De este modo, el VT es una herramienta de aprendizaje que permite desarrollar en los estudiantes un enfoque educativo holístico potenciando sus destrezas y capacidades visuales; al tiempo que le permite ordenar y organizar ideas o contenidos que son representados por medio de dibujos simples y textos cortos. En suma, un instrumento que se sirve del recurso visual para acceder al conocimiento (González-Zamar y Abad-Segura, 2019).

Rocas y minerales

Dentro de la educción científica, a nivel general de todas las etapas educativas, la geología es una de las disciplinas a las que los discentes y los docentes les prestan menor nivel de interés y motivación (Gallardo-González et al., 2024). Pero, un aspecto que llama la atención es que los alumnos y alumnas de primaria si muestran interés por los materiales terrestres, como los minerales y las rocas (Laita et al., 2018), siendo estas últimas uno de los elementos del medio más recogidos por el alumnado cuando exploran el entorno natural cercano (Lekies y Berry, 2013). Sin embargo, el caso de los docentes, la gran mayoría centran sus enseñanzas de geología en temas como la astronomía o las composiciones de las capas de la atmosfera y/o de la hidrosfera, pero siendo la mayor proporción de tiempo dedicado al contenido curricular de los seres vivos, (Marcos-Merino y Calvino, 2024).

Dicho esto, la motivación del alumnado y las preferencias didácticas de los docentes, si es cierto que en la mayoría de los centros educativos se encuentra materiales didácticos relacionados con esta temática geológica, colecciones de minerales y de rocas, pero no son valorados como elementos didácticos útiles por los docentes (Lemkow et al., 2019). Además, la geología está poco presente en los materiales elaborados por las editoriales (Lloret et al., 2017).

Todas las consideraciones anteriormente recogidas en este apartado pueden contribuir a mejorar la enseñanza de la geología en Educación Primaria, y su implementación en las aulas podría ser clave para concienciar a los alumnos desde los niveles inferiores en el respeto y cuidado de los recursos geológicos como recursos no renovables (Wolff et al., 2020), dentro de la sostenibilidad ambiental que defiende actualmente la legislación educativa vigente

OBJETIVOS

Tras lo expuesto anteriormente, la finalidad del estudio en el que se engloba este trabajo es poner de manifiesto cuáles son los conocimientos que tienen los estudiantes del Grado de Educación Primaria sobre rocas y minerales, contenido curricular establecido de forma obligatoria para todo el territorio nacional; y qué diferencias ofrecen sus dificultades frente a los de los discentes de Educación Primaria. Por tanto, el objetivo principal de este trabajo es analizar la concepción sobre las rocas y minerales que presentan los estudiantes del Grado de Educación Primaria.

MÉTODO

La actividad se desarrolla en un aula de 2º curso del Grado Universitario en Educación Primaria de la Facultad de Educación de la Universidad de Murcia. En la misma participan 130 estudiantes, futuros maestros y maestras de primaria, en su mayoría procedentes de modalidades de bachillerato en la que no han cursado asignaturas del ámbito de las ciencias experimentales. La actividad forma parte de los contenidos de la asignatura Enseñanza y Aprendizaje del Medio Natural I, concretamente del tema dedicado al Medio Físico. La finalidad de esta tarea introductoria es activar las ideas previas de los futuros docentes de Educación Primaria sobre rocas y minerales, por ser este un contenido propio del currículo de Primaria y que deberá ser abordado en sus futuras aulas.

Para el diseño de la actividad se toma como referencia el planteamiento didáctico desarrollado por Martín del Pozo et al. (2013) con alumnado de Primaria. Seleccionamos y adaptamos este modelo

porque consideramos que puede ser interesante confrontar los resultados de alumnos de Primaria con resultados de futuros docentes, y a partir de ese punto comprobar la resistencia al cambio de ciertas concepciones, así como comprobar la posible transferencia de los resultados del estudio a las aulas del Primaria.

El diseño de la actividad planteada constaba de 6 tareas, tanto individuales como grupales, a realizar en una sesión de 90 minutos. Pero, en este trabajo solo se presentan las tareas 1 y 2, es decir la primera tiene la finalidad de conocer la concepción de los estudiantes sobre la definición de roca y mineral; mientras que la segunda tarea consistía en la identificación de rocas y minerales en un conjunto de imágenes suministradas (figura 1). Ambas tareas eran de carácter individual y se desarrollaron en un periodo de tiempo de 20 minutos, 10 minutos para la realización de cada tarea.

Figura 1. Secuencia de imágenes de la actividad 2 realizada.

RESULTADOS

El conjunto de las representaciones de rocas asciende a 134, lo que indica que algunos participantes en la actividad dibujan más de una roca. En relación con las formas otorgadas a las rocas predominan las formas poco definidas (amorfas) o redondeadas, en general carentes de elementos que les otorguen texturas o elementos geométricos definidos (Tabla 1). En cuanto a la gama cromática, se utilizan solo dos colores, mayoritariamente gris y en menor medida marrón (Tabla 1). En general, la forma en la que los estudiantes del Grado en Educación Primaria representan las rocas transmite una sensación de elementos poco llamativos, de formas poco definidas, compactos, homogéneos y con estructura prácticamente ausente.

Tabla 1. Formas y colores predominantes halladas en las representaciones de las rocas

		N	%
Forma	Amorfa	65	48,5
	Redondeada	45	33,6
	Angulosa	24	17,9
Color	Gris	107	79,8
	Marrón	27	20,2

En la figura 2 se muestran 4 ejemplos de los dibujos realizados por las estudiantes del grado de primaria, donde se aprecian los colores y formas referidas anteriormente. En este caso, se aprecian que las representaciones gráficas realizadas no se ajustan a la definición de roca que ofrece la RAE[1], "*Material sólido de origen natural formado por una asociación de minerales o por uno solo, que constituye una parte importante de la corteza terrestre*", sino concuerdan más con la definición de

[1] https://dle.rae.es/roca

piedra, "*sustancia más o menos dura y compacta*".

Figura 2. Algunos ejemplos de representaciones de rocas

En cuanto a las representaciones de minerales, encontramos 144 dibujos, lo que vuelve a indicarnos que algunos estudiantes realizaron más de una representación. Los minerales representados muestran un patrón opuesto al observado en las rocas. En este caso, el alumnado recurre mayoritariamente a formas geométricas definidas en las que se observan aristas, vértices y facetas que evocan la imagen prototípica del cristal (Tabla 2). En cuanto al patrón de colores, se observa una gama cromática más amplia y variada que en el caso de las rocas, predominando los tonos azules, pero también los violetas, rojos, etc. (Tabla 2).

Tabla 2. Formas y colores predominantes halladas en las representaciones de los minerales

		N	%
Forma	Prismática acicular (puntas y cristales)	60	41,7
	Diamante tallado	28	19,4
	Geométricas regulares (rombos, hexágonos, cubos, rectángulos)	23	16,0
	Geodas	18	12,5
	Irregulares	15	10,4
Color	Azul	47	32,6
	Violeta	33	22,9
	Rojo	18	12,5
	Verde	14	9,8
	Amarillo	12	8,3
	Gris	11	7,6
	Sin color	9	6,3

Como se observa en la figura 3, ejemplos de las ilustraciones de minerales realizadas por los estudiantes, se comprueba que la idea preconcebida de los minerales se basa en una idea de minerales con cristales pulidos y tallados, no habiendo ninguna representación de minerales sin tallar o sin pulir.

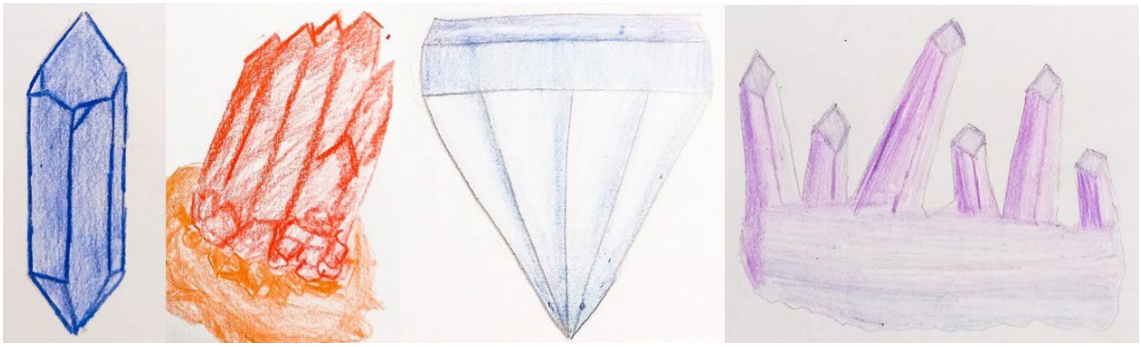


Figura 3. Algunos ejemplos de representaciones de minerales

Por último, en la tarea individual se solicitaba que se distinguiera, a partir de una muestra de 10 fotografías, entre rocas y minerales, pero no se solicitaba el nombre de estos. Si consideramos la proporción de respuestas correctas por cada alumno, la proporción de aciertos es del 62,2%. Si analizamos los resultados tomando como referencia las distintas muestras, se observan grandes diferencias en las proporciones de respuestas correctas según se consideren unos materiales u otros (Tabla 3).

Tabla 3. Frecuencias y porcentajes de respuestas correctas según cada tipo de roca o mineral

Nº	Muestra	Respuesta esperada	Respuestas correctas	Proporción correctas (%)
1	Bauxita	Roca	88	67,7
2	Caliza	Roca	73	56,2
3	Aragonito	Mineral	130	100,0
4	Grafito	Mineral	80	61,5
5	Limonita	Mineral	39	30,0
6	Pirita	Mineral	109	83,4
7	Mica	Mineral	12	9,2
8	Cuarzo	Mineral	115	88,5
9	Granito	Roca	41	31,5
10	Travertino	Roca	121	93,1

Por ejemplo, algunos minerales de hábito claramente cristalino y prismático, como el cuarzo (88,5%) o el aragonito (100%) fueron asignados correctamente a la categoría "mineral", probablemente porque esa imagen coincide con la imagen previa de los estudiantes; mientras que otros minerales de las muestras como la mica (9,2%) o la limonita (30%), al no ajustarse a esa imagen preconcebida se identifican correctamente en proporciones mucho más bajas. En el caso de las rocas, resulta especialmente llamativo el ejemplo del granito, que se adscribe correctamente a la categoría "roca" solo en el 31,5% de los casos, probablemente porque no se ajusta a la preconcepción de roca como algo amorfo, sin estructura interna diferenciable y de tonos pardos o grises. Por el contrario, la muestra de travertino, mucho más cercana a la idea de roca de nuestros estudiantes, si se adscribe a la categoría "roca" en un porcentaje muy elevado (93,1%).

CONCLUSIONES

La comparación entre los resultados obtenidos en este estudio con alumnado de segundo curso de Magisterio y los hallazgos descritos por Martín del Pozo et al. (2013) para alumnado de Educación Primaria revela una sorprendente continuidad en los modelos intuitivos sobre rocas y minerales. A pesar de la diferencia de edad, formación y experiencia escolar, ambos grupos comparten patrones conceptuales y visuales muy similares, lo que sugiere que estas concepciones alternativas son especialmente resistentes y se mantienen incluso en etapas educativas avanzadas.

En primer lugar, en nuestro estudio, las rocas se representan mayoritariamente como objetos simples, homogéneos, sin estructura interna, de colores apagados y de formas poco definidas, algo que viene a coincidir con lo diagnosticado por Martín del Pozo et al. (2013). La persistencia de este tipo de representación debería sorprendernos, pues el alumnado universitario ya debe haber cursado asignaturas en las que se aborden este tipo de contenidos.

En segundo lugar, en relación con los minerales, estos son representados en nuestro estudio como cuerpos geométricos bien definidos, de colores vivos, brillantes y ampliamente relacionados con formas talladas visualmente atractivas, de hecho, el modelo "diamante" se repite en numerosas ocasiones. Del mismo modo que en el caso de las rocas, se detecta, en relación con el diagnóstico de Martín del Pozo et al. (2013), una persistencia en las representaciones de los minerales, lo que debería seguir sorprendiéndonos en este nivel educativo universitario.

En cuanto a la capacidad para diferenciar visualmente entre rocas y minerales, en el caso de nuestra muestra, el promedio de respuestas correctas es del 62,2% aproximadamente, cifra que mejora levemente lo detectado por Martín del Pozo et al. (2013), para el alumnado de Educación Primaria, que arroja un promedio de respuestas correctas es de aproximadamente el 53%.

En conjunto, estos resultados iniciales muestran que las concepciones del alumnado que cursa el Grado en Educación Primaria en 2026 no difieren sustancialmente de las observadas en alumnado de Primaria en 2013. Los modelos intuitivos —roca como masa homogénea y mineral como cristal valioso— se

mantienen prácticamente intactos, lo que evidencia la necesidad de replantear la enseñanza de los materiales geológicos tanto en Primaria como en la formación inicial del profesorado. La persistencia de estas concepciones sugiere que los futuros docentes podrían reproducir en sus aulas los mismos modelos alternativos que ellos mismos mantienen, perpetuando así las dificultades conceptuales en las generaciones siguientes.

Por otra parte, en los distintos niveles del sistema educativo, deberíamos reflexionar y preguntarnos qué ocurre con la transferencia de resultados, tanto hacia el estudiantado como hacia el profesorado. Los resultados de esta modesta investigación no nos desalientan, al contrario, nos invitan a implementar nuevas ideas para la enseñanza de estos contenidos. No obstante, pensamos que los que hoy son nuestros alumnos de magisterio, hace 13 años bien podrían haber sido alumnos que participaran en el estudio de Martín del Pozo et al. (2013). Si hoy siguen pensando como lo hicieron en el pasado, entonces surgen múltiples preguntas que nos interpelan a todos: ¿Llegó el profesorado de Primaria a conocer este y otros estudios con diagnósticos similares? ¿Siguen siendo las Ciencias de la Tierra y el Universo un apartado incómodo y difícil de encajar en la Educación Primaria? ¿De qué sirvió el paso por Secundaria de los que hoy son universitarios?

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Feliu, M. y González-Sanz, M. (2016). Visual thinking strategies: conectar la educación formal y la no formal a través del desarrollo de competencias. Comunicación presentada en *Iº Congreso Internacional Creando ciudadanos, construyendo identidades, DICSO*, Universidad de Murcia.

Fernández-Diaz, M., Robles-Moral, F.J. y Ayuso-Diaz, G.E. (2020). Una propuesta para trabajar la competencia digital docente a través de Instagram y el Pensamiento Visual: el estudio de la sostenibilidad. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, 20*(1), 87-102. https://doi.org/10.17398/1695-288X.20.1.87

Gallardo-González, I., Costillo-Borrego, E., Bravo-Lucas, E. y Marcos-Merino, J.M. (2024). Las rocas y los minerales en Educación Infantil: una intervención experimental basada en el contexto minero. *Ápice. Revista de Educación Científica, 9*(1), 135-155. https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11375

González-Zamar, M.D. y Abad-Segura, E. (2019). Educación plástica y "visual thinking" en la Educación Superior. Aportes para mejorar las habilidades cognitivas y el aprendizaje visual, en Edunovatic 2019 conference proceedings: *4th Virtual International Conference on Education, Innovation and ICT.* (pp.540)

González, B. y Cortés, P. (2020). Visual thinking en personas con Síndrome de Asperger. Un caso de estudio. *DEDiCA. Revista De Educação E Humanidades*, 17, 295-312. http://dx.doi.org/10.30827/dreh.v0i17.138 92

Laita, E., Mateo, E., Mazas, B., Bravo, B., y Lucha, P. (2018). ¿Cómo se abordan los minerales en la enseñanza obligatoria? Análisis del modelo de mineral implícito en el currículo y en los libros de texto en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 26*(3), 256-256. https://www.researchgate.net/publication/328956993_Como_se_abordan_los_minerales_en_la_ensenanza_obligatoria_Analisis_del_modelo_de_mineral_implicito_en_el_curriculo_y_en_los_libros_de_texto_en_Espana

Lekies, K. S., y Beery, T. H. (2013). Everyone needs a rock: Collecting items from nature in childhood. *Children, Youth and Environments, 23*(3), 66-88. https://doi.org/10.7721/chilyoutenvi.23.3.0066

Lemkow, G., Montiel, C., y Mur, B. (2019). Learning Geology from Play and Experience-A Research Action Process for a Geology Proposal in the Lab 0_6 Space. In EDULEARN19 Proceedings (pp.4074-4080). IATED. https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.1034

Lloret, Á., Jiménez, M. P., y Barón, S. (2017). Las ciencias en los libros de texto de Educación Infantil. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, (Extra)*, 927-932. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335030/425686

Marcos-Merino, J. M., y Calvino, E. (2024). Enseñanza de la ciencia en las aulas de Educación Infantil según los docentes en activo: implicaciones en la formación del profesorado. Enseñanza de las Ciencias. *Revista de investigación y experiencias didácticas, 42*(3), 33-54. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6095

Martín del Pozo, R. (coord.), Arillo, M. Á., Ezquerra, Á., Fernández, P., Galán, P., García, E., González, M., de Juanas, Á., Reyero, C., & San Martín, C. (2013). *Las ideas «científicas» de los alumnos y alumnas de Primaria: tareas, dibujos y textos*. Universidad Complutense de Madrid.

Villalba, J.V. (2017). *Enfoques y estrategias para Educación Artística en Primaria: Desarrollo del Lenguaje Visual y Plástico*. Editum, Murcia.

Wolff, L. A., Skarstein, T. H., y Skarstein, F. (2020). The Mission of early childhood education in the Anthropocene. *Education sciences, 10*(2), 27. https://doi.org/10.3390/educsci10020027

Diseño de secuencias didácticas basadas en la indagación en la formación inicial del profesorado de Educación Infantil: ¿están preparados los futuros docentes?

Beatriz Robredo [1], Enrique V. Navajas[1], Eva M. Gómez[1], Esther Sevilla[1], Ruben Limiñana[2], Isabel Luján[2], Carolina Nicolás[2], Alexandra Rey[2], Esther Paños[3], Carlota López[3], J. Reyes Ruiz[3], M. Asunción Menargues[2]

[1] Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Dpto. de Agricultura y Alimentación, Universidad de La Rioja, España

[2] Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Universidad de Alicante, España

[3] Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Departamento de Pedagogía, Facultad de Educación de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha, España

* Correspondencia: beatriz.robredo@unirioja.es

RESUMEN: El dominio del conocimiento científico condiciona de forma directa la manera en que los futuros docentes enseñan ciencias en las etapas iniciales. Diversas investigaciones han evidenciado que el alumnado del Grado en Educación Infantil suele presentar niveles limitados de conocimiento científico y actitudes poco favorables hacia estas disciplinas. Este trabajo analiza la implementación de una metodología de enseñanza problematizada en la asignatura Didáctica de las Ciencias Experimentales en el Grado en Educación Infantil.

El estudio se desarrolló con 57 estudiantes organizados en 15 grupos de aprendizaje cooperativo. La intervención educativa consistió en el desarrollo del tema "¿Cómo somos por dentro? ¿Cómo podemos mantenernos sanos?" mediante una metodología basada en la formulación de problemas investigables y actividades propias del trabajo científico. Para evaluar el aprendizaje metodológico del alumnado se aplicó un cuestionario pretest y postest en el que los estudiantes debían diseñar una situación de aprendizaje basada en la indagación científica.

Las propuestas fueron analizadas mediante una rúbrica compuesta por ocho indicadores vinculados a las fases del proceso de investigación científica. Los resultados esperados apuntan a una mejora en la capacidad del alumnado para diseñar secuencias didácticas basadas en la indagación y en la incorporación de elementos del método científico en Educación Infantil.

PALABRAS CLAVE: enseñanza problematizada; didáctica de las ciencias; formación inicial del profesorado; indagación científica; educación infantil

ABSTRACT: Scientific content knowledge strongly influences how future teachers approach science teaching in early educational stages. This study analyses the implementation of a problem-based teaching methodology in the subject Experimental Science Education in an Early Childhood Education degree.

The study involved 57 students organized into 15 cooperative learning groups. The educational intervention consisted of teaching the topic "What are we like on the inside? How can we stay healthy?" through a problem-based methodology grounded in scientific inquiry. To evaluate methodological learning, a pre-test and post-test questionnaire was administered in which students were asked to design an inquiry-based learning situation.

The proposals were analysed using a rubric composed of eight indicators related to different phases of the scientific inquiry process. Expected results suggest an improvement in students' ability to design inquiry-based teaching sequences and to integrate elements of the scientific method into early childhood science education. The abstract should concisely present the objective, methodology, main results and

conclusions of the research. It should be self-contained and allow the reader to understand the essence of the work without reading the full document. An extension of 150-250 words is recommended.

KEYWORDS: problem-based learning; science education; teacher education; scientific inquiry; early childhood education

INTRODUCCIÓN

El dominio del contenido específico influye de forma significativa en la manera en que se enseñan las ciencias. Diversas investigaciones han mostrado que el alumnado del Grado en Educación Infantil suele presentar un nivel reducido de conocimiento científico y una baja motivación hacia estas áreas, frecuentemente vinculada a experiencias escolares negativas previas (Verdugo et al., 2019; Cruz-Guzmán et al., 2020; Sáez, 2017). Además, una parte importante de los estudiantes que acceden a los estudios de Magisterio proviene de itinerarios formativos de humanidades, lo que puede contribuir a la aparición de actitudes menos favorables hacia la enseñanza de las ciencias (Martínez-Torregrosa et al., 2018; Nicolás-Castellano, 2023).

La investigación en didáctica de las ciencias ha consolidado la eficacia de las metodologías basadas en la indagación y la enseñanza problematizada como motores de un aprendizaje significativo. Este enfoque no se limita a la transmisión de contenidos, sino que organiza el proceso educativo en torno a problemas o preguntas fundamentales diseñadas para provocar un cambio epistemológico en el alumnado. El objetivo central es que los estudiantes superen sus concepciones alternativas y construyan un conocimiento científico más cercano al modelo aceptado, integrando así nuevas estructuras de significado de manera profunda.

Para lograr esta transición, el profesorado diseña situaciones de aprendizaje que exigen al estudiante actuar bajo una lógica de investigación guiada. Este proceso implica formular preguntas investigables, confrontar ideas previas, planificar investigaciones, analizar datos y comunicar resultados, reproduciendo de manera adaptada la actividad científica (Kawalkar y Vijapurkar, 2015; Martínez-Torregrosa et al., 2018; Nicolás-Castellano, 2023). Al involucrar al alumnado en la argumentación y el contraste de hipótesis, estas metodologías no solo garantizan una construcción sólida del conocimiento, sino que también contribuyen significativamente a mejorar sus actitudes y su disposición hacia las ciencias (Constantinou et al., 2018).

Durante la última década, la enseñanza de las ciencias basada en la indagación ha sido impulsada a nivel europeo como una estrategia clave para el desarrollo de competencias científicas y del pensamiento crítico (Rocard et al., 2007). En este contexto, el presente trabajo propone la implementación de una metodología de enseñanza problematizada en la asignatura Didáctica de las Ciencias Experimentales del Grado en Educación Infantil, con el fin de mejorar la competencia científica y didáctica del alumnado, fomentando actitudes positivas hacia la enseñanza de las ciencias en contextos escolares. De forma paralela, el diseño de unidades didácticas basadas en problemas investigables y la incorporación de actividades de indagación científica genera recursos didácticos transferibles a otros contextos formativos. Por tanto, el objetivo principal de este estudio es observar si el alumnado de Grado en Educación infantil es capaz de diseñar una secuencia didáctica basada en la indagación.

METODOLOGÍA

Participantes y organización del trabajo

La experiencia se desarrolló con un total de 57 estudiantes del Grado en Educación Infantil organizados en 15 grupos de trabajo cooperativo, nombrados alfabéticamente (A, B, C, …, O). Dentro de cada grupo se asignaron distintos roles con el objetivo de favorecer la organización y el desarrollo del trabajo colaborativo: i) coordinador/a: responsable de la organización del trabajo del grupo; ii) secretario/a: encargado de registrar las actas de las reuniones grupales y apoyar al coordinador; iii) mediador/a: responsable de gestionar posibles conflictos dentro del grupo; iv) responsable de la carga de trabajo: encargado de supervisar el tiempo dedicado a las tareas y el seguimiento del trabajo semanal.

Instrumento de recogida de datos

Con el fin de evaluar la capacidad del alumnado para diseñar una secuencia didáctica basada en la indagación guiada, se elaboró un cuestionario en el que se planteaba la siguiente situación:

"Imaginad que tenéis que enseñar a vuestro alumnado un contenido que aborde las diferencias y semejanzas entre los animales que nos rodean. Diseñad una situación de aprendizaje que incorpore actividades propias del trabajo científico y que permita clasificar los animales según distintos criterios".

El tiempo de realización fue de 45 minutos y se llevó a cabo en formato papel.

El cuestionario se administró al inicio de la asignatura como pretest y se repetirá tras finalizar el tema como postest, con el fin de analizar la evolución en la capacidad del alumnado para diseñar propuestas didácticas basadas en la indagación guiada.

Se decidió no emplear un cuestionario específico sobre el contenido del tema abordado —relacionado con el cuerpo humano y la educación para la salud— con el fin de evitar que el alumnado reprodujese de forma directa, en la evaluación posterior, la unidad didáctica que se utilizó en el aula a modo de ejemplo. Esta decisión metodológica responde a la necesidad de evaluar de manera más rigurosa la capacidad del alumnado para diseñar de forma autónoma una secuencia didáctica basada en la indagación, en lugar de limitarse a replicar modelos previamente expuestos. De este modo, se pretende medir la transferencia real del aprendizaje y el grado de comprensión de los principios didácticos subyacentes.

Intervención educativa

La intervención consistió en el desarrollo del tema "¿Cómo somos por dentro? ¿Cómo podemos mantenernos sanos?" mediante una metodología basada en la enseñanza problematizada. Durante la implementación, el proceso de enseñanza-aprendizaje se articuló a través de un programa guía diseñado *ad hoc*, el cual constituyó en sí mismo la secuencia de enseñanza problematizada. Este instrumento permitió al docente estructurar los contenidos de forma progresiva, transformando el aula en un escenario de investigación dirigida donde el alumnado, organizado en grupos de trabajo, abordó las situaciones problemáticas planteadas de manera paralela a la introducción de nuevos conceptos. Lejos de ser un compendio de tareas estático, el programa guía funcionó como el eje vertebrador que condujo a los estudiantes en la confrontación de sus ideas previas y la formulación de hipótesis, favoreciendo una participación activa y una construcción del conocimiento coherente con los procesos de la actividad científica.

Procedimiento de análisis

Las respuestas fueron evaluadas mediante una rúbrica compuesta por ocho indicadores relacionados con las diferentes fases del proceso de investigación científica (Rosa-Cintas et al., 2019) (Tabla 1).

Tabla 1. Rúbrica compuesta por ocho indicadores relacionados con las diferentes fases del proceso de investigación científica

Número	Indicador
1	¿Formula el título en forma de pregunta?
2	¿El título plantea una cuestión investigable?
3	¿Los objetivos de aprendizaje establecen variables/parámetros investigables?
4	¿Plantea actividades de hipótesis/ideas-previas?
5	¿Propone actividades que permiten la indagación?
6	¿Desarrolla la propuesta anterior (toma datos, analiza los datos, extrae ideas relevantes)?
7	¿Plantea actividades de recapitulación y de extraer conclusiones?
8	¿Propone actividades de comunicación de los resultados obtenidos?

Cada indicador se valoró de forma dicotómica (1 = presente; 0 = ausente). La corrección fue realizada de manera independiente por tres jueces expertos.

RESULTADOS

Para analizarlos resultados del cuestionario se estudiaron las correcciones realizadas por los tres expertos. Las preguntas valoradas de manera diferente, al menos por uno de los expertos, se consensuaron.

Como las valoraciones posibles de cada pregunta son 1 o 0, el resultado máximo por grupo sería 8 y el mínimo 0. La puntuación más alta se observa en el grupo I con una puntuación de 5, seguida de los grupos G, J y L con una puntuación de 4 (Figura 1).

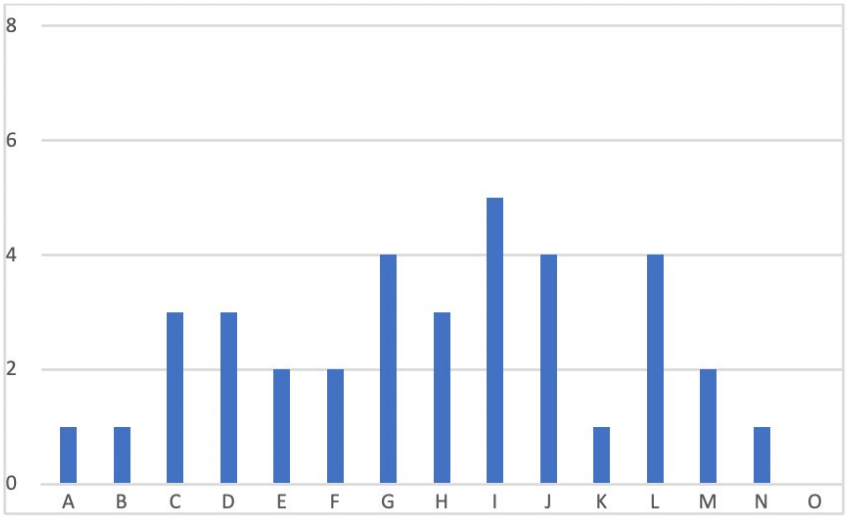


Figura 1. Puntuaciones obtenidas por los 15 grupos de trabajo (A-O), anteriores a la intervención educativa, a partir de la rúbrica integrada por ocho indicadores relacionados con las diferentes fases del proceso de investigación científica**.**

Dado que cada pregunta podía valorarse con 1 o 0, el resultado máximo global de la clase sería de 120 puntos (8 preguntas con valor 1 por 15 grupos participantes). Los resultados del cuestionario previo a la intervención muestran que la clase obtuvo una puntuación total de 35 sobre 120, es decir, un 29,2%, lo que indica un desempeño muy bajo.

En relación con los resultados obtenidos en cada pregunta, se observa que únicamente un grupo formuló el título en forma de pregunta, aunque sin plantear una cuestión verdaderamente investigable. Por otro lado, solo tres grupos definieron objetivos que incluían variables o parámetros susceptibles de investigación. Cuatro grupos incorporaron actividades orientadas a la exploración de ideas previas o a la formulación de hipótesis, mientras que seis propusieron actividades de indagación y únicamente cuatro desarrollaron de manera completa el proceso de investigación.

En contraste, los resultados fueron más favorables en lo referente a las actividades de recapitulación (n = 10) y a la elaboración de murales junto con la comunicación de resultados en asamblea (n = 7) (Figura 2).

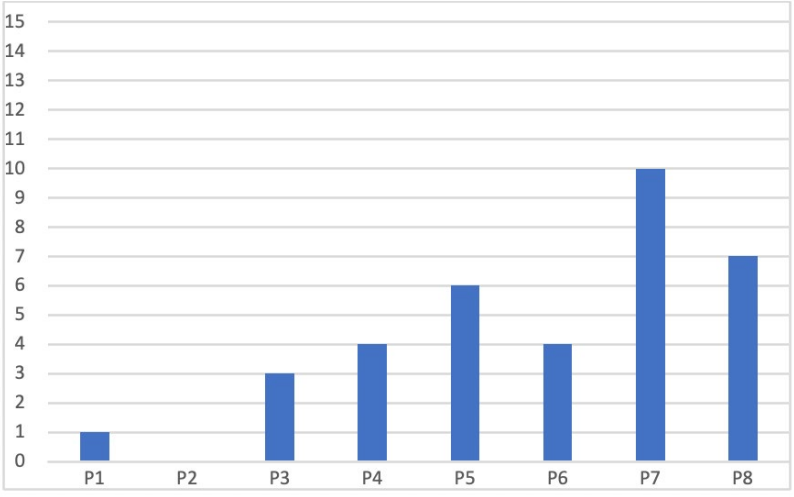


Figura 2. Resultado anterior a la intervención educativa, obtenido a partir de una rúbrica integrada por ocho indicadores o preguntas relacionados con las diferentes fases del proceso de investigación científica.

Dado que la intervención didáctica se encuentra en su fase final de implementación en el aula, la evaluación posterior está pendiente de ejecución; no obstante, los datos resultantes serán presentados en el marco del congreso. Se prevé que los resultados evidencien una mejora en la capacidad del alumnado para diseñar propuestas didácticas fundamentadas en la enseñanza problematizada. En particular, se espera un incremento en la integración de actividades vinculadas a las fases del quehacer científico, tales como la formulación de hipótesis, la recogida y análisis de datos, y la comunicación de conclusiones.

Asimismo, se espera que estos resultados puedan contribuir a poner de manifiesto el potencial de la enseñanza problematizada como estrategia para fortalecer la formación tanto científica como didáctica del profesorado en formación inicial.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la fase previa a la intervención ponen de manifiesto las dificultades del alumnado del Grado en Educación Infantil para diseñar propuestas didácticas basadas en la indagación científica. Se evidencia una escasa integración de las diferentes fases del proceso de investigación científica en las secuencias diseñadas, especialmente en aspectos clave como la formulación de preguntas investigables, la definición de variables o el desarrollo completo del proceso de indagación.

Estos resultados son consistentes con investigaciones previas que señalan un dominio limitado del conocimiento científico y de su didáctica en la formación inicial del profesorado, así como la persistencia de modelos de enseñanza más transmisivos (Verdugo et al., 2019; Cruz-Guzmán et al., 2020). En este sentido, la dificultad para plantear actividades relacionadas con la formulación de hipótesis o el análisis de datos sugiere que el alumnado no ha interiorizado plenamente las prácticas propias del trabajo científico ni su traducción al contexto educativo.

Por otro lado, se observa un mayor desarrollo en la inclusión de actividades de recapitulación y comunicación de resultados, lo que podría estar relacionado con la familiaridad del alumnado con dinámicas más tradicionales del aula, como la elaboración de murales o la asamblea. Sin embargo, estas actividades, aunque relevantes, no garantizan por sí mismas un enfoque de enseñanza basado en la indagación si no se articulan dentro de un proceso investigativo completo.

A la espera del análisis exhaustivo de los resultados del cuestionario postest tras la intervención didáctica, la implementación de la enseñanza problematizada se proyecta como una estrategia clave para favorecer una evolución en las concepciones y prácticas del futuro profesorado. Aunque en el momento de redacción de este trabajo la intervención se encuentra en su fase de cierre, los datos definitivos estarán disponibles para su exposición durante el congreso, lo que permitirá valorar con precisión el impacto de la propuesta educativa en el desarrollo de la competencia científica del alumnado.

En conjunto, se espera que este estudio refuerce la necesidad de integrar metodologías basadas en la indagación en la formación inicial, con el fin de dotar al alumnado de herramientas metodológicas que les permitan mejorar el diseño de secuencias didácticas o situaciones de aprendizaje que incorporen las actividades que son propias del trabajo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Constantinou, C. P., Tsivitanidou, O. E. y Rybska, E. (2018). What is inquiry-based science teaching and learning? En O.E Tsivitanidou, P. Gray, E. Rybska, L. Louca y C.P Constantinou (Eds.) *Professional development for inquiry-based science teaching and learning* (volumen 5, pp. 1-23). Springer: Cham, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1

Cruz-Guzmán, M., Puig, M., & García-Carmona, A. (2020). ¿Qué tipos de actividades diseñan e implementan en el aula futuros docentes de Educación Infantil cuando enseñan ciencia mediante rincones de trabajo? *Enseñanza de las Ciencias, 38*(1), 27-45. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2698

Kawalkar, A. & Vijapurkar, J. (2015). Aspects of Teaching and Learning Science: What students' diaries reveal about inquiry and traditional models. *International Journal of Science Education, 37*, 2113-2146. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1067933

Martínez-Torregrosa, J., Limiñana, R., Menargues, A. & Colomer, R. (2018). In-depth teaching as oriented-research about seasons and the Sun/Earth model: Effects on content knowledge attained by preservice primary teachers. *Journal of Baltic Science Education, 17*(1), 97-119. http://oaji.net/articles/2017/987-1519203761.pdf

Nicolás-Castellano, C., Limiñana, R., Menargues, A., Rosa-Cintas, S. & Martínez-Torregrosa, J. (2023). Sustainable Change in Primary Science Education: From Transmissive to Guided Inquiry-Based Teaching. *Sustainability, 15*, 11710. https://doi.org/10.3390/su151511710

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Rocard report: "Science education now: A new pedagogy for the future of Europe". EU 22845, European Commission.

Rosa-Cintas, S.; Menargues, A.; Limiñana, R.; Nicolás-Castellano, C.; Luján, I.; Colomer, R.; Savall, F.; García, J.A.; Martínez-Torregrosa, J. (2019) ¿Cómo influye la metodología de enseñanza experimentada por los futuros maestros y maestras de Educación Primaria en sus propias propuestas didácticas? En R. Roig-Vila (Ed.), *Investigación e Innovación en la Enseñanza Superior: Nuevos Contextos, Nuevas Ideas* (pp. 388–398). Octaedro: Barcelona, Spain.

Sáez, M. J. (2017). Perfiles de maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias por indagación. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 2213-2218.

Verdugo, J.J., Solaz, J.J. & Sanjosé, V. (2019). Evaluación del conocimiento científico en maestros en formación inicial: el caso de la Comunidad Valenciana. *Revista de Educación, 383*, 133-162. https://doi.org/10.1590/198053143915

Aprender haciendo: el jardín geológico como laboratorio de inteligencia artificial

Marta I. Saludes Zanfaño[1], M.ª Rocío Esteban Gallego[1] y Agustina Fernández Fernández[2]

[1] Dpto. de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, España.

[2] Dpto. de Geología. Universidad de Salamanca, España.

*Correspondencia: msz3223@usal.es

RESUMEN: La formación inicial del profesorado requiere propuestas que integren el aprendizaje en el entorno, la sostenibilidad y la alfabetización digital. El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo de una intervención didáctica, dirigida a estudiantes del Grado en Maestro, que integra una ruta en el Jardín Geológico de la Universidad de Salamanca con la generación de un GeoDetector. La intervención permite que el alumnado observe y registre distintos tipos de rocas en un museo al aire libre para entrenar un modelo de reconocimiento de imágenes mediante GenAI Teachable Machine, que posteriormente es usado como aplicación de reconocimiento de rocas. La propuesta se completa con una reflexión sobre el uso de los recursos geológicos y su relación con la sostenibilidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además de adquirir conocimientos disciplinares, los estudiantes se aproximan al recurso didáctico desde su uso educativo, promoviendo su aplicación en contextos escolares.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia artificial; geología; sostenibilidad; teachable machine (máquina entrenable); formación inicial docente.

ABSTRACT: Initial teacher education requires proposals that integrate learning in natural environments, sustainability, and digital literacy. The aim of this study is to present the design and implementation of a geological learning experience addressed to pre-service Early Childhood Education teachers, integrating the use of the local environment and introductory artificial intelligence tools. The intervention takes place in the Geological Garden of the University of Salamanca, where students observe and record different types of rocks and train an image recognition model using GenAI Teachable Machine. The proposal is complemented by a reflection on the use of geological resources and their connection to sustainability and the Sustainable Development Goals. In addition to acquiring disciplinary knowledge, participants engage with the didactic resource from an educational perspective, fostering its application in school contexts.

KEYWORDS: Artificial Intelligence; geology; sustainability; teachable machine; teacher education.

INTRODUCCIÓN

La formación inicial del profesorado constituye un espacio clave para el desarrollo de propuestas orientadas a mejorar la enseñanza de las ciencias en las primeras etapas educativas. Desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales, esta formación no solo implica la adquisición de contenidos disciplinares, sino también la comprensión de cómo se construye el conocimiento científico y cómo puede enseñarse mediante enfoques activos y contextualizados (Anders, 2014; Bravo et al., 2019). En este sentido, resulta fundamental promover experiencias formativas que permitan al futuro profesorado conectar los contenidos científicos con contextos reales de enseñanza y aprendizaje, así como incorporar la comprensión de tecnologías emergentes.

Desde esta perspectiva, el entorno próximo adquiere un valor educativo especialmente relevante, no solo en contextos naturales, sino también a través de espacios expositivos accesibles que permiten el trabajo directo con materiales científicos. Así, los museos geológicos al aire libre y las colecciones de rocas en entornos urbanos constituyen recursos didácticos de gran potencial, al facilitar la observación, descripción e interpretación de materiales reales en contextos formativos. Este tipo de instalaciones

permite presentar de forma accesible conjuntos representativos de la geología local en entornos urbanos (Moliner & Mampel, 2019). En este sentido, estudios recientes señalan que estos espacios, junto con otros entornos de geoeducación como los geoparques, favorecen la comprensión de conceptos científicos y promueven actitudes positivas hacia la ciencia (Martínez-Martín et al., 2024). Además, se ha observado que las experiencias formativas en estos contextos influyen positivamente en las emociones y en la percepción del valor educativo del entorno por parte de los futuros docentes (Esteban-Gallego et al., 2025).

Paralelamente, la educación científica se enfrenta al reto de integrar tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) en los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este contexto, resulta necesario que los futuros docentes desarrollen una comprensión básica de sus principios de funcionamiento y de sus implicaciones educativas, configurándose la alfabetización en IA como un componente relevante de la formación científica y tecnológica. Las herramientas basadas en aprendizaje automático, especialmente aquellas de tipo no-code, permiten abordar estos contenidos mediante experiencias prácticas, facilitando la comprensión de cómo los sistemas aprenden a partir de los datos y de las decisiones humanas que intervienen en su entrenamiento (Carney et al., 2020; Pope et al., 2024). Por ello, la integración de la IA en propuestas didácticas contextualizadas, como las desarrolladas en espacios expositivos geológicos, abre nuevas posibilidades para el diseño de experiencias de aprendizaje activas, interdisciplinarias y conectadas con los desafíos educativos actuales.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es desarrollar una intervención didáctica para la enseñanza de contenidos geológicos y la comprensión del funcionamiento de la inteligencia artificial en la formación inicial del profesorado.

DESARROLLO

Contexto

La intervención didáctica que se presenta se desarrolla en la asignatura Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica en Educación Infantil, única asignatura de ciencias en el Grado en Maestro en Educación Infantil de la Universidad de Salamanca. La actividad se implementa al final del segundo cuatrimestre, cuando el alumnado ya ha trabajado los contenidos básicos de geología y dispone de una base conceptual que le permite interpretar los materiales observados y relacionarlos con su uso en contextos cotidianos.

La propuesta consiste en una salida al entorno cercano, concretamente al Jardín Geológico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca, un espacio expositivo al aire libre que funciona como museo geológico accesible. Este jardín alberga una colección de 26 rocas representativas de Castilla y León, organizadas en función de su tipología (ígneas, sedimentarias y metamórficas) y acompañadas de información sobre su origen, características y aplicaciones en construcción, arquitectura y obra civil. Se trata de un museo al aire libre de pequeño formato, integrado en el entorno universitario, que permite realizar un recorrido estructurado y accesible para el alumnado.

Metodología

La intervención se fundamenta en una metodología activa y experiencial, desarrollada mediante una ruta didáctica en el Jardín Geológico de la Facultad de Ciencias. Durante la actividad, el alumnado realiza tareas guiadas de observación, identificación y análisis de materiales geológicos. Esta experiencia se complementa con el uso de herramientas de inteligencia artificial, que permiten desarrollar actividades de aprendizaje basadas en datos a partir de las imágenes. De este modo, la intervención incorpora la creación de una aplicación de reconocimiento de rocas, denominada GeoDetector, desarrollada por el propio alumnado mediante el entrenamiento de modelos de clasificación de imágenes. Así, la propuesta integra el trabajo con materiales reales y el uso de tecnologías emergentes, favoreciendo la participación activa del alumnado y su formación como futuros docentes.

Objetivos

Los objetivos didácticos de la actividad son:

1.- Trabajar y/o consolidar contenidos disciplinares de la asignatura, principalmente los relacionados con la Geología, como son, por ejemplo: i) Diferenciación entre mineral, roca y mena; ii) Tipos de rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas); iii) Características macroscópicas de los materiales geológicos; iv) Usos y aplicaciones de las rocas en contextos cotidianos; y v) Relación entre recursos geológicos y actividad humana.

2.- Reflexionar sobre el uso de los recursos geológicos desde una perspectiva de sostenibilidad, estableciendo relaciones entre el consumo responsable (ODS 12), el desarrollo económico (ODS 8) y el impacto ambiental asociado a su explotación (ODS 13 y 15).

3.- Aproximarse al funcionamiento de la inteligencia artificial mediante el uso de herramientas de reconocimiento de imágenes, comprendiendo el proceso de entrenamiento de modelos a partir de datos generados por el propio alumnado.

4.- Vivenciar una salida a un museo al aire libre que permita a los futuros maestros conocer este recurso didáctico y diseñar propuestas similares adaptadas a la etapa de Educación Infantil.

Desarrollo

Sesión preparatoria (1 h)

1.- Actividad de motivación y recogida de datos

Se pide a los alumnos que, durante los días previos a la visita al Jardín Geológico, observen su entorno cotidiano con una mirada geológica, identificando la presencia de rocas en elementos urbanos (fachadas, pavimentos, esculturas, encimeras, etc.). Los estudiantes deben realizar diversas fotografías de estos materiales desde diferentes ángulos, generando así un banco inicial de imágenes. Esta actividad tiene un doble propósito: i) favorecer la conexión entre los contenidos geológicos y la vida cotidiana; y ii) disponer de un conjunto de imágenes de rocas no identificadas que será utilizado posteriormente para comprobar el funcionamiento de la aplicación de reconocimiento de rocas (GeoDetector) desarrollada por el alumnado.

2.- Actividad de introducción a la inteligencia artificial

En el aula se introduce al alumnado en el uso de la herramienta GenAI Teachable Machine, una aplicación que permite crear modelos de clasificación de imágenes sin necesidad de conocimientos de programación. Utilizando esta plataforma, se guía a los estudiantes para que comprendan los fundamentos básicos del aprendizaje automático basado en datos, especialmente el aprendizaje supervisado, en el que la máquina aprende a partir de ejemplos previamente etiquetados. En esta fase inicial, los estudiantes se familiarizan con el funcionamiento básico de la herramienta y preparan la estructura del conjunto de datos mediante la creación de carpetas organizadas por categorías (tipos de rocas), que posteriormente se completarán con las imágenes recogidas durante la ruta por el Jardín Geológico. Esta actividad contribuye al desarrollo de la competencia digital docente y a una aproximación inicial a la alfabetización en inteligencia artificial desde una perspectiva educativa y ética.

Sesión de desarrollo (2 h)

1.-Ruta por el Jardín Geológico

Al alumnado se le proporciona un cuaderno de trabajo con: i) un mapa del Jardín Geológico en el que se localizan las 26 rocas representativas de Castilla y León (Figura 1), y ii) una selección de 12 rocas (Tabla 1) con información básica sobre su tipología (ígnea, sedimentaria o metamórfica), características y principales aplicaciones.

Figura 1. Localización de las 26 rocas en el Jardín Geológico. https://jardingeologico.usal.es/

Los alumnos, en parejas, realizan una ruta por el Jardín Geológico en la cual localizan un mínimo de 8 rocas y para cada una de ellas:

- Observan sus características macroscópicas (textura, color, estructura).
- Identifican su tipología (ígnea, sedimentaria o metamórfica) y posibles usos.
- Realizan al menos tres fotografías desde diferentes perspectivas.

Tabla 1: Selección de 12 rocas del Jardín Geológico. Nº: número en el mapa del Jardín

Nº	Roca (Tipo)	Aplicaciones
2	Granito gris de Los Santos (Ígnea)	Fachadas, pavimentos, mobiliario urbano y esculturas
3	Arenisca de Villamayor (Sedimentaria)	Fachadas de edificios históricos y modernos
5	Granito rojo de Sayago (Ígnea)	Pavimentos decorativos, interiores y paramentos
6	Mármol crema Monreal (Metamórfica)	Suelos, encimeras y revestimientos interiores
8	Bomba volcánica (Ígnea)	Exposición y didáctica
9	Arenisca de Palacios-Salas (Sedimentaria)	Fachadas de edificios señoriales, cantería y edificios señoriales
11	Caliza Rosa de Sepúlveda (Sedimentaria)	Fachadas y decoración exterior e interior
17	Caliza Rudistas de Fuentidueña (Sedimentaria)	Elementos arquitectónicos y esculturas
19	Gneis Glandular Milonitizado (Metamórfica)	Construcción rural tradicional
20	Pizarra de Aliste (Metamórfica)	Cubiertas, suelos y revestimientos exteriores
21	Corneana (Metamórfica)	Árido para carreteras, balasto de ferrocarril y pavimentos
24	Granito azul noche (Ígnea)	Construcción, pavimentos y elementos decorativos

La ruta permite un primer contacto del alumno con contenidos fundamentales de geología, como la existencia de diferentes minerales, rocas y menas, sus características, los tipos de rocas y sus usos, su relación con los recursos naturales. Además, el itinerario promueve la reflexión sobre los ODS vinculados al uso de recursos geológicos, especialmente con el ODS 12 (consumo responsable), y la gestión sostenible de los recursos naturales.

La ruta no solo tiene un carácter disciplinar, sino también metodológico, ya que los futuros docentes experimentan una estrategia de enseñanza centrada en el aprendizaje en el entorno cercano y el uso de recursos didácticos urbanos, facilitando su futura transferencia al aula.

2.- Generación del GeoDetector

Tras la ruta, el alumnado desarrolla la aplicación de reconocimiento de rocas (GeoDetector), previamente introducida en la intervención como herramienta para aproximar al alumnado al funcionamiento de la inteligencia artificial. Para ello, regresa al aula y completa el proceso de construcción del modelo. Los estudiantes organizan las imágenes recogidas en las carpetas digitales que previamente habían creado, clasificándolas según el tipo de roca. Posteriormente, en la plataforma GenAI Teachable Machine, crean diferentes clases correspondientes a cada categoría y cargan las imágenes como datos de entrenamiento (Figura 2).

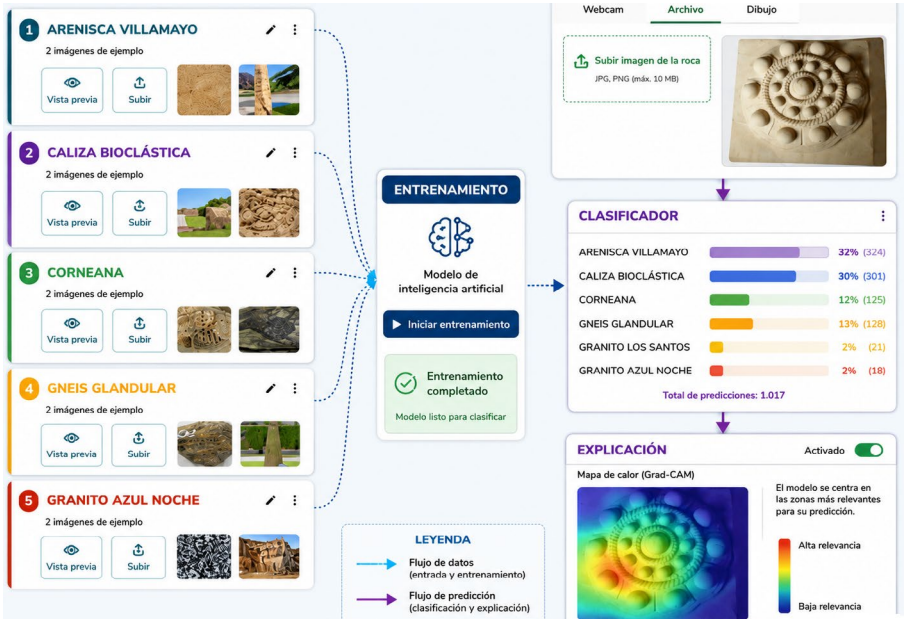


Figura 2. Ejemplo del proceso de construcción del modelo. https://tm.gen-ai.fi/image/general

A continuación, entrenan el modelo mediante el algoritmo de clasificación de imágenes, lo que permite a la herramienta identificar patrones y diferencias entre los distintos tipos de rocas. Una vez creado el GeoDetector, lo utilizan para identificar las rocas fotografiadas en la actividad de motivación o en colecciones disponibles en el aula, obteniendo resultados en forma de probabilidades de correspondencia entre las distintas categorías. Esta fase permite al alumnado evaluar el funcionamiento del modelo, reflexionar sobre sus errores y limitaciones, comprender la importancia de la calidad de los datos en el proceso de entrenamiento y validación de los modelos.

3.- Actividad de consolidación

Para finalizar, se implementa una clase expositiva (20 minutos) orientada a la consolidación y clarificación de los contenidos geológicos, en la cual se explica de forma sistemática las diferencias entre minerales, rocas y menas, los distintos tipos de rocas y sus usos principales. En ella se promueve la reflexión sobre el uso de los recursos naturales y su vinculación con la actividad económica, relacionándolo con los ODS. Durante esta sesión, el alumnado plantea sus dudas, comparte sus reflexiones y participa activamente en la construcción del conocimiento. Para favorecer la identificación de las rocas y minerales más habituales, así como sus características, se emplean colecciones de rocas y minerales,

que permiten al alumnado observar directamente sus características y establecer relaciones con los contenidos trabajados.

Actividad de transferencia

La última actividad del sendero geológico es una tarea de aplicación autónoma del alumnado. Se pide que cada pareja elabore una propuesta didáctica en la que se diseñe una salida al entorno cercano para la etapa de Educación Infantil. Esta salida debe presentar una secuenciación de actividades similar a la realizada e integrar contenidos geológicos básicos, el uso del entorno como recurso educativo, la incorporación de herramientas digitales o de inteligencia artificial, así como su vinculación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de acuerdo con los principios pedagógicos establecidos por la LOMLOE para esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del Proyecto de Innovación Docente ID2024/195: "Sendero de Indagación geológico para trabajar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) desde una perspectiva transversal", financiado por la Universidad de Salamanca, Vicerrectorado de Calidad y Enseñanzas de Grado y Vicerrectorado de Postgrado y Enseñanzas Propias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anders, Y. (2014). *Literature review on pedagogy*. OECD Publishing.

Bravo, E., Costillo, E., Bravo, J. L., y Borrachero, A. B. (2019). Emociones de los futuros maestros de educación infantil en las distintas áreas del currículo. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 23*(4), 197–214.

Carney, M., Webster, B., Alvarado, I., Phillips, K., Howell, N., Griffith, J., Jongejan, J., Pitaru, A., y Chen, A. (2020). Teachable Machine: Approachable Web-Based Tool for Exploring Machine Learning Classification. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–8). ACM. https://doi.org/10.1145/3313831.3376179

Esteban-Gallego, M. R., Saludes-Zanfaño, M. I., Valares-Masa, C., Marcos-Merino, J. M., y Gómez-Ochoa de Alda, J. (2025). Las salidas a los entornos naturales urbanos modulan las emociones y el valor subjetivo de los futuros maestros. *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 2238–2241

Martínez-Martín, J. E., Mariñoso, P. E., Rosado-González, E. M., Paz, A., y Sá, A. A. (2024). Assessment of educational potential in Arouca and Estrela UNESCO Global Geoparks for multi-level students and teachers. *International Journal of Geoheritage and Parks*. https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2024.11.002

Molinier, L., y Mampel, L. (2019). The rock garden "Geologist Juan Paricio" (Alcorisa, Maestrazgo Geopark, Spain): An effective example of geosciences popularization. *Geoheritage, 11*(4), 1869–1878. https://doi.org/10.1007/s12371-019-00398-7

Pope, N., Vartiainen, H., Kahila, J., Laru, J., y Tedre, M. (2024). A no-code AI education tool for learning AI in K-12 by making machine learning-driven apps. In *Proceedings of the 2024 IEEE international conference on advanced learning technologies (ICALT)* (pp. 105–109). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICALT61570.2024.00037.

Intervención formativa con IA educativa para el desarrollo de competencias técnicas, éticas y pedagógicas desde un contexto de conciencia ambiental. Un estudio de caso mixto

Paula Andrea Segura Delgado[1], Enrique Maya Cámara[2] y Martha Helena Ramírez Bahena[3]

[1] Dpto. de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, España.

[2] Dpto. de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, España.

[3] Dpto. de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, España.

*Correspondencia: p_segura@usal.es

RESUMEN: La integración de la inteligencia artificial en el ámbito educativo requiere enfoques formativos que combinen el desarrollo de competencias técnicas con una reflexión pedagógica y ética, y que, además, favorezcan el aprendizaje de competencias relevantes, como la conciencia ambiental. El objetivo fue analizar el impacto de una intervención formativa en IA educativa, integrando el desarrollo de competencias técnicas y éticas, el criterio pedagógico y la conciencia ambiental. La metodología fue de diseño *pre-post*, con medidas repetidas y un enfoque mixto. Se utilizó un cuestionario compuesto mixto de 38 afirmaciones. La muestra estuvo conformada por 110 participantes. Los resultados muestran mejoras significativas en la competencia percibida en IA, en su aplicación educativa y en la conciencia ambiental. Además, se concibe la IA como un recurso de apoyo al criterio docente, capaz de enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje sin sustituir el juicio profesional. Se concluye que una intervención integradora puede fortalecer simultáneamente las competencias técnicas, el juicio pedagógico y la conciencia ambiental.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial; competencia digital; conciencia ambiental; innovación educativa; formación docente inicial.

ABSTRACT: Integrating artificial intelligence into education requires training approaches that combine the development of technical skills with pedagogical and ethical reflection. These approaches should also promote the acquisition of relevant skills, such as environmental awareness. This study aimed to analyse the impact of an educational AI training intervention that integrated the development of technical and ethical skills, pedagogical judgement, and environmental awareness. The methodology employed a pre-post design with repeated measures and a mixed-methods approach. A mixed-item questionnaire consisting of 38 statements was used. The sample consisted of 110 participants. The results revealed significant improvements in perceived competence in AI and its educational application, as well as in environmental awareness. Furthermore, AI was perceived as a valuable resource that could enhance teaching and learning processes while complementing professional judgement. It can be concluded that an integrative intervention can strengthen technical competencies, pedagogical judgement and environmental awareness simultaneously.

KEYWORDS: artificial intelligence, digital literacy, environmental awareness, educational innovation, initial teacher education.

INTRODUCCIÓN

La IA está transformando la educación al ofrecer nuevas formas de apoyar la enseñanza, la planificación y el aprendizaje personalizado. Según la UNESCO (2023), su uso debe "promover una educación inclusiva, equitativa y de calidad" y fomentar el aprendizaje a lo largo de la vida, manteniendo el papel docente como insustituible y entendiendo la IA como apoyo a la creatividad pedagógica y la reflexión crítica, no como sustituto del juicio humano.

Asimismo, se destaca la necesidad de una alfabetización en IA que supere el uso instrumental y permita comprender sus implicaciones educativas y sociales orientadas al juicio profesional (Biagini, 2025). Sin embargo, la investigación empírica sobre intervenciones formativas contextualizadas sigue siendo limitada, especialmente en estudios longitudinales que evalúen cambios en competencia percibida, criterios pedagógicos y responsabilidad en su uso (Shen & Cui, 2024).

Por otro lado, la protección del planeta y su biodiversidad, en el contexto del cambio climático, constituye uno de los mayores desafíos actuales y un componente esencial de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que orientan el currículo en la educación básica (Naciones Unidas, 2018).

MARCO TEORICO

IA educativa y alfabetización en IA docente

La alfabetización en IA se define como un constructo multidimensional que integra discernimiento pedagógico, juicio profesional y conciencia ética (Sperling et al., 2024). Para operativizar esta competencia en Educación Primaria, el modelo ABCE analiza las dimensiones afectiva, conductual, cognitiva y ética del profesorado. Aunque la autopercepción de competencia digital correlaciona con la alfabetización en IA, una alta capacidad instrumental no asegura una preparación ética o pedagógica adecuada (Usart Rodríguez et al., 2025). El uso crítico exige que el docente actúe como curador de contenidos para identificar sesgos y "alucinaciones" algorítmicas.

Criterio pedagógico, ética y control humano en el uso de IA

Bajo el paradigma "*teacher-in-the-loop*", la IA no sustituye al profesional, sino que amplifica sus capacidades en dimensiones relacionales y morales inaccesibles para los algoritmos. El criterio pedagógico es decisivo para que la IA actúe como asistente en la planificación (permitiendo un ahorro de tiempo del 40.00%), la adaptación de actividades mediante el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y la reflexión didáctica sobre el bienestar del alumnado. Además, el control humano es un imperativo ético y legal para garantizar la privacidad de datos según el Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2016).

Conciencia ambiental, biofilia e hipótesis de Gaia

La educación ambiental se fundamenta en la biofilia, o conexión innata con la vida (Wilson, 1984), y en la hipótesis de Gaia, que concibe a la Tierra como un sistema homeostático autorregulado. Frente al dominio tecnológico antropocéntrico, se propone una "reconciliación con Gaia" basada en el cuidado y la sostenibilidad (Comesaña Santalices, 2010). En este marco, la IA actúa como un mediador epistémico que permite al alumnado realizar mapeos de biodiversidad o simular comportamientos climáticos, uniendo la competencia digital con la conciencia ecosocial exigida por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (2020).

Formación inicial docente y diseño de situaciones de aprendizaje con IA

El codiseño de situaciones de aprendizaje (SdA) asistido por IA permite a los futuros maestros reducir la carga burocrática y centrarse en la reflexión pedagógica profunda. Esta práctica en el Grado en Maestro fomenta la transdisciplinariedad y el juicio profesional autónomo. Evidencias recientes demuestran que el uso de IA generativa en el diseño didáctico incrementa significativamente la motivación (+9.09%), la auto-creatividad (+6.77%) y el pensamiento crítico (+5.90%) de los estudiantes universitarios (Fernández Piqueras et al., 2025).

Contexto del estudio de caso

La intervención formativa propone una innovación mediada por el uso educativo de la IA para enseñar contenidos ecosociales, integrando competencias técnicas y éticas, criterio pedagógico y conciencia ambiental. Sus objetivos fueron: (1) diagnosticar el nivel inicial de competencias en IA y conciencia ambiental, (2) formar en conciencia ambiental, (3) promover el uso educativo de herramientas de IA en el diseño de situaciones de aprendizaje, (4) diseñar dichas situaciones con contenidos ambientales y (5) evaluar el nivel final de competencias.

Se plantearon dos hipótesis: H1, que la intervención favorece el desarrollo de competencias en IA, su uso pedagógico y la conciencia ambiental; y H2, que existe una relación positiva entre el nivel de competencias en IA y el uso crítico y reflexivo en el diseño de situaciones de aprendizaje. La pregunta de investigación fue: ¿cuál es el impacto de una intervención formativa en IA sobre el desarrollo de competencias en IA, su uso pedagógico y la conciencia ambiental en docentes en formación?

MÉTODO

Diseño

Se empleó un diseño cuasiexperimental de un solo grupo con medidas tipo *pretest-postest* (Campbell & Stanley, 1963), y repetidas mediante un enfoque mixto. Cada participante actuó como su propio control. Este tipo de diseño resulta adecuado para evaluar el impacto de las intervenciones formativas en contextos educativos reales, donde la asignación aleatoria no siempre es viable.

Participantes

Los participantes fueron 110 estudiantes del Grado en Maestro en Educación Primaria de la Facultad de Educación de la Universidad de Salamanca, inscritos en la asignatura "*Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica III"*. La participación fue voluntaria. Fueron identificados mediante un código numérico (ID) para garantizar el anonimato de las respuestas y permitir su emparejamiento en ambas fases. A continuación, se indica el género de los participantes según el momento de aplicación del cuestionario:

Tabla 1: *Caracterización demográfica de los participantes*

	Género en el *pretest*		Total *pretest*	Género en el *postest*		Total *postest*
	F	*M*		*F*	*M*	
f	89	21	110	55	16	71
%	80,91	19,09	100	77,46	22,54	100

Nota: frecuencia; %: porcentaje; F: femenino; M: masculino. Elaboración propia.

Instrumentos

Cuestionario: evaluó cuatro dimensiones conceptualmente diferenciadas pero interrelacionadas a partir de 38 afirmaciones. Es un instrumento compuesto de naturaleza mixta. Se aplicó al iniciar y finalizar la intervención de forma anónima. Las afirmaciones correspondientes a las dimensiones sobre competencias técnicas percibidas en IA y el criterio pedagógico / educativo del uso de la IA fueron medidas con la escala TAICS (por sus siglas en inglés, *Teacher Artificial Intelligence (AI) Competence self-efficacy Scale*) (Chiu et al, 2024). La tercera, sobre conciencia ambiental se midió con la escala CNS (por sus siglas en inglés, *Connectedness to Nature Scale*) (Mayer & Frantz, 2004). Dichas dimensiones presentaron como opción de respuesta una escala Likert de cinco puntos (1 a 5). Como complemento, en el mismo instrumento se aplicó una dimensión denominada "Aprendido-3º", para explorar el aprendizaje percibido, la selección de herramientas de IA y la valoración crítica de su uso educativo, la cual presentó una opción de respuesta abierta.

Intervención: la intervención formativa se denominó AI4Gaia. En la sesión inicial se aplicó el *pretest* y

se llevó a cabo un debate sobre la hipótesis de Gaia (Lovelock, 1972) vinculada a los 17 ODS (Naciones Unidas, 2018). Para la enseñanza de dicha hipótesis se emplearon los siguientes dos videos de la *web*: "Hipótesis de Gaia (teoría)" (Goodwin, 2017) y "James Lovelock explica la hipótesis de Gaia en El Equilibrio Sagrado (TV)" (Kensington TV, 2009).

Durante las 5 semanas siguientes (una sesión semanal), se desarrollaron tres actividades de enseñanza centrales relacionadas con conciencia ambiental y formación en IA educativa. Dos actividades fueron sobre observación de campo para identificar organismos pequeños en el entorno cercano con el objetivo principal de favorecer la biofilia (vínculo emocional y ético con la naturaleza) y el reporte científico (fotografía, expresión escrita y divulgación), además de ejemplares de organismos pequeños de la colección del laboratorio haciendo uso del microscopio estereoscópico con el propósito de promover la toma de conciencia sobre la complejidad de la vida natural. En la última se realizaron talleres prácticos con herramientas de IA educativas, con el objetivo principal de enriquecer sus competencias tecnológicas en su uso educativo desde una perspectiva reflexiva, crítica y ética.

Además de lo anterior, los participantes trabajaron en grupo para elaborar una situación de aprendizaje original mediante herramientas de IA, que debía abordar conceptos sobre conciencia ambiental. Se realizaron tutorías grupales adaptadas a cada equipo al final de las sesiones (10 - 20 minutos). Tras la entrega de la propuesta, se invitó a completar el *postest*.

El reporte de la propuesta se realizó mediante un documento por grupo que debía mencionar: el título de la actividad, la herramienta IA educativa utilizada, enlace o captura del resultado generado, nivel educativo y área, competencias y objetivos de aprendizaje, descripción breve de la actividad, adaptaciones o mejoras personales y reflexión final sobre el uso educativo de la IA.

Análisis de datos

Para el análisis cuantitativo se calcularon estadísticos descriptivos, tamaños del efecto mediante d de Cohen (dz) (Cohen, 1988) y el alfa de Cronbach (α). El análisis cualitativo combinó inducción y deducción para construir un marco analítico por contenido a partir de la lectura interpretativa de productos y respuestas. Las situaciones de aprendizaje se examinaron mediante una matriz para identificar patrones transversales en las categorías solicitadas. Ambos análisis se integraron de forma convergente para dar coherencia a las conclusiones.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

La tasa de retención entre pretest y postest fue del 64,5 %, ya que participaron 110 en el pretest y 71 en el postest. La relevancia de la intervención se evaluó mediante la magnitud del efecto por dimensiones (Tabla 2): se observó un efecto moderado en las dimensiones 1 y 2, y pequeño-moderado en la dimensión 3, evidenciando una evolución positiva tras la intervención. Esto se traduce en mejoras en la competencia percibida en IA, en la percepción de su uso educativo y en una mayor conciencia de la interdependencia entre tecnología, bienestar humano y entorno natural.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos pretest y postest por dimensiones

Dimensión	Momento	N	M	DT	dz
Competencia percibida en IA	Pretest	110	3,82	0,64	0,59
	Postest	71	4,18	0,56	
Uso educativo de la IA	Pretest	110	3,48	0,71	0,59
	Postest	71	3,89	0,68	
Conciencia ambiental	Pretest	110	3,47	0,69	0,36
	Postest	71	3,72	0,71	

Nota: M: media; DT: desviación típica; dz: d de Cohen. Elaboración propia.

El análisis del cuestionario mostró un aumento de la media (de 3,59 a 3,93) y un tamaño del efecto

moderado (dz = 0,51), evidenciando mejoras especialmente en competencias y uso educativo de la IA, con impacto menor pero positivo en la conciencia ambiental. La consistencia interna también mejoró (α = 0,74 a 0,90), respaldando la fiabilidad de los cambios.

Se diseñaron 22 Situaciones de Aprendizaje centradas en temas ambientales (ciclo del agua, hipótesis de Gaia, biodiversidad, recursos, reciclaje y cambio climático), dirigidas a primaria (2.º a 6.º). Se emplearon herramientas de IA como MegaProfe (50 %), Magic School AI (36,36 %), IGNITE Copilot (9,09 %) y Teachy (4,54 %), seleccionadas por su utilidad pedagógica y facilidad de uso.

Las SA destacaron competencias digitales, sociales, científicas, ciudadanas, lingüísticas y STEM, mediante metodologías activas (aprendizaje basado en juegos, proyectos, cooperación, descubrimiento, trabajo de campo y método científico), uso de recursos interactivos, simulaciones (maquetas, miniecosistemas), conexión con los ODS e inclusión educativa.

Los participantes desarrollaron una visión más crítica y reflexiva sobre la IA, percibiéndola como apoyo al diseño didáctico (planificación, actividades, adaptación de objetivos), reconociendo sus limitaciones y la necesidad de mantener el control humano, la ética y la responsabilidad social. Asimismo, la adaptación de contenidos generados por IA favoreció habilidades como la reflexión crítica, la metacognición y la toma de decisiones, consolidando su papel como apoyo al criterio docente sin sustituir el juicio profesional.

DISCUSIONES

El estudio analizó el impacto de la intervención AI4Gaia, que integró competencias técnicas, éticas, pedagógicas y conciencia ambiental en la formación docente inicial. Los resultados muestran que la formación en IA es viable y necesaria dentro de un enfoque educativo holístico que incorpore responsabilidad social y ambiental.

Respecto a la alfabetización en IA (H1), se evidenció que puede trascender el uso instrumental y orientarse a competencias profesionales, en línea con Sperling et al. (2024), quienes la consideran un constructo multidimensional con dimensiones éticas y pedagógicas. Además, contribuye a reducir la brecha señalada por Usart Rodríguez et al. (2025), donde la competencia digital percibida no asegura una preparación ética ni pedagógica adecuada.

En cuanto al criterio pedagógico y el paradigma teacher-in-the-loop (H2), aumentó la confianza para integrar la IA en planificación y evaluación. Los participantes la percibieron como apoyo generativo que reduce la carga burocrática y hasta un 40.00% del tiempo de planificación, reforzando el papel del docente como garante del proceso educativo, en concordancia con la UNESCO (2023).

Sobre la conciencia ambiental, la incorporación de la hipótesis de Gaia y la biofilia favoreció una reflexión ética y mayor comprensión de la relación tecnología–naturaleza. La IA actuó como mediador epistémico en tareas como mapeo de biodiversidad y simulaciones climáticas, alineándose con la LOMLOE y la propuesta de "reconciliación con Gaia" (Comesaña Santalices, 2010).

En el codiseño de Situaciones de Aprendizaje, se observaron mejoras en motivación y pensamiento crítico, coherentes con Fernández Piqueras et al. (2025), quienes reportan incrementos en motivación (+9.09%), auto-creatividad (+6.77%) y pensamiento crítico (+5.90%). Los participantes también desarrollaron una visión crítica sobre las limitaciones de la IA.

Finalmente, aunque los resultados cuantitativos y cualitativos fueron coherentes, el estudio presenta limitaciones por el diseño de un solo grupo y la pérdida muestral. Siguiendo a Biagini (2025) y Shen & Cui (2024), futuras investigaciones deberían incluir estudios longitudinales y evaluar la transferencia a contextos reales. En conjunto, se refuerza la necesidad de integrar la formación en IA como eje transversal, responsable y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Biagini, G. (2025). Towards an AI-Literate Future: A Systematic Literature Review Exploring Education, Ethics, and Applications. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 35. 2616-2666 https://doi.org/10.1007/s40593-025-00466-w

Campbell, D., & Stanley, J. (1995). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Amorrortu editores.

Chiu, T. K. F., Ahmad, Z., & Çoban, M. (2025). Development and validation of teacher artificial intelligence (AI) competence self-efficacy (TAICS) scale. *Education and Information Technologies*, *30*(5), 6667-6685. https://doi.org/10.1007/s10639-024-13094-z

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. (Second Edition) Lawrence Erlbaum Associates.

Comesaña Santalices, G., (2010). Reconciliarse con Gaia en un mundo dominado por la razón tecnológica. *Utopía y Praxis Latinoamericana , 15* (51), 127-140.

Fernández Piqueras, R., Padilla Bautista, J. A., y Alonso Larza, M. P. (2025). *Inteligencia Artificial Generativa en la formación docente: prácticas para aprender, crear y reflexionar.* [Ponencia]. Innted

Goodwin, T. (2017). *Hipótesis de Gaia (teoría).* [Archivo de vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=yvqMamiu2b4

Kensington TV. (2009). *James Lovelock explica la hipótesis de Gaia en El Equilibrio Sagrado (TV).* [Archivo de vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=44yiTg7cOVI

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, Legislation No. Ley Orgánica 3/2020, BOE-A-2020-17264 122868 (2020). https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3

Lovelock, J. (1972). Gaia as seen through the atmosphere. *Atmospheric Environment*, 6(8), 579-580. https://doi.org/10.1016/0004-6981(72)90076-5

Mayer, F. & Frantz, C. (2004). The Connectedness to Nature Scale: A measure of individuals' feeling in community with nature. Journal of Environmental Psychology, 24(4), 503–515. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.10.001

Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2016). *Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos). Diario Oficial de la Unión Europea, L 119*, 1–88. https://gdpr-text.com/es/

Shen, Y & Cui, W. (2024). Perceived support and AI literacy: the mediating role of psychological needs satisfaction. *Frontiers in Psychology*. 15:1415248. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1415248

Sperling, K., Stenberg, C.-J., McGrath, C., Åkerfeldt, A., Heintz, F., & Stenliden, L. (2024). In search of artificial intelligence (AI) literacy in teacher education: A scoping review. *Computers and Education Open*, *6*, 100169. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100169

UNESCO. (2023). *ChatGPT and Artificial Intelligence in higher education*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146

Usart Rodríguez, M., Verdú- Pina, M., Armengol, J. V., Grimalt -Álvaro, C., Usart Rodríguez, M., Verdú-Pina, M., Armengol, J. V., & Grimalt -Álvaro, C. (2025). La competencia digital de los docentes como predictora del uso de la tecnología en las aulas españolas. *Zona Próxima*, (43), 5-36. https://doi.org/10.14482/zp.43.854.521

Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press

Educación STEM con visión disciplinar en la formación inicial del profesorado de secundaria

Cristina Simarro[1], Caterina Solé Martín[2], Èlia Tena Gallego[3], Susana Vásquez Elias[2], Antonio Hernández-Fernández[1]

[1] Institut de Ciències de l'Educació, Universitat Politècnica de Catalunya, BarcelonaTech, España

[2] Departament de Didàctiques Específiques. Universitat de Girona, España

[3] Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona. España

*Correspondencia: cristina.simarro@upc.edu

RESUMEN: Este trabajo aborda la educación STEM integrada en la formación inicial del profesorado de secundaria, con el objetivo de diseñar un marco didáctico operativo que oriente la elaboración de materiales de aprendizaje interdisciplinares. Para ello, se llevaron a cabo grupos focales con docentes e investigadores de las distintas disciplinas STEM, cuyas visiones fueron analizadas mediante un enfoque de análisis temático. Los resultados preliminares evidencian la existencia de ciertos consensos entre disciplinas que pueden sustentar el marco en construcción, así como la identificación de elementos clave para su operativización en contextos reales de aula. Asimismo, se detectan barreras relacionadas con una limitada fundamentación teórica para implementar enfoques integrados. En este sentido, se concluye que el marco propuesto puede contribuir al desarrollo de una identidad profesional STEM complementaria a la disciplinar, favoreciendo prácticas educativas más coherentes y orientadas a una educación STEM de calidad.

PALABRAS CLAVE: educación STEM; formación profesorado; identidad profesional docente

ABSTRACT: This study addresses integrated STEM education in initial secondary teacher training, aiming to design an operational didactic framework to guide the development of interdisciplinary learning materials. Focus groups were conducted with teachers and researchers from different STEM disciplines, and their perspectives were examined through thematic analysis. Preliminary findings reveal areas of consensus across disciplines that can support the framework under development, as well as key elements for its practical implementation in real classroom contexts. The study also identifies barriers related to a limited theoretical grounding for implementing integrated approaches. In this regard, the proposed framework may contribute to the development of a STEM professional identity that complements disciplinary identities, fostering more coherent educational practices and supporting the implementation of high-quality STEM education.

KEYWORDS: STEM education; teacher training; professional teaching identity

INTRODUCCIÓN

La controversia sobre cómo debe plantearse la educación STEM y lograr una integración equilibrada entre disciplinas supone un reto para la comunidad educativa (Couso, 2017; Martín-Páez et al., 2019). No obstante, este enfoque se ha consolidado como marco educativo a nivel nacional e internacional. En España, se reconoce en el currículo de secundaria (RD 217/2022) donde la competencia en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas se define como clave, aunque su desarrollo integrado se ve limitado por la organización tradicional de las disciplinas de forma independiente.

La transición hacia una educación STEM integrada requiere que el profesorado desarrolle competencias para diseñar proyectos interdisciplinarios sin perder calidad disciplinar, lo que hace imprescindible una formación específica. En este marco, el presente trabajo presenta resultados preliminares sobre el diseño de materiales de aprendizaje para el Máster de Formación del Profesorado de Secundaria (MUFPS), así como la construcción de un marco didáctico común basado en la reflexión entre disciplinas y su conexión con la realidad educativa.

MARCO TEÓRICO

Educación STEM desde las disciplinas: ¿qué dice la literatura?

La falta de una definición clara de la educación STEM integrada genera visiones diversas y enfoques desiguales entre disciplinas. Esto provoca críticas a modelos que priorizan unas áreas sobre otras, comprometiendo su equilibrio e integridad epistemológica. (Honey et al., 2014). Desde una perspectiva científica, la educación STEM integrada ha cobrado creciente relevancia por sus beneficios en la alfabetización científica y el empoderamiento (Ortiz-Revilla et al., 2020). En este marco, se reconoce su potencial para profundizar en el aprendizaje de las ciencias al situarlas en contextos de aplicación práctica mediante el diseño en tecnología e ingeniería (Sanders, 2012). Sin embargo, no existe consenso sobre la relación entre estas disciplinas. La relación entre tecnología e ingeniería en el marco de la educación STEM sigue sin resolverse (McComas & Burgin, 2020; Portillo-Blanco et al., 2025), y su relación con las ciencias se basa a menudo en actividades de construcción de estilo "receta" que priorizan el conocimiento de contenidos científicos. lo que puede derivar en enfoques que utilizan el diseño en ingeniería de forma limitada, priorizando contenidos científicos y alejándose de la naturaleza propia de la ingeniería (Cunningham & Kelly, 2017). Asimismo, aunque las matemáticas se consideran fundamentales en el enfoque STEM, suelen estar infrarrepresentadas o relegadas a un papel instrumental, con el riesgo de perder profundidad disciplinar en contextos interdisciplinarios (Maass et al., 2019; Williams et al., 2016).

La realidad del profesorado STEM: falta de un marco didáctico operativo y de una identidad profesional STEM

La falta de un marco consolidado para la educación STEM influye en el desarrollo de la identidad profesional docente, favoreciendo que el profesorado se identifique principalmente con su disciplina y no como docente STEM, lo que genera procesos de transición identitaria a menudo inestables (El Nagdi et al., 2018). Esta situación se ve agravada por la escasa atención a la formación docente para enfoques integrados, pese a su importancia, y por barreras como la falta de preparación específica y apoyo institucional, lo que dificulta la integración disciplinar y se asocia a actitudes menos favorables hacia STEM (Huang et al., 2024).

Frente a este contexto, y con el objetivo final de diseñar una propuesta educativa común para las distintas especialidades STEM del MUFPS, el presente trabajo busca dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál puede ser un marco didáctico STEM operativo que, desde una perspectiva epistemológica respetuosa con la identidad de cada disciplina, permita diseñar propuestas de formación inicial para el profesorado de ciencias, matemáticas y tecnología de secundaria?

METODOLOGÍA

Contexto

El presente trabajo se enmarca en un proyecto bienal orientado a mejorar la formación inicial del profesorado de secundaria en los ámbitos STEM, con el fin de capacitarlo para desarrollar una educación integrada, coherente y de calidad desde cada disciplina. El proyecto cuenta con un consorcio formado por investigadores e investigadoras de cuatro universidades públicas que imparten el MUFPS para las especialidades de ciencias, matemáticas y/o tecnología, así como por profesorado de secundaria de disciplinas STEM en activo. La planificación del proyecto se basa en la aproximación de la investigación basada en el diseño (DBR, por sus siglas en inglés) (DBR, 2003), con el objetivo de diseñar y validar materiales STEM para la formación inicial docente y aportar avances teóricos en su diseño.

En este contexto, el proyecto aborda, en su fase inicial, la definición de un marco didáctico común que, respetando la identidad epistemológica de cada disciplina, favorezca la construcción de una identidad docente STEM interdisciplinaria y una implementación sólida de este enfoque. Dicho marco se fundamenta en una perspectiva teórico-empírica basada en las necesidades del profesorado de secundaria y en la aportación de expertos responsables del MUFPS.

Recogida y análisis de datos

Bajo un enfoque cualitativo, la recogida de datos para la elaboración del marco didáctico se realizó mediante distintos grupos focales, diferenciados principalmente por los objetivos perseguidos, pero también por sus componentes.

Grupos focales de detección de necesidades

Se llevaron a cabo dos sesiones paralelas con profesorado de secundaria en activo y personal investigador en didáctica. La composición de los grupos fue equilibrada en cuanto a perfil profesional, disciplina de especialidad y experiencia previa en proyectos STEM. Cada sesión fue dinamizada por un investigador o una investigadora en didáctica mediante un guion semiestructurado. El protocolo abordó cuatro ejes clave: conceptualización de la educación STEM, concreción en los centros, dificultades de implementación y facilitadores para una integración efectiva. Los grupos focales, de una hora de duración, fueron registrados en audio y vídeo. Además, se contó con un segundo investigador en cada sesión para la toma de notas de campo, garantizando así la triangulación de los registros.

Grupos focales de visiones disciplinares

Para recoger las visiones disciplinares sobre la educación STEM integrada, se realizaron tres grupos focales con personal investigador en didáctica (ciencias, matemáticas y tecnología), formados por entre 3 y 6 participantes. En los casos de ciencias y matemáticas, la diversidad de tradiciones de investigación aportó una perspectiva complementaria dentro de cada disciplina.

En cada grupo focal se abordaron tres aspectos comunes desde cada disciplina: la conceptualización de la educación STEM, la visión disciplinar sobre sus aportaciones y límites en procesos de integración, y la identificación de ejemplos relevantes (iniciativas, marcos teóricos o estándares). Además, se solicitó a cada grupo la elaboración de un esquema visual de síntesis. Las aportaciones se recogieron en documentos escritos y, en dos casos, también mediante registro en vídeo de las discusiones.

Siguiendo un enfoque interpretativo, los datos se analizaron con Atlas.Ti mediante un análisis temático inductivo. Para asegurar la credibilidad de los resultados, se realizó una triangulación de investigadores: tres miembros del equipo analizaron los datos de forma independiente antes de consensuar los temas finales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados preliminares permiten identificar, por un lado, las visiones del profesorado STEM sobre qué es la educación integrada en secundaria, los modelos de implementación y las barreras y facilitadores asociados. Por otro, las visiones disciplinares revelan elementos de consenso entre disciplinas que pueden orientar la construcción de un marco didáctico operativo riguroso para cada área. La Tabla 1 presenta una versión preliminar de estos resultados, vinculando los elementos del marco con las perspectivas del profesorado en activo.

En primer lugar, encontramos un punto de consenso entre las distintas visiones del profesorado y los acuerdos entre las visiones disciplinares conceptualizando la educación STEM como el planteamiento de retos y problemas para ser resueltos desde las disciplinas. A diferencia de las otras visiones del profesorado sobre qué es la educación STEM, solo este enfoque parece, por un lado, garantizar el equilibrio entre disciplinas y, por el otro, no cae en la equiparación de educación STEM como metodología. Así, la definición de STEM que se propondría en el marco conceptual en desarrollo, por tanto, es una conceptualización que podría acomodarse a las visiones existentes del profesorado, pues ya se recoge dentro de las mismas.

Por otro lado, la fundamentación de los motivos que pueden justificar una educación STEM como la que se plantea en el marco en desarrollo ayudaría a promover entre el profesorado una motivación que, según parece, resulta en parte inexistente a día de hoy, con las respectivas consecuencias.

En tercer lugar, muchas de las dificultades identificadas entre el profesorado están relacionadas con el cómo plantear una educación STEM. Más allá de aspectos organizativos (que se escapan de lo que se podría abordar desde una formación de profesorado, como los cambios horarios en los centros), la

concreción derivada del consenso entre disciplinas sobre cómo llevar a cabo una educación STEM parece dar respuesta a algunas de estas cuestiones. Por un lado, el buscar garantizar que se desarrolla un aprendizaje disciplinar, con espacios propios para que así sea, y no sólo la utilización de una disciplina como recurso ayudarían a disipar las reticencias en cuanto a qué aprendizajes surgen de una educación STEM. En base al marco en construcción, que busca una educación con sentido, sólo aquellas propuestas que persiguen un aprendizaje profundo de las distintas disciplinas (desarrollo) serían aceptadas como propuestas STEM. Por otro lado, la distinción entre una visión de la educación STEM integrada a nivel de actividad, en la que difícilmente se pueden integrar más de dos disciplinas al mismo tiempo, y una a nivel global de asignatura, permitiría solventar la tensión atestiguada por el profesorado en cuanto a la incapacidad de integrar siempre todas las disciplinas con calidad. Finalmente, la identificación de contextos de calidad que promuevan de forma genuina el desarrollo de las propuestas STEM integradas coincide con las demandas del profesorado.

Tabla 1. Acuerdos desde las didácticas STEM y su relación con las visiones del profesorado

		Acuerdos visiones disciplinares *(*) el consenso no se da entre las 3 disciplinas*	Visiones profesorado STEM en activo
Caracterización educación STEM	¿Qué?	Educación que integra con sentido (*ver cómo*) 2 o más disciplinas STEM para resolver problemas No es una metadisciplina ni una fusión de disciplinas Ámbito de conocimiento (vocaciones, resultados académicos,) *(*)*	4 visiones STEM: 1. STEM como ampliación de T 2. STEM como ciencia aplicada 3. STEM como planteamiento de un reto/problema 4. STEM como metodología
	¿Por qué?	Interpretar mejor el mundo y ser capaz de responder a preguntas complejas o retos del mundo real Alfabetización STEM = identificar la perspectiva disciplinar idónea en cada situación Evitar redundancias y contradicciones (argumento práctico curricular) *(*)* La integración permite ir más allá en la propia disciplina *(*)*	Falta de motivación por no percibir la utilidad de una educación STEM integrada.
	¿Cómo?	Manteniendo siempre la especificidad disciplinar: espacios propios de construcción de conocimiento y grado de integración (intervención vs desarrollo) No siempre están todas las disciplinas, pero, en su globalidad, se tendrían que acabar incorporando todas (actividades vs asignatura) El contexto/reto marca qué disciplinas se trabajan en cada caso	Dificultades para incluir en profundidad contenidos de matemáticas cuando no es su especialidad Dificultades para garantizar que se tratan todas las disciplinas por igual (actividades vs. asignatura) Necesidad de encontrar buenos contextos/retos

Elementos clave educación STEM	Desarrollo de las disciplinas (deseado) vs Intervención de las disciplinas (no central)	Dudas sobre qué aprendizajes surgen de una educación STEM
	Conceptos frontera o paradigmáticos (p.ej: materiales (T y C (Q)); aceleración/derivada (C y M); proporcionalidad/escala (M y T),…)	Coordinación entre disciplinas para identificar contextos + Necesidad de buenos ejemplos de contextos, retos y proyectos
	Conceptos transversales (causa-efecto, patrones, vinculación con la realidad, uso de datos, …)	
	Modelización de la realidad como eje de todas las disciplinas STEM	Identidad STEM vs Identidad disciplinar

Los elementos clave, estrechamente ligados con la caracterización de la educación STEM, en especial en cuanto a cómo llevarla a cabo, pueden resultas palancas útiles para concretar todo ello. Más allá de la centralidad del desarrollo de conocimiento disciplinar como prioridad frente a solo su uso, la identificación previa, desde la didáctica, de elementos o contextos paradigmáticos (o frontera), que permiten ser abordados desde distintas disciplinas STEM pero con sentido, pueden facilitar la coordinación entre disciplinas. En último término, la definición de aquellos aspectos que se pueden considerar comunes entre todas las disciplinas STEM puede contribuir a la construcción de una identidad STEM del profesorado, siendo esta complementaria a su propia identidad disciplinar. La exploración de la modelización de la realidad, entre otros aspectos (inspirados en marcos como los *cross-cutting concepts* (NRC, 2012), como elemento cohesionador STEM puede dar pistas sobre aquellos rasgos característicos de la educación STEM que pueden contribuir a la construcción de una identidad STEM del profesorado más allá de la propia identidad disciplinar.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares de este estudio evidencian, en primer lugar, una diversidad de visiones sobre la educación STEM tanto entre el profesorado de secundaria como entre los expertos en las didácticas de cada disciplina. Sin embargo, el diálogo directo entre las didácticas específicas ha permitido alcanzar ciertos consensos que pueden contribuir a establecer el marco didáctico operativo que se persigue en el proyecto. Esta alineación y su futura concreción es clave, ya que muchas de las dificultades percibidas por el profesorado en activo, que coinciden plenamente con las limitaciones señaladas por la literatura, no son obstáculos intrínsecos a la práctica, sino que nacen de una falta de fundamentación y consenso didáctico previo.

Al proponer la construcción de un marco didáctico operativo, muchas de las tensiones detectadas podrían mitigarse. Por ejemplo, al establecer una caracterización clara sobre qué debería ser una educación STEM integrada y cómo debería llevarse a cabo (por ejemplo, priorizando el aprendizaje profundo de cada materia y no solo su utilidad o diferenciando la integración necesaria en una actividad puntual frente a la de una asignatura global) se disipan las dudas sobre la pérdida de calidad disciplinar o la imposibilidad de tratar todas las áreas por igual.

En última instancia, el desarrollo de este marco busca proporcionar una base sólida, fundamentada en la didáctica, que permita una integración con sentido desde las disciplinas, facilitando la coordinación mediante contextos paradigmáticos o frontera y la construcción de una identidad STEM compartida basada en elementos transversales consensuados. El resultado final esperado es ofrecer al profesorado de secundaria en formación inicial, pero también al que está en activo, los fundamentos necesarios para que la educación STEM integrada deje de percibirse como una carga confusa y se convierta en una herramienta operativa y eficaz para el aula.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto 2024 ARMIF 00012, financiado por la Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR) de la Generalitat de Catalunya, y con el apoyo del grupo de investigación SGR EduSTEAM (ref. 2021 SGR 01412) de la Generalitat de Catalunya. Esta comunicación forma parte de la ayuda JDC2024-053065-I, financiada por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por el FSE+.

REFERENCIAS

Couso, D. (2017). ¿Por qué estamos en STEM? Un intento de definir la alfabetización STEM para todo el mundo y con valores. *Revista Ciències. Revista Del Professorat de Ciències d'Infantil, Primària i Secundària*, *34*, 22–28.

Cunningham, C. M., & Kelly, G. Y. J. (2017). Epistemic Practices of Engineering for Education. *Science Education*, *101*(3), 486–505. https://doi.org/10.1002/sce.21271

DBR. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, *32*(1), 5–8.

El Nagdi, M., Leammukda, F., & Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International Journal of STEM Education*, *5*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-018-0136-1

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K-12 Education* (Committee on Integrated STEM Education; National Academy of Engineering; National Research Council, Ed.). The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18612

Huang, X., Erduran, S., Luo, K., Zhang, P., & Zheng, M. (2024). Investigating in-service teachers' STEM literacy: the role of subject background and gender. *Research in Science and Technological Education*, *42*(3), 867–887. https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2153243

Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM - Mathematics Education*, *51*(6), 869–884. https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, *103*(4). https://doi.org/10.1002/sce.21522

McComas, W. F., & Burgin, S. R. (2020). A Critique of "STEM" Education: Revolution-in-the-Making, Passing Fad, or Instructional Imperative? *Science and Education*, *29*(4), 805–829. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00138-2

Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., & Greca, I. M. (2020). A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. *Science and Education*, *29*(4), 857–880. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9

Portillo-Blanco, A., Guisasola, J., & Zuza, K. (2025). Integrated STEM education: addressing theoretical ambiguities and practical applications. In *Frontiers in Education* (Vol. 10). Frontiers Media SA. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1568885

Sanders, Mark. E. (2012). Integrative STEM education as "best practice." In H. Middleton (Ed.), *Explorations of Best Practice in Technology, Design, & Engineering Education* (Vol. 2, pp. 103–117). Griffith Institute for Educational Research.

Williams, J., Roth, W.-M., Swanson, D., Doig, B., Groves, S., Omuvwie, M., Ferri, R. B., & Mousoulides, N. (2016). *Interdisciplinary Mathematics Education A State of the Art*. http://www.springer.com/series/14352

¿Qué acciones docentes clave identifican las maestras en formación para diseñar e implementar un taller de experimentación?

Caterina Solé[1], Èlia Tena[2] y Digna Couso[2]

[1] Departament de Didàctiques Específiques, Universitat de Girona, España

[2] Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona, España

* Correspondencia: Caterina.sole@udg.edu

RESUMEN: Este estudio analiza los aspectos y estrategias que identifican como mejorables las futuras maestras de infantil y primaria al involucrarse en el diseño e implementación de situaciones de enseñanza y aprendizaje (SEA) de indagación basada en la modelización (MBI). En el marco del creciente interés por caracterizar acciones docentes clave en la enseñanza de las ciencias, y reconociendo la importancia de la práctica reflexiva en la formación inicial, esta investigación combina ambos enfoques para explorar cómo las futuras docentes construyen criterio didáctico. El estudio se desarrolla en dos asignaturas universitarias centradas en la experimentación científica bajo el enfoque MBI. Se recogieron las reflexiones escritas de 26 maestras en formación que se han analizado mediante metodología cualitativa inductiva. Los resultados destacan tres aspectos que las maestras identifican que deben mejorar: la formulación de buenas preguntas sobre fenómenos científicos, la gestión equilibrada de la intervención docente y la selección de fenómenos relevantes. Asimismo, se identifican estrategias de mejora, como la preparación intencionada del diálogo. Esto muestra que las futuras docentes son capaces de reconocer prácticas esenciales para la enseñanza de las ciencias basada en prácticas científicas y proponen estrategias coherentes para desarrollarlas.

PALABRAS CLAVE: acciones docentes clave; indagación basada en la modelización; formación inicial; educación primaria; educación infantil

ABSTRACT: This study analyzes the aspects and strategies that future early childhood and primary school teachers identify as needing improvement when engaging in the design and implementation of inquiry-based modelling (MBI) teaching and learning situations (TLS). Within the growing interest in characterizing key teaching actions in science education, and recognizing the importance of reflective practice in initial teacher education, this research combines both approaches to explore how future teachers develop instructional judgment. The study takes place in two university courses focused on scientific experimentation under the MBI approach. Written reflections were collected from 26 preservice teachers and analyzed using an inductive qualitative methodology. The results highlight three aspects that the teachers identify as requiring improvement: formulating good questions about scientific phenomena, managing a balanced level of teacher intervention, and selecting relevant phenomena. Additionally, improvement strategies such as the intentional preparation of dialogue were identified. This shows that preservice teachers can recognize essential practices for science teaching based on scientific practices and propose coherent strategies to develop them.

KEYWORDS: core teaching practices; model-based inquiry; teacher training; primary education; kindergarten education

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

Con el objetivo de acercar la teoría y la práctica, en los últimos años ha habido un auge de investigaciones que intentan sistematizar cuales son las rutinas, estrategias y acciones que realizan los docentes para favorecer la enseñanza y el aprendizaje (Grossman, 2018) en el aula y, especialmente para nuestra área, la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Windschilt et al., 2022).

A pesar de que estas rutinas, estrategias y acciones puedan tener componentes transversales del "buen hacer" de cualquier aula, por ejemplo, promover la participación de todo el alumnado sin distinciones, en el aula de ciencias estas deberían tener en cuenta los marcos teóricos de referencia y aquellos grandes consensos para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (McDonald, 2013). Así, bajo nuestra perspectiva, las acciones docentes clave -siguiendo la traducción de las Teaching Core Practices propuesta por Delgado et al. (2025)- se deberán enfocar en al diseño e implementación de SEAs que incorporen las prácticas científicas y, concretamente, en la modelización y la indagación (Osborne, 2014).

Estas acciones no se conciben como una lista que todo docente deberá hacer, sino que buscan ayudar a los docentes en formación a adquirir criterio didáctico para identificar en cada momento qué acción es la más adecuada para conseguir su objetivo didáctico (Windschilt et al., 2022). Así, estas acciones docentes clave se podrán identificar (nombrar, describir, …) y se podrán enseñar y aprender (Rivero y Solís, 2025), dando la posibilidad de diseñar estrategias para que los docentes en formación desarrollen este criterio didáctico.

Definir cuáles son estas acciones docentes claves es una tarea compleja y que, como comentábamos anteriormente, dependerá del enfoque de enseñanza y aprendizaje. En nuestro contexto, Rivero y Jiménez-Liso (2021) hicieron una primera propuesta de estas acciones diferenciando acciones relacionadas con el diseño, con la implementación y con la evaluación. Por ejemplo, para las acciones relacionadas con el diseño definieron 5 acciones: orientar la enseñanza hacia un objetivo de instrucción, seleccionar contextos/fenómenos relevantes, generar la necesidad de que busquen explicaciones, diseñar actividades y diseñar actividades individuales y situaciones de aprendizaje completas. En trabajos posteriores, Delgado-Mayoral et al. (2025) definieron acciones docentes clave en relación con la implementación de propuestas y, en concreto, bajo un enfoque de indagación basada en la modelización (MBI de ahora en adelante) (Windschitl, 2008), para las fases de expresión de ideas del alumnado y la búsqueda de pruebas. Por ejemplo, para la expresión de ideas definieron 3 acciones: fomentar la construcción de explicaciones científicas iniciales en los estudiantes, organizar de forma compartida las ideas de todos los estudiantes o construir una comunidad de aula.

Otro de los aspectos que se han considerado esenciales para la formación inicial docente es el desarrollo de la práctica reflexiva (Copello y Sanmartí, 2001; Vázquez, Jiménez y Mellado, 2007) o la idea del profesional reflexivo de Schön (1983). Bajo esta perspectiva en la formación inicial será necesario involucrar a los futuros docentes en un proceso de reflexión sobre la propia práctica de diseño, implementación y evaluación que les permita acercarse al conocimiento consensuado en didáctica de las ciencias (Lupión y Blanco, 2016).

Combinando ambas perspectivas, el objetivo de este trabajo es investigar qué aspectos destacan docentes en formación inicial de infantil y primaria que deben mejorar al tener que diseñar e implementar una situación de enseñanza y aprendizaje (SEA) bajo el enfoque de la indagación basada en la modelización y qué estrategias de mejora declaran que usaran. Así, las preguntas de investigación son las siguientes:

- ¿Cuáles son los aspectos que identifican las maestras en formación inicial como mejorables en relación con el diseño y la implementación de SEAs bajo el enfoque MBI en el aula de primaria?
- ¿Qué estrategias proponen las maestras en formación inicial para mejorar estos aspectos en relación con el diseño y la implementación de SEAs bajo el enfoque MBI en el aula de primaria?

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se está llevando a cabo de forma paralela en dos asignaturas diferentes de dos universidades de Cataluña que tienen por objetivo trabajar la experimentación científica en el aula de infantil y primaria bajo una perspectiva MBI. En ambas asignaturas el alumnado, después de diversas sesiones involucrándose en experiencias de MBI sobre diferentes temáticas (movimiento, seres vivos, materia, etc.), debe diseñar y llevar a cabo en grupo una actividad análoga a la vivida.

En este contexto, antes de empezar a diseñar la actividad, se pidió a las maestras en formación que

pensaran en qué aspectos relacionados con la MBI en el aula creían que deberían mejorar y qué estrategias pensaban llevar a cabo para su mejora durante la etapa de diseño y la etapa de implementación. Con el fin de fomentar la riqueza de estos aspectos de mejora, se ofreció a las alumnas un listado no exhaustivo con algunas propuestas relacionadas con las acciones claves docente relacionadas con la MBI, por ejemplo, promover que el alumnado plantee sus predicciones o diseñar y promover estructuras discursivas para ayudar al alumnado en participar de las formas de hacer de la ciencia. Sin embargo, eran las futuras maestras las que seleccionaba qué aspecto en concreto querían mejorar y, en caso de considerarse, incluyeran nuevas acciones clave al listado. Para esta comunicación se usarán los datos relativos a las reflexiones de 26 docentes en formación que se ampliará para la comunicación oral del congreso.

Para el análisis de los datos se ha usado una metodología cualitativa e interpretativa basándonos en un proceso inductivo estableciendo las categorías a partir de los datos analizados y mediante el software de análisis Atlas.ti.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con los aspectos de mejora que declaran los docentes en formación, se observa una diversidad de propuestas de mejora (11 aspectos). Entre los que destacan tres propuestas que se pueden observar en la Figura 1.

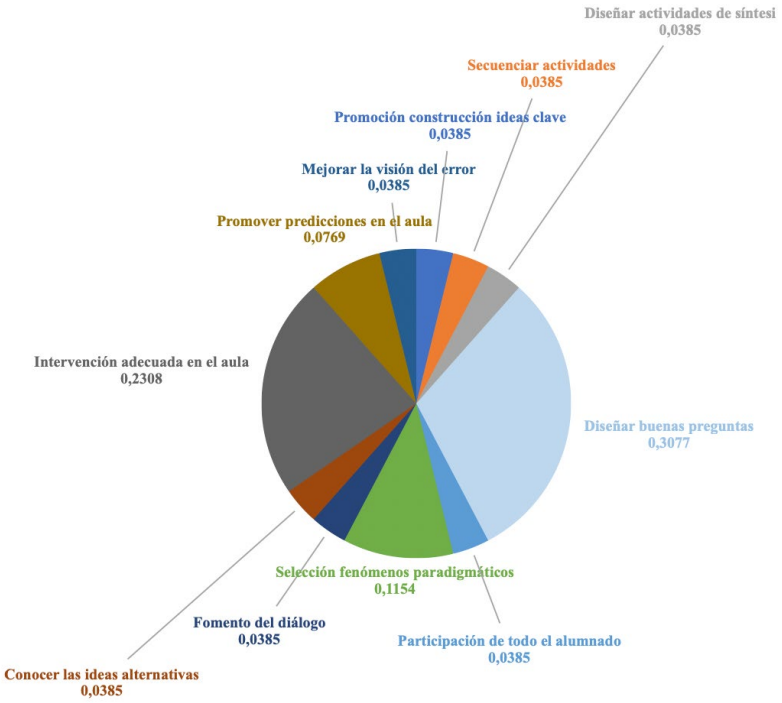


Figura 1. Representación de los aspectos de mejora que declaran las docentes en formación inicial para el diseño e implementación de una SEA basada en la MBI.

En primer lugar, el 31% de las docentes consideran que la práctica que deben mejorar es el diseño e implementación de buenas preguntas relacionadas con fenómenos de la ciencia que promuevan que todo el alumnado pueda participar usando sus experiencias sociales, culturales y escolares, aspecto que se proponía en el listado sugerido:

> *"Identificar momentos clave para intervenir de manera intencionada formulando preguntas abiertas que les ayuden a cuestionar sus ideas, construir nuevas hipótesis y elaborar significados propios" (PRE_U1A13)*

En segundo lugar, el 23% de las docentes hacen referencia a una intervención adecuada dejando espacio para que el alumnado piense y articule sus propias ideas y también interviniendo en el momento justo, por ejemplo:

"*como maestra creo que lo que puedo mejorar es encontrar el equilibrio entre dejar experimentar e intervenir para hacer buenas preguntas" (PRE_U1A3).*

Otro aspecto en el que coincide más de una docente en formación, el 12%, es en escoger buenos fenómenos o fenómenos paradigmáticos para aprender ciencia, por ejemplo,

> *"ser capaz de detectar y aprovechar situaciones cotidianas que se dan en el día a día con el alumnado para extraer aspectos científicos que puedan ser trabajados de manera significativa*" (PRE_U1A10).

A partir de estos aspectos de mejora, las docentes en formación debían proponer estrategias relacionadas con el diseño y con la implementación de las SEAs. En relación con estos aspectos, los resultados muestran diferentes niveles de concreción. En algunos casos las estrategias están más alineados con acciones docentes claves, en cambios, en otros casos las estrategias estaban al nivel de microacciones docentes o incluso posibles estrategias para lograr la microacción docente (Delgado et al., 2025).

En relación con las estrategias relacionadas con el diseño de la SEA, independientemente del nivel de concreción, se observan tres dimensiones: (1) aspectos relacionados con el diseño general de la SEA, (2) aspectos relacionados con la búsqueda de un equilibrio entre promover la autonomía del alumnado y guiar la propuesta y (3) aspectos relacionados con estrategias concretas para el desarrollo de la SEA, representados en la Figura 2.

El aspecto que más destaca es que en el 65% de las reflexiones, las docentes en formación destacan como estrategia la preparación previa del diálogo con el alumnado y la preparación de preguntas para que el alumnado evalúe y revise sus ideas, siguiendo el marco MBI. Por ejemplo,

> "*yo me he encargado de preparar una pequeña lista de preguntas abiertas, pero no para dirigir, sino como recurso para promover y acompañar el pensamiento científico de los grupos durante su exploración cuando sea necesario*" (PRE_U1A9).

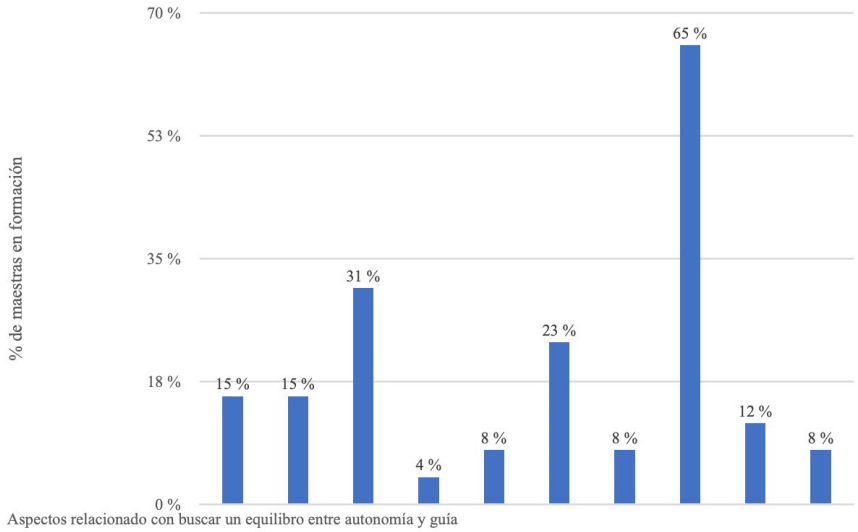


Figura 2. Estrategias que declaran las docentes en formación que usaran para la mejora del diseño de SEAs basada en la MBI.

En relación con las estrategias relacionadas con la implementación de la SEA, las docentes en formación proponen una batería de estrategias como escuchar y observar las intervenciones del alumnado (38%), fomentar que todo el mundo exprese sus ideas (35%), no dar soluciones directas sino promover el pensamiento del alumnado (27%), improvisar nuevas preguntas a partir de las ideas del alumnado (27%), conectar con los conocimientos previos del alumnado (23%), favorecer un buen clima de aula (19%) y respetar el ritmo de todo el alumnado (19%), entre otras.

A pesar de la diversidad de acciones docentes, el análisis de las respuestas de las futuras docentes muestra una tendencia hacia estrategias generales útiles para la docencia, más que estrategias específicas

para las clases de ciencias a pesar de que las concreciones, por ejemplo, las preguntas que pensaban… sí que eran en el marco de la clase de ciencias.

IMPLICACIONES Y RELEVANCIA PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Los resultados preliminares de este trabajo ponen de relieve que, después de involucrarse en diferentes experiencias MBI y su reflexión didáctica, las docentes en formación identifican aspectos esenciales de la práctica docente para el diseño de secuencias basadas en la indagación y la modelización y pueden definir estrategias de mejora que son relevantes para lograr las microacciones o acciones docentes clave. Estos resultados refuerzan la relevancia de integrar en la formación docente experiencias auténticas de diseño, implementación y reflexión sobre la práctica, con el fin de consolidar un enfoque de ciencias centrado en las prácticas científicas.

Además, seguir investigando para definir las acciones docentes clave bajo el enfoque MBI para el diseño, implementación y evaluación de SEAs ayudará a poder enfocar la formación inicial a estos aspectos con el fin de que las maestras adquieran un criterio didáctico sólido y coherente con los principios de la enseñanza de las ciencias basada en prácticas científicas.

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación es fruto del trabajo conjunto de miembros del grupo de investigación GRECA (2021 SGR 00767 – Generalitat de Catalunya) y ACELEC (2021 SGR 00647 - Generalitat de Catalunya) y en el marco del proyecto PID2022-138166NB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España). Esta comunicación es parte de la ayuda JDC2024-053065-I, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por el FSE+.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Copello, M. I., & Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. Enseñanza de las Ciencias, 19(2), 269–284.

Delgado-Mayoral, L., García-Ruiz, J., González-Herrera, M., Hernández Villalobos, L., Jiménez-Liso, M. R., López-Gay Lucio-Villegas, R., Manzano-Sánchez, L., Martínez-Chico, M., & Rodríguez-Arteche, I. (2025). Acciones docentes clave para desarrollar el enfoque de indagación: Rúbrica y red sistémica para su análisis. Ápice. Revista de Educación Científica, 9(1). https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11212

Grossman, P. (Ed.). (2018). Teaching core practices in teacher education. Harvard Education Press.

Lupión Cobos, T., & Blanco López, A. (2016). Reflexión sobre la práctica de profesorado de ciencias de secundaria en un programa formativo en torno a la competencia científica. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 19(2), 195–206. https://doi.org/10.6018/reifop.19.2.253731

McDonald, M., Kazemi, E., & Kavanagh, S. (2013). Core practices and pedagogies of teacher education: A call for a common language and collective activity. Journal of Teacher Education, 64(5), 378–386. https://doi.org/10.1177/0022487113493807

Rivero, A., & Jiménez-Liso, M. R. (2021). Prácticas clave en la formación de docentes de ciencias. Aproximaciones para un debate necesario. XI Congreso Internacional Sobre Investigaciones En Didáctica de Las Ciencias. Portugal.

Rivero García, A., & Solís Ramírez, E. (2025). Prácticas Clave en enseñanza de las ciencias: la obtención de las ideas de los estudiantes en las planificaciones de los docentes en formación. En J. Cantó i F. Ostermann (Coords.), Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025. Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática (pp. 1472-1475).

Schön, D. A. (1983). The reflective practitioner: How professionals think in action. Basic Books.

Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., & Mellado-Jiménez, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 4(3), 372–393.

Windschitl, M., Thompson, J., y Braaten, M. (2022). Ambitious Science Teaching. Harvard Education Press

Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. Science Education, 92(5), 941-967. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.20259

Diseño de rincones de ciencias por profesorado de Educación Infantil en formación

Sandra P. Tierno y José Cantó

Grupo Didacies. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València, España

* Correspondencia: sandra.tierno@uv.es

RESUMEN: Los rincones son una metodología habitual en la enseñanza de las ciencias de las primeras edades y, en concreto, los rincones de ciencias son una estrategia valiosa para el aprendizaje/enseñanza de las ciencias en Educación Infantil. Por ello, nos preguntamos acerca de qué fases del diseño de un rincón de ciencias percibe más difíciles el futuro profesorado de Educación Infantil, y si una plantilla-guía le puede ser de utilidad para facilitar esta tarea. Mediante el análisis de las respuestas de un grupo de estudiantes del Grado en Maestro/a en Educación Infantil a un cuestionario de elaboración propia, encontramos que les resulta difícil transformar las ideas en preguntas y preparar las intervenciones/preguntas al alumnado. Por otro lado, la guía es percibida de utilidad para el diseño del rincón. Entendemos que, a pesar del carácter exploratorio y preliminar del trabajo, los resultados encontrados pueden ayudar a los formadores de maestros/as a poner el foco en aquellas fases que resultan más dificultosas, de manera que puedan desarrollar estrategias y nuevos recursos que ayuden a los futuros docentes a alcanzar a diseñar rincones de ciencias de calidad.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; profesorado en formación inicial; metodología por rincones; educación científica

ABSTRACT: Learning centres are a common methodology in the teaching of science in early years and, in particular, science learning centres are a valuable strategy for learning/teaching science in Early Childhood Education. Therefore, we wonder about which phases of the design of a science learning centre are perceived as more difficult by the pre-service Early Childhood Education teachers, and whether a template-guide can be useful in facilitating this design. By analysing the responses of a group of students from the Degree in Early Childhood Education to a self-made questionnaire, it is found that to transform ideas into questions and to prepare interventions/questions for students are difficult for them. On the other hand, the guide is perceived as useful for the design of the learning centre. We consider that, despite the exploratory and preliminary nature of the work, the results can help teacher trainers to focus on those phases that seem to be more difficult, so they can develop strategies and new resources for helping future teachers to design quality science learning centres.

KEYWORDS: Early Childhood Education; pre-service teachers; learning centres methodology; scientific education

INTRODUCCIÓN

Los rincones son un recurso habitual en la enseñanza de las ciencias de las primeras edades, y consisten en «espacios organizados y planificados con una intencionalidad educativa, dotados de recursos que ayudan al alumnado a alcanzar los objetivos propuestos» (Rodríguez-Marín y Puig, 2018, p. 24 citado en Puig et al., 2020). El rincón de ciencias es una estrategia de gran valor para el proceso de aprendizaje-enseñanza de las ciencias en Educación Infantil e incrementa la actitud positiva hacia las ciencias (Gómez-Montilla y Ruiz-Gallardo, 2016).

El profesorado tiene un papel importante en estas estrategias: prepara el ambiente, remarca ideas, propone objetivos, hace preguntas, anima al alumnado a exponer sus opiniones o a realizar experiencias, está atento/a a las sugerencias de los niños y niñas, organiza el material… (Fernández Manzanal y Bravo Tudela, 2015, pp. 113-114), por lo que es importante que, en la formación inicial, las maestras

y maestros de Educación Infantil aprendan a diseñar rincones de ciencia de manera adecuada. Sin embargo, aprender a diseñar no es una cuestión sencilla y el alumnado del Grado puede encontrarse con muchas dificultades al comenzar. Es por ello por lo que el empleo de plantillas que les ayuden puede ser de utilidad. En el trabajo de Mateo et al. (2023), los autores proponían una plantilla para ayudar en el diseño de espacios de ciencia de libre elección, aportándoles criterios y orientaciones para guiar su diseño. Otros trabajos también proporcionan materiales similares, como guías o rúbricas para ayudar al profesorado en formación a diseñar (Jiménez-Liso et al., 2023; Pérez-Torres et al., 2021) o directamente al alumnado mismo, como la plantilla PaPER para que alumnado de Educación Primaria aprenda a investigar (Tena y Couso, 2020).

En esta línea se enmarca este trabajo, de carácter exploratorio, que pretende contribuir a la mejora de los rincones de ciencias que diseñan los maestros/as en formación. Trabajos previos como el de Cruz-Guzmán et al. (2016) analizaban las actividades que incluían los docentes en formación inicial cuando diseñaban rincones de ciencias, encontrando que estos tenían menor preferencia de actividades libres, prevaleciendo su atención a contenidos conceptuales. Por nuestra parte, nos preguntamos qué fases del diseño del rincón les resultan más complicadas a estos futuros docentes, puesto que entendemos que, como formadores de maestros/as es ahí donde debemos poner el foco. ¿Les puede ser útil emplear una guía para diseñar estos rincones? ¿En qué medida? En base a estas preguntas que nos preocupan, planteamos esta experiencia piloto sobre el uso de una plantilla de guía para diseñar rincones, a partir de los siguientes objetivos de investigación:

- Objetivo de investigación 1, O1: Identificar las fases del diseño que se perciben más difíciles.
- Objetivo de investigación 2, O2: Analizar el grado de utilidad de la guía para diseñar rincones de ciencias desde la formación inicial.

METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

Estudio de caso con carácter exploratorio, descriptivo y transversal. Mediante el uso de un cuestionario de elaboración propia, se pregunta al alumnado su percepción sobre la dificultad de las diferentes fases del diseño de un rincón de ciencias, y la utilidad de una guía para facilitar este diseño.

Descripción de la muestra

La muestra se compone de 38 estudiantes de 4º Grado en Maestro/a en Educación Infantil de la Universitat de València, dividida en 10 grupos de trabajo de entre 3 y 5 personas. La técnica de muestreo es no probabilístico, por conveniencia.

Descripción de la actividad

La investigación se enmarca dentro de la asignatura obligatoria de Didáctica de las Ciencias Naturales de la Educación Infantil, de 6 ECTS, realizada en el primer cuatrimestre de 4º curso. Una de las actividades evaluables de la asignatura consiste en el diseño grupal de un rincón de ciencias. En una sesión de aula (2 horas) se abordaron en clase los aspectos generales de los rincones de ciencias: en qué consiste un rincón, qué papel debe tener el o la docente, qué materiales y distribución son los más apropiados, etc., así como se presentó algún ejemplo de espacio de ciencia de libre elección. Posteriormente, se dedicó el resto de la sesión para que el alumnado, por grupos, diseñara el rincón de ciencias, cumplimentando la plantilla entregada como herramienta de ayuda, y con la posibilidad de preguntar dudas o realizar consultas a la docente de la asignatura.

La plantilla consiste en un documento rellenable, adaptado de la plantilla para diseñar un espacio de ciencias de libre elección monotemático, de Mateo et al. (2023, p.52). Los elementos clave de la plantilla adaptada se presentan en la Figura 1.

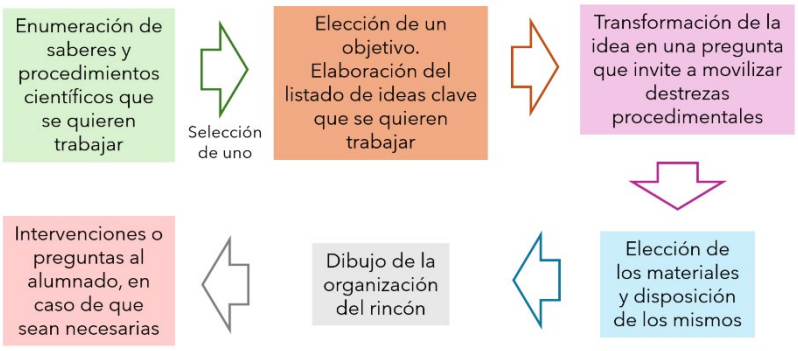


Figura 1. Elementos clave de la plantilla utilizada, adaptados de Mateo et al. (2023).

Descripción de la recogida de datos

Después de la sesión de aula en la que se adelantaron los diseños de los rincones, se administró un cuestionario en papel de elaboración propia, que se rellenó de manera grupal por aquellos equipos que quisieron participar en la investigación. En total se contó con 10 grupos.

El cuestionario contaba con preguntas de sí/no, preguntas de valoración de escala Likert y preguntas abiertas (sólo se incluye aquí la pregunta abierta analizada en este trabajo):

- Valorad del 1 al 10 la utilidad de la guía para diseñar el rincón:
- ¿Pensáis que os podría servir en un futuro, para diseñar rincones de ciencias en vuestra futura aula? □Sí □No
- Valorad del 1 al 10 el grado de dificultad que habéis encontrado en cada fase del diseño, siendo 1 = tremendamente fácil y 10 = tremendamente difícil:
  - Escoger los saberes
  - Escoger los procedimientos científicos
  - Escoger el objetivo
  - Realizar la lista de las ideas clave
  - Transformar las ideas en preguntas
  - Decidir los materiales a utilizar
  - Decidir la disposición de los materiales
  - Dibujar la organización general del rincón
  - Preparar las intervenciones/preguntas al alumnado
- ¿Haríais alguna modificación a la guía? ¿Cuál?

Una vez recogidos los cuestionarios, se analizaron las respuestas de manera mixta, tanto con parámetros descriptivos (media, mediana y desviación estándar), como con el análisis de las respuestas a las preguntas abiertas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto al primer objetivo de investigación, encontramos que los equipos suelen encontrar más dificultades en alguna de las fases (no muestran homogeneidad en la percepción de dificultad/facilidad de todas las fases). Esto se puede interpretar como que una minoría percibe el diseño en su globalidad como algo difícil o fácil. La mayoría tienen dificultades en alguna fase concreta, haciendo que nos preguntemos si realmente el alumnado entiende que el diseño de rincones, al igual que el diseño de

otros recursos, debe enfocarse desde una perspectiva holística y no sólo como pasos aislados. Será interesante analizar, en un futuro, cuál es el proceso mediante el cual desarrollan estos diseños y entender cómo lo engloban. Las diferentes valoraciones de las fases se recogen en la Figura 2.

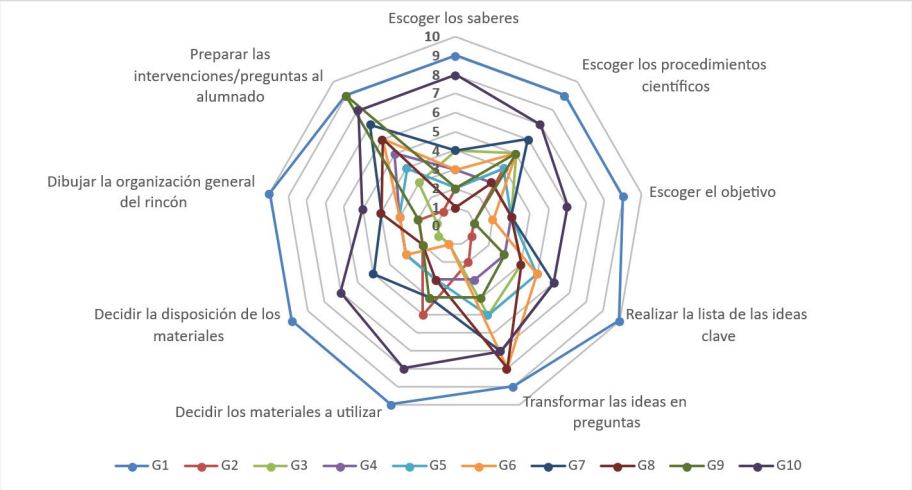


Figura 2. Valoraciones de la dificultad de las fases de diseño por los diferentes grupos, desde 1 (fácil) a 10 (difícil)

Como se ha dicho, hay diferencias en la percepción de la dificultad de las fases. Analizando el global, las fases percibidas como más complicadas son: "Preparar las intervenciones/preguntas al alumnado" y "Transformar las ideas en preguntas", seguidas de "Escoger los procedimientos científicos". Por su parte, las fases que se perciben más sencillas son "Escoger el objetivo" y "Dibujar la organización general del rincón". Los promedios, medianas y desviaciones de las diferentes fases se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Descriptivos de la percepción de las diferentes fases del diseño

Fase	Media	Mediana	Desviación estándar
Escoger los saberes	3,8	3,0	2,7
Escoger los procedimientos científicos	5,1	5,0	1,9
Escoger el objetivo	3,4	3,0	2,4
Realizar la lista de las ideas clave	4,7	4,5	2,4
Transformar las ideas en preguntas	5,8	6,0	2,3
Decidir los materiales a utilizar	4,2	3,5	2,9
Decidir la disposición de los materiales	3,8	3,0	2,8
Dibujar la organización general del rincón	3,7	3,0	2,5
Preparar las intervenciones/preguntas al alumnado	5,8	6,0	2,6

Como observamos, las fases percibidas como más dificultosas son "Preparar las intervenciones/preguntas al alumnado" y "Transformar las ideas en preguntas". La primera está relacionada con qué debe hacer el docente cuando el alumnado está interactuando en el rincón. Entendemos la complejidad para el alumnado del Grado sobre anticiparse con interacciones y preguntas, sin un contexto real de implementación del rincón. Sin embargo, es crucial que se les prepare y se reflexione en clase sobre cuándo deben "intervenir sin interferir" (Pedreira, 2018), especialmente con metodologías de exploración libre, como pueden darse en las actividades de un rincón de ciencias. Trabajos anteriores también encontraban que el profesorado de Educación Infantil en formación inicial experimentaba tensiones en su papel activador en la formulación de preguntas productivas (Napal et al., 2025), pero el grado e intención de la intervención del docente puede determinar el grado de desarrollo de las destrezas procedimentales (Napal y Vázquez, 2023).

Esto se relaciona también con la otra fase que les resulta difícil, la cual está vinculada al papel del docente previo a la implementación del rincón, haciendo referencia a la dificultad que percibe el alumnado del Grado al transformar las ideas científicas en preguntas. Entendemos que, dado que la formación científica del alumnado de Educación Infantil se enfoca, en gran medida, en el desarrollo de destrezas procedimentales, es importante que el profesorado haga preguntas y prepare actividades de calidad y, especialmente, propuestas que movilicen el aprendizaje procedimental, a pesar de las dificultades que puedan encontrar a este respecto.

En cuanto al segundo objetivo de investigación, la valoración de la utilidad de la guía para diseñar el rincón es 8,8 ± 0,6 y la totalidad de los grupos que responden a la pregunta piensan que la plantilla sí les podría ser útil para diseñar rincones de ciencias en su futura aula. Como sugerencias para mejorarla proponen incluir más espacio, añadir algunos apartados o añadir una tabla de posibles dificultades. Desde nuestra perspectiva como profesorado del Grado en Maestro/a en Educación Infantil, conocer la opinión de nuestro estudiantado sobre las herramientas de andamiaje que les ofrecemos es importante, para poder avanzar en la mejora de nuestra formación que, en definitiva, esperamos acabe redundando en una mejora de la formación científica del alumnado de Educación Infantil.

CONCLUSIONES

A pesar del carácter exploratorio de la investigación, y del carácter local de la muestra, los resultados indican que proporcionar una guía que sirva de ayuda al profesorado en formación para diseñar rincones de ciencias para Educación Infantil es útil. Desde nuestra perspectiva como profesorado del Grado en Maestro/a en Educación Infantil, trabajos como éste son necesarios para, por un lado, conocer qué fases resultan más complicadas a nuestro alumnado cuando se enfrentan por primera vez a diseñar un rincón de ciencias y así, poder desarrollar estrategias y generar recursos que les ayuden en esta tarea. Pero, por otro lado, conocer si las herramientas que diseñamos y les proporcionamos les parecen útiles, también nos es necesario.

La investigación debería completarse en un futuro analizando la calidad didáctica de los rincones diseñados, es decir, estudiar si aquellos equipos que usan una plantilla diseñan rincones que favorezcan un aprendizaje más completo de las ciencias en comparación con los equipos que no utilicen la guía. Sin embargo, esto implica un diseño de investigación más complejo que, de momento, no hemos llevado a cabo. Esta investigación, sin duda, alcanzaría su potencialidad máxima si se empleara con profesorado en activo y, por lo tanto, se pudiera estudiar cómo son los rincones producidos y qué aprendizajes se movilizan entre su alumnado en contextos reales, cuando se les proporciona herramientas de andamiaje como la aquí desarrollada.

En definitiva, entendemos que ofrecer una formación inicial de calidad para el futuro profesorado de Educación Infantil es importante para poder proporcionar una alfabetización científica de la ciudadanía adecuada, y trabajos como éste, esperan contribuir a este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de I+D+i "Propuestas de mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en educación infantil y primaria basadas en la indagación y la modelización contextualizadas PID2022-142019OB-I00" financiado por MCIU/AEI/10.13039/501100011033/ y FEDER.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fernández Manzanal, R y Bravo Tudela, M. (2015). *Las ciencias de la naturaleza en la Educación Infantil. El ensayo, la sorpresa y los experimentos se asoman a las aulas.* Manual. Pirámide.

Gómez-Montilla, C. y Ruiz-Gallardo, J.R. (2016). El rincón de la ciencia y la actitud hacia las ciencias en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13*(3), 643–666. Recuperado de: http://hdl.handle.net/10498/18503

Jiménez Liso, M.R., Martínez-Chico, M., y López-Gay R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 20*(3), 3801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3801

Mateo, E., Sáez, M.J., Martín, J., y Fernández López del Moral, S. (2023). Algunos principios de diseño de espacios de ciencias de libre elección monotemáticos. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (45), 35–52. https://doi.org/10.7203/dces.45.27360

Napal, M., Solchaga, R. y Vázquez, I. (2025). Destrezas científicas en propuestas de ciencia en Educación Infantil: retos en la formación inicial. En J. Cantó y F. Ostermann (coords.) *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025: Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática* (pp. 873-876).

Napal, M. y Vázquez, L. (2023). La intervención adulta determina el desarrollo de las destrezas científicas en la etapa de infantil. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, 45,* 53-68. https://doi.org/10.7203/DCES.45.27375

Pedreira, M. (2018). Intervenir, no interferir: la persona adulta i els processos d'aprenentatge. *Guix d'Infantil, 96*, 9-13.

Pérez-Torres M., Couso D. y Márquez C. (2021) ¿Como diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(1), 1301. https://10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1301

Puig Gutiérrez, M., López-Lozano, L. y García Rodríguez, R. (2020). Experimentando con los sentidos: un rincón de ciencias en Educación Infantil. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 39, 117-134. https://doi.org/10.7203/DCES.39.16893

Rodríguez-Marín, F. y Puig, M. (2018). El área de conocimiento del entorno a través de proyectos y rincones. En M. Puig y F. Rodríguez-Marín (Coord.) *La enseñanza del Entorno en Educación Infantil. Proyectos y rincones* (15-26). Pirámide.

Tena, E. y Couso, D. (2020). ¿Cómo ayudar al alumnado a investigar en ciencias? *Aula de innovación educativa, 298*, 15-20.

Integración de Ciencias y Matemáticas en la formación inicial del profesorado: La charca del Campus

Ane Zabaleta[1*], *Ane Izagirre*[1] *y Lidia Caño*[1]

[1] Departamento de Didáctica de las Matemáticas, Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad del País Vasco, España

* Correspondencia: ane.zabaleta@ehu.eus

RESUMEN: El avance del cambio climático evidencia la necesidad de formar a futuros ciudadanos capaces de comprender la complejidad de las interacciones entre la sociedad y los sistemas naturales y de tomar decisiones fundamentadas. En este trabajo se presenta el diseño e implementación inicial de una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) desarrollada en la charca del campus con alumnado del Grado de Educación Primaria, con el fin de trabajar competencias científicas y matemáticas mediante la indagación orientada a la modelización. La SEA se articula en torno al modelo de materia y la transferencia de energía, permitiendo analizar cómo variaciones ambientales—la temperatura del aire y precipitaciones—modifican las condiciones físico químicas del agua. El análisis preliminar de los informes finales de seis equipos (21 estudiantes) muestra que el alumnado identifica con solvencia tanto relaciones directas como encadenadas entre las variables definidas, aplicando el modelo consensuado con distintos niveles de profundidad en la explicación de esas relaciones. El uso explícito de evidencias es limitado, aunque todos logran integrar la interpretación de los mismos y el modelo en sus respuestas a la pregunta motriz. Las valoraciones del alumnado destacan la utilidad del entorno real para unir teoría y práctica, la conexión natural entre ciencias y matemáticas y el potencial transferible del proyecto a la escuela.

PALABRAS CLAVE: pensamiento sistémico; indagación/modelización; educación para la sostenibilidad; transferibilidad

ABSTRACT: The accelerating impacts of climate change highlight the need to prepare future citizens capable of understanding the complexity of interactions between society and natural systems and of making informed decisions. This study presents the design and initial implementation of a Teaching Learning Sequence (TLS) carried out in the campus pond with pre-service primary teachers, aimed at developing scientific and mathematical competencies through inquiry-based modelling. The TLS is grounded in the particle model of matter and the energy transfer. This framework enables students to analyze how environmental variations—air temperature and rainfall—modify the physicochemical conditions of water. A preliminary analysis of the final reports from six groups (21 students) is presented. Results show that students successfully identified both direct and chained relationships among the defined variables, applying the final consensus model with varied levels of depth in their explanations. Although explicit use of empirical evidence was limited, all groups integrated data interpretation and the model into their responses to the driving question. Students highlighted the value of working in a real environment to connect theory and practice, the natural link between science and mathematics, and the transferability of the project to school contexts.

KEYWORDS: system thinking; inquiry/modelling; education for sustainability; transferability

INTRODUCCIÓN

Responder a los desafíos actuales de cambio climático, pérdida de biodiversidad y degradación de recursos naturales exige una ciudadanía capaz de interpretar los problemas ambientales y actuar de forma informada y responsable. La agenda 2030 y el ODS, mediante la Educación para el Desarrollo Sostenible, subrayan la importancia de que los sistemas educativos preparen al alumnado para

comprender las interacciones entre las sociedades y los sistemas naturales, y para tomar decisiones fundamentadas (UNESCO, 2017). Para ello, se requieren enfoques interdisciplinares e integrados (como los STEM) que permiten combinar perspectivas y metodologías para abordar problemas reales (Silva-Hormazabal y Alsina, 2023). Las prácticas de indagación y modelización refuerzan este propósito, al promover el pensamiento sistémico, facilitar el razonamiento científico y la comprensión del contenido (Malone y Schuchardt, 2023).

Los entornos reales proporcionan oportunidades únicas para contextualizar los fenómenos y aplicar conocimientos, ya que permiten fomentar la observación y la indagación, así como conectar la teoría con experiencias significativas (Ayotte-Beaudet et al., 2023). En particular, las charcas escolares se están consolidando como escenarios idóneos para analizar procesos ecológicos y fisicoquímicos y desarrollar competencias científicas, también en el profesorado en formación (Caño y Sanz, 2024). Además, su presencia creciente en centros educativos refuerza su potencial transferible (https://www.urmaelaeskolan.eus/).

Con este marco, la SEA presentada se centra en explorar cómo las variaciones ambientales afectan a un sistema acuático cercano, integrando competencias científicas y matemáticas a través de la recogida de datos reales, la construcción de modelos explicativos y la interpretación de relaciones entre variables.

Los objetivos de esta contribución son:

1. Presentar la SEA, describiendo los fundamentos didácticos que la sustentan y su estructura.
2. Analizar algunos resultados preliminares relacionados con el nivel de razonamiento sistémico desarrollado por el alumnado y su uso de evidencias empíricas.
3. Explorar las valoraciones y procesos de metacognición del alumnado, respecto a la experiencia de aprendizaje.

MÉTODO

Esta SEA se diseñó para interpretar los efectos del cambio climático sobre un sistema acuático aplicando el modelo de materia y la transferencia de energía y, para favorecer el desarrollo de competencias científicas y matemáticas mediante la indagación orientada a la modelización. En su planificación se tuvieron en cuenta las dificultades habituales del alumnado al razonar sobre fenómenos físico-químico (transferencia de energía entre aire-agua, evaporación, condensación y cambios en la concentración de sustancias disueltas), así como los obstáculos descritos en la literatura sobre razonamiento sistémico (Ben-Zvi Assaraf y Orion, 2005).

El diseño se fundamenta en la indagación orientada a la modelización (Couso y Garrido-Espeja, 2017) y se complementa con el aprendizaje situado, aprovechando la charca del campus como un entorno real para contextualizar la recogida de datos. Este proceso favorece la motivación y la transferencia e integración de los conocimientos adquiridos a lo largo del curso. Así, se busca el desarrollo de competencias científicas y matemáticas clave, como formular o expresar hipótesis, diseñar procedimientos, analizar datos, identificar patrones y argumentar a partir de evidencias, en línea con los enfoques internacionales sobre alfabetización científica (OECD, 2019).

Esta SEA se integra en el Proyecto IKDi^3 de innovación docente IGHEL (i^3 22-14; Ecosistema y Laboratorio Natural de los Grados de Educación para el Aprendizaje para la Sostenibilidad) de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU). El proyecto tiene como eje vertebrador la charca del campus, en la que se trabaja desde diferentes disciplinas, a lo largo de los cuatro cursos del Grado en Educación Primaria. La SEA se implementó durante las primeas 18 semanas del curso 2025-2026 con 102 estudiantes de 3ºcurso, organizados en 27 equipos (de tres grupos), en coordinación entre las asignaturas de Matemáticas y su Didáctica II y Ciencias de la Naturaleza en el Aula de Educación Primaria II. El trabajo de campo se desarrolló en la charca del propio campus, ubicada a 150 metros del centro, integrada en la red de charcas escolares de Euskadi (https://www.urmaelaeskolan.eus/).

En este trabajo se realiza un análisis preliminar del aprendizaje del alumnado centrado en un único grupo

de 21 estudiantes (6 equipos estables), que constituyen el grupo impartido por la autora, lo que permite evitar posibles distorsiones derivadas de diferencias en la práctica docente. El análisis se focaliza en: 1) el número y tipo de relaciones entre variables identificadas (directas y encadenadas), 2) el uso de evidencias en las interpretaciones, 3) la aplicación del modelo consensuado en sus explicaciones para el que se establecieron diferentes niveles de razonamiento (Tabla1), 4) la integración de las evidencias y el modelo consensuado en la justificación de la respuesta final a la pregunta motriz y, 5) su percepción sobre la experiencia de aprendizaje.

RESULTADOS

Desarrollo de la SEA

La secuencia completa se desarrolló entre septiembre de 2025 y febrero de 2026, combinando sesiones de Ciencias y Matemáticas. Su estructura general se presenta en la Figura 1.

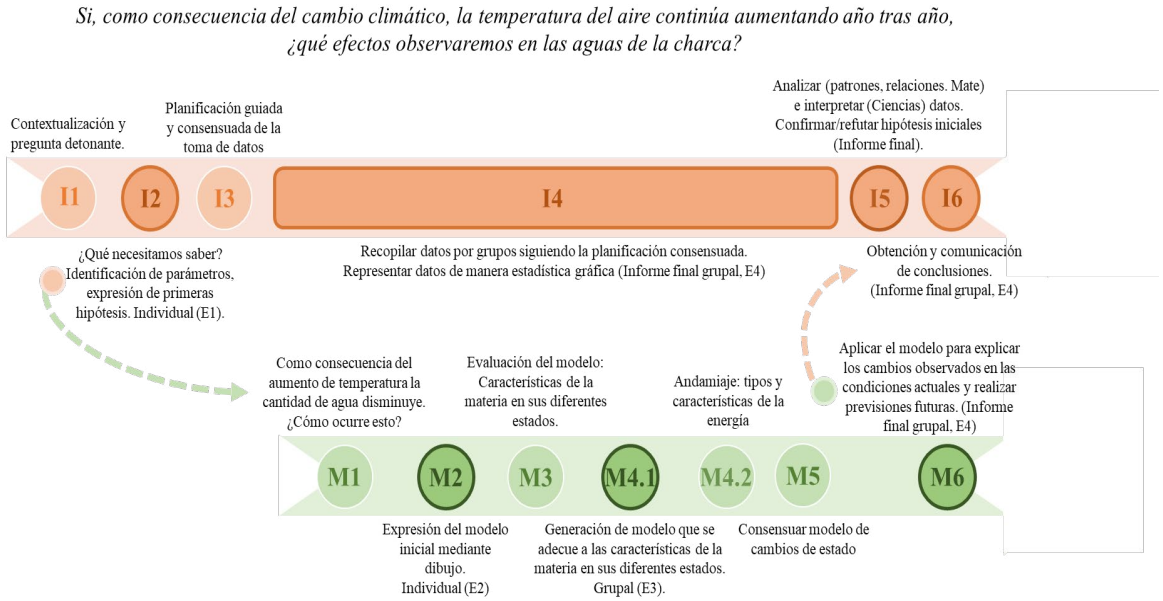


Figura 1. Esquematización de la SEA. En tono más oscuro aquellas fases de la SEA en los que se dispone de instrumentos de evaluación (denominados E1, E2, E3 y E4).

En la fase inicial se presentó el problema contextualizado en el cambio climático y la pregunta motriz: "Si la temperatura del aire aumenta año tras año debido al cambio climático, ¿Qué efectos observaremos en el agua de la chaca?" lo que da inicio a un ciclo de indagación (I1). A continuación, el alumnado identificó individualmente las variables relevantes y formuló sus primeras hipótesis sobre las relaciones entre ellas (I2), respondiendo a las preguntas: "¿Qué necesitamos saber?*" "el aumento de temperatura ¿afecta a la cantidad de agua?" "y, ¿a las características del agua?"* "¿Cómo?*"* "¿Qué podemos hacer para comprobarlo?*"*. Este ejercicio constituye un primer instrumento de evaluación (E1).

En la fase de desarrollo, se consensuaron las variables a medir (la temperatura de aire y la cantidad de lluvia como variables independientes y la temperatura del agua, el nivel del agua en la charca y la conductividad eléctrica del agua (como medida de concentración de sales disueltas) como variables dependientes). Además, se establecieron los procedimientos comunes de muestreo (qué, cómo, cuándo, donde, quién y para qué medir) y registro de datos en una hoja Excel compartida (I3). Tras una sesión de entrenamiento en la medición de variables y el uso de instrumentos, realizada en la propia charca, se inició la recogida sistemática de datos desarrollada entre septiembre y diciembre (I4).

Paralelamente, en las sesiones de Ciencias se desarrolló un ciclo de modelización impulsado por la necesidad de comprender los fenómenos tras las hipótesis expresadas en la tarea I2 (ej.: ¿Cómo ocurre la disminución de la cantidad de agua debido al aumento de temperatura?) (M1). El alumnado expresó su modelo inicial de forma individual (instrumento de evaluación E2) respondiendo a la pregunta:

"*Cómo cambia el agua de líquido a gas? Para responder a esta pregunta piensa primero cómo es el agua por dentro en cada uno de estos estados*" (M2).

Después, se realizaron diversas actividades en el laboratorio con el fin de completar el modelo inicial. Primero se trabajó en deducir las características de la materia en sus diferentes estados tras lo cual se evaluó (M3) la validez del modelo inicial y se observó la necesidad de entender mejor el modelo de materia. Después se trabajó en el modelo de partículas (partículas, distribución y fuerzas según el estado). A partir de ello, los equipos generaron un nuevo modelo incorporando esas características (M4.1; instrumento de evaluación, E3). Seguidamente, y a la vez que se avanzó en la asignatura se trabajaron conceptos sobre disoluciones y sobre energía, en las que se incluyeron conceptos teóricos sobre la energía térmica y se realizaron prácticas de laboratorio sobre la transferencia de energía y la evaporación en un medio controlado (M4.2). Todo ello, ayudó a completar el modelo anterior y consensuar uno nuevo que incluyó los procesos mediante los que se dan los cambios de estado (M5).

Concluida la recogida de datos, en las sesiones de Matemáticas se trabajó la estadística descriptiva, la representación gráfica y la identificación de patrones, mientras que en Ciencias se trabajó sobre la interpretación de las relaciones observadas (I4, I5; instrumento de evaluación E4).

En la fase final, cada equipo elaboró un informe integrador en el que debían aplicar el modelo consensuado para explicar las variaciones observadas y responder a la pregunta motriz, utilizando tanto los datos obtenidos como los mecanismos físico-químicos trabajados, tanto por escrito como mediante una infografía (M6, I6, E4).

A lo largo de la secuencia, se trabajan diversos procedimientos científicos como: la realización de preguntas adecuadas y de hipótesis (I2, M2) y la identificación de variables dependientes e independientes (I2), la realización de un diseño para la recogida de datos (I3), la representación de ideas o fenómenos mediante dibujos-esquema (M3, M4.1, M5), observaciones, mediciones, recogida y organización de datos y representación de datos (I4), análisis e interpretación de datos, identificación de patrones y relaciones y evaluación de las hipótesis iniciales (I5), evaluación y discusión de los razonamientos de otros (M5, I5), construcción de explicaciones basadas en evidencias y utilización de evidencias y modelos científicos para realizar previsiones (M6, I6).

Al final del informe realizado se pide al alumnado que realice una valoración del proyecto en cuanto a su utilidad, relación con las asignaturas, trabajo interdisciplinar, dificultades u otras cuestiones que quieran comentar.

Análisis preliminares de resultados de aprendizaje

La tabla 1 muestra el análisis de algunos aspectos recogidos en el informe final realizado por los 6 equipos de estudiantes (E4).

Se observa que el alumnado identifica con solvencia la mayoría de relaciones entre variables, aunque solo una parte aplica el modelo de forma completa y coherente. El uso de evidencias concretas para fundamentar las relaciones observadas es limitado. Solamente dos grupos (33%) incorporan datos concretos o referencias temporales, mientras que el resto se refiere de forma general a los gráficos. Aun así, todos los grupos integraron evidencia y modelo para responder a la pregunta final, concluyendo que el aumento de la temperatura del aire eleva la temperatura del agua, incrementa la evaporación, reduce el nivel de agua en la charca y, en consecuencia, aumenta la concentración de sales disueltas. Además, reconocen que las precipitaciones introducen agua fría y menos mineralizada, generando efecto de dilución. Asimismo, anticipan que el mantenimiento de las tendencias actuales de aumento de temperatura produciría cambios progresivos en la cantidad y las características del agua de la charca del campus con consecuencias ecológicas significativas a largo plazo.

Tabla 1. Relaciones identificadas por el alumnado, modelo a aplicar en la explicación del fenómeno natural que rige las relaciones identificadas y el nivel de aplicación del mismo (0: no identifica las relaciones; 1: identifica las relaciones, pero no aplica modelo alguno; 2: aplica el modelo consensuado de forma parcial / omite algún paso del encadenamiento causal; 3: aplica el modelo consensuado sin omitir ningún paso del encadenamiento causal). Se incluye un ejemplo de respuesta.

	RELACIONES ENTRE VARIABLES	ASPECTO DEL MODELO A APLICAR Y NIVEL DE APLICACIÓN / IDENTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN	*EJEMPLO*
Relaciones directas	temperatura del aire / temperatura del agua	Transferencia de energía térmica nivel 3: 67% nivel 1: 33%	*Cuando la temperatura del aire aumenta, la del agua también sube .... Esto ocurre porque se produce una transferencia de energía térmica, y dicha energía siempre se transmite del cuerpo con mayor temperatura al cuerpo con menor temperatura (Nivel 3)*
	lluvia / nivel de agua	Suma de cantidades de agua. Estructura impermeable de la charca nivel 3: 17% nivel 2: 50% nivel 1: 33%	*...es importante destacar que el estanque estudiado tiene una capa de plástico impermeable en la base. Esto significa que el suelo no es permeable y, en consecuencia, el agua de lluvia no se infiltra en el terreno. Por ello, las precipitaciones se acumulan directamente en el estanque, lo que provoca un aumento del nivel del agua (Nivel 3).*
	lluvia / temperatura del agua	Mezcla de agua. Transferencia de energía nivel 2: 33% nivel 0: 67%	*por un lado, el agua de lluvia suele ser más fría que el agua del estanque y, al entrar en el sistema, produce un efecto de enfriamiento. Cuando ambos tipos de agua se mezclan, la temperatura media del agua del estanque disminuye. (Nivel 2)*
	lluvia / conductividad del agua	Dilución nivel 3: 33% nivel 2: 33% nivel 1: 33%	*En los días de precipitaciones abundantes puede producirse un efecto de dilución; como el agua de lluvia es más pobre en minerales, la disolución se diluye y la conductividad también. (Nivel 3)*
Relaciones encadenadas	temperatura del aire / nivel de agua	Transferencia de energía, cambio de estado (evaporación). nivel 3: 33% nivel 2: 67%	*Cuando la temperatura del aire aumenta, la energía térmica se incrementa, acelerando el movimiento de las partículas; la energía se transfiere del entorno más cálido al más frío, en este caso, del aire al agua. Esto provoca un aumento de la temperatura del agua que incrementa la evaporación, lo que produce un descenso del nivel del agua. (Nivel 3)*
	temperatura del aire / conductividad del agua	Transferencia de energía, cambio de estado (evaporación), concentración de la disolución (agua de la charca) nivel 3: 33% nivel 2: 50% nivel 0: 17%	*La temperatura del aire influye en la temperatura del agua; el aumento de la temperatura incrementa la evaporación y provoca el descenso del nivel del agua; la bajada del nivel del agua aumenta la concentración de iones disueltos y, en consecuencia, se eleva la conductividad eléctrica.... aunque el agua se evapora, las sales y minerales disueltos se mantienen. (Nivel 3)*

Por último, en la valoración del proyecto realizada por el alumnado, un 83% de los equipos afirman que la SEA les ha ayudado a conectar la teoría de Matemáticas y Ciencias con la práctica, un 50% incide en que les ha ayudado a darse cuenta de la importancia del rigor en las investigaciones científicas y que les ha parecido un buen modelo para, en su futuro profesional, poder realizar pequeñas investigaciones escolares en entornos reales. Además, un 33% mencionan que la interdisciplinariedad se ha trabajado de manera natural y que ha resultado ser un reto motivador. Además, el 83% del alumnado menciona que la mayor dificultad la ha encontrado en la utilización del Excel para el tratamiento de los datos.

CONCLUSIONES

La implementación de la SEA ha permitido al futuro profesorado experimentar un proceso de indagación y modelización en un entorno real, integrando Ciencias y Matemáticas de forma significativa. Esto ha ofrecido al alumnado la posibilidad de desarrollar el pensamiento sistémico y una comprensión más profunda de las consecuencias del cambio climático en entornos acuáticos vinculándolas a fenómenos físico-químicos relacionados con el modelo de materia.

La SEA contribuye a la alfabetización científica del profesorado en formación y ha permitido al alumnado valorar los procedimientos científicos, las relaciones entre disciplinas trabajadas de forma natural y la contextualización en entornos reales y cercanos.

Entre las cuestiones a mejorar identificadas destacan la necesidad de reforzar el uso de evidencias empíricas y la competencia digital para el tratamiento de datos. En futuros estudios se ampliará el análisis al conjunto de equipos participantes y al conjunto de evidencias recogidas para obtener una visión más global del impacto de la SEA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayotte-Beaudet, J.-P., Chastenay, P., Beaudry, M.-C., L'Heureux, K., Giamellaro, M., Smith, J. y Paquette, A. (2023). Exploring the impacts of contextualised outdoor science education on learning: The case of primary school students learning about ecosystem relationships. *Journal of Biological Education, 57*(2), 277–294. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1909634

Ben-Zvi Assaraf, O. y Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth systems education. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(5), 518–560. https://doi.org/10.1002/tea.20061

Caño, L. y Sanz, J. (2024). Trabajar el modelo de red ecológica en la charca: una secuencia didáctica basada en las prácticas científicas. 31 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Hacia una educación científica alineada con la Agenda 2030, 687-692.

Couso, D., & Garrido-Espeja, A. (2017). Models and modelling in pre-service teacher education: why we need both. En Cognitive and Afective Aspects in Science Education, (pp. 245-261). Springer.

Malone, K. L. y Schuchardt, A. (2023). Modelling-based pedagogy as a theme across science disciplines—Effects on scientific reasoning and content understanding. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(4), 717–737. https://doi.org/10.30935/scimath/13516

OECD. (2019). PISA 2018 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/19963777

Silva-Hormazábal, M. y Alsina, Á. (2023). STEAM for sustainability: integrating statistics and science education in a rural context. *Revista Innovaciones Educativas, 25*(39), 188-204. www.doi.org/10.22458/ie.v25i39.4728

UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives. UNESCO. https://doi.org/10.54675/CGBA9153

Estudio exploratorio sobre las identidades científica y docente del profesorado en formación inicial de ciencias y tecnología de Educación Secundaria

Cristina García-Ruiz,[1] Jorge Luque-Jiménez,[1] Carolina Martín-Gámez[1] y Alicia Fernández-Oliveras[2]*

[1] Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España

[2] Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

* Correspondencia: crisgarcia@uma.es

RESUMEN: Este estudio examina las configuraciones de identidad del futuro profesorado de ciencias y tecnología de Educación Secundaria al comienzo de su formación inicial basada en el modelo consecutivo. A través de un instrumento de formato mixto que combina la autoevaluación en escala Likert y la justificación narrativa abierta, se recopilaron datos de 222 participantes. Las respuestas cualitativas se analizaron mediante codificación temática, identificando cuatro perfiles de identidad: científico-tecnológica, docente, ambivalente e indeterminada, con casi la mitad de la muestra ocupando posiciones no resueltas. El análisis en tres dimensiones analíticas (creencias epistemológicas, competencias autopercibidas y fuentes de identidad) reveló que la experiencia investigadora era la fuente de identidad dominante en general, aunque concentrada casi exclusivamente entre el profesorado con orientación científica-tecnológica, mientras que el profesorado con mayor posicionamiento docente se basaba principalmente en la motivación relacional y la práctica docente previa. Estos resultados sugieren que la separación estructural entre la formación disciplinaria y pedagógica propia del modelo consecutivo de formación puede consolidar la identidad científica, pero dejar la identidad docente poco desarrollada. Esto aporta evidencia empírica sobre un punto de partida poco explorado en el desarrollo de la identidad profesional docente y subrayando la necesidad de un trabajo explícito sobre la identidad al inicio de los programas de formación docente.

PALABRAS CLAVE: identidad docente; formación inicial del profesorado; Educación Secundaria; educación científica y tecnológica

ABSTRACT: This study examines the identity configurations of prospective Secondary Education science and technology teachers at the beginning of their initial teacher training, based on the consecutive model. Data were collected from 222 participants using a mixed-methods instrument that combines Likert-scale self-assessment and open-ended narrative justification. Qualitative responses were analysed using thematic coding, identifying four identity profiles: scientific-technological, teaching, ambivalent, and indeterminate, with almost half of the sample occupying unresolved positions. Analysis across three dimensions (epistemological beliefs, self-perceived competencies, and sources of identity) revealed that research experience was the dominant source of identity overall, although concentrated almost exclusively among teachers with a scientific-technological orientation, while teachers with a higher teaching orientation relied primarily on relational motivation and prior teaching practice. These results suggest that the structural separation between disciplinary and pedagogical training, characteristic of the consecutive training model, may consolidate scientific identity but underdeveloped teacher identity. This study provides empirical evidence on a little-explored starting point in the development of professional teacher identity. It underscores the need for explicit work on identity at the beginning of teacher training programs.

KEYWORDS: teacher identity, pre-service teacher education; Secondary Education; science and technology education

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la identidad profesional docente (IPD), directamente vinculada a la calidad de la enseñanza y al aprendizaje del alumnado (Zhai et al., 2024), se ha posicionado como factor clave para reducir, además, el abandono temprano de la profesión y el síndrome de *burnt-out* (Sachs, 2016), con un aumento de la investigación sobre la IPD por parte de la comunidad académica (Feser y Hack, 2022) y de los responsables de políticas educativas (OECD, 2020).

Referida al autoconcepto o imagen central de las experiencias, creencias, emociones, valores personales y prácticas que moldean las acciones docentes, en su conceptualización desde el enfoque sociocultural (Gee, 2000), la IPD está inherentemente vinculada al contexto social (Avraamidou, 2020) y al reconocimiento de los demás (Akkerman y Meijer, 2011).

Adicionalmente, en el caso del profesorado en formación inicial (PFI) de Educación Secundaria, se origina una dualidad entre su identidad desarrollada durante sus estudios en áreas STEM, y su identidad como profesorado de ciencias y tecnología (Hazari et al., 2010), encontrándose ambas vinculadas y moldeando el tipo de docente en el que se convertirán (Avraamidou, 2014). Esta dualidad que puede ser más significativa en el caso del sistema educativo español de formación docente, que sigue un modelo estructural consecutivo en el que el futuro profesorado primero completa un grado de tipo STEM de cuatro años, centrado exclusivamente en contenido científico y tecnológico, y luego completa un Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria (en adelante, MAES), de un año de duración, y tras el cual, se puede acceder a la profesión docente. Así, en el momento de afrontar su formación docente, el PFI ha desarrollado su identidad científica o tecnológica, arraigada en el conocimiento profundo de los procesos científicos e ingenieriles y que recoge aspectos relacionados con el interés, la competencia, el desempeño y el reconocimiento (Hazari et al., 2010). Si bien esta identidad científica no se encuentra en conflicto con la IPD, sí puede originar tensiones cuando no existe un espacio estructurado para su negociación (Smetana y Leong, 2026), surgidas de expectativas incumplidas sobre el sistema escolar, las crecientes demandas de equidad e inclusión y el cambio educativo hacia pedagogías personalizadas y centradas en el estudiante, y que culmina en altos niveles de estrés en los primeros años como profesorado novel (OCDE 2025).

La IPD resulta por tanto fundamental para la deconstrucción de enfoques más tradicionales de enseñanza, y para la adaptación de estos hacia los enfoques constructivistas basados en la didáctica de las ciencias y la tecnología (Pérez et al., 2019). Sin embargo, los programas de formación docente a menudo pasan por alto la reflexión sobre la IPD, una acción crucial que facilita el acceso a la profesión, y mejora la calidad, pertinencia y capacidad de adaptación a los cambios sociales y educativos, aspectos fundamentales para garantizar procesos de enseñanza-aprendizaje eficaces y equitativos (OCDE, 2025).

Bajo estas premisas, conocer el punto de partida desde el que el PFI de Educación Secundaria ingresa en su formación docente ofrece una perspectiva interesante sobre la configuración inicial de la IPD de este profesorado, lo cual puede ayudar a acompañar la transición hacia la profesión docente y contribuyendo a disminuir a las altas tasas de estrés y abandono (Hobbs, 2013). Por ello, esta investigación plantea realizar un diagnóstico inicial del posicionamiento identitario que manifiesta el PFI de Educación Secundaria al comienzo de su formación, para dar respuesta a las preguntas de investigación: (1) ¿Qué perfiles de identidad se pueden identificar entre el PFI de ciencias y tecnología antes de su formación docente? (2) ¿Qué patrones de creencias epistemológicas, competencias y fuentes de identidad caracterizan cada perfil?

METODOLOGÍA

Esta investigación forma parte de un proyecto sobre la construcción de la IPD del profesorado de ciencias y tecnología en formación inicial y la influencia que en ella tienen las experiencias previas. En este estudio exploratorio de tipo cualitativo, se realiza un análisis temático inductivo, para conocer el posicionamiento de identidad de este profesorado al comienzo de su formación.

Participantes

En esta investigación participaron, de forma voluntaria, 222 docentes en formación inicial de las

especialidades científico-tecnológicas del MAES de las Universidades de Málaga (61.3%) y Granada (38,7%). La mayoría del PFI se identificó con el género masculino (52,3%) y era menor de 25 años (55,7%), recogiéndose en la tabla 1 la caracterización completa de la muestra de PFI.

Tabla 1. Perfil del PFI participante

GÉNERO	***N***	**%**	**EDAD**	***N***	**%**
Femenino	103	46,4	< 25	123	55,7
Masculino	116	52,3	25-35	71	32,1
Otro	3	1,4	> 35	27	12,2
ESPECIALIDAD MAES	***N***	**%**	**GRADO DE ACCESO MAES***	***N***	**%**
Biología y Geología (B&G)	48	21,6	*Relacionado con las Ciencias Naturales*	167	75,2
Física y Química (F&Q)	127	57,2	*Relacionado con la Ingeniería y la Tecnología*	55	24,8
Tecnología, Informática y Procesos Industriales	47	21,2			

*De acuerdo a la clasificación las Áreas de Investigación y Desarrollo (FORD, por sus siglas en inglés): Ciencias de la computación y la información (5,0%) · Ciencias físicas (15,8%) · Ciencias químicas (40,5%) · Ciencias de la Tierra y Ambientales (5,4%) · Ciencias Biológicas (12,2%) ·Otras ciencias naturales (1,4%) · Ingeniería civil (0,9%) · Ingeniería eléctrica, electrónica y de la información (5,4%) · Ingeniería mecánica (6,3%) · Ingeniería química (3,2%) · Biotecnología industrial (0,5%) · Otras ingenierías y tecnologías (3,6%)

Instrumento de investigación

Como instrumento de investigación se aplicó el cuestionario Pre-ID (García-Ruiz et al., 2025), sobre la influencia de factores personales y contextuales, centrándonos en este estudio en uno de los ítems del cuestionario, que plantea las preguntas: ¿En qué medida te identificas como científica(o)/tecnóloga(o)? ¿En qué medida te identificas como docente de ciencias/docente de tecnología? El PFI primero calificaba su grado de identificación con ambos roles a través de una escala Likert de cinco puntos (1: Nada en absoluto; 2: Poco; 3: Suficiente; 4: Bastante; 5: Completamente), justificando a continuación brevemente las opciones seleccionadas.

Toma de datos y análisis

Los datos fueron recopilados a través de un cuestionario online, implementado durante los cursos 2023/2024, 2024/2025 y 2025/2026, al inicio del MAES. Dado que la toma de datos requería el tratamiento de datos de carácter personal, se contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Málaga (CEUMA) (nº de referencia 139-2023-H). Las preguntas en escala Likert se analizaron utilizando el software Jamovi (v. 2-3-21). Para asignar un perfil identitario, se valoró por un lado la diferencia entre la puntuación a ambas preguntas así como el grado de percepción, estableciendo umbrales de identidad para asignar los siguientes perfiles: identidad científica-tecnológica, identidad docente, identidad ambivalente, e identidad sin determinar. Las preguntas abiertas del cuestionario se analizaron a través de un proceso de codificación temático inductivo utilizando el software ATLAS.ti (v. 25.0.1), completando el análisis cualitativo en tres etapas, que consistieron en una primera lectura y localización de la información relevante, codificación independiente, y discusión del consenso de la codificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la primera pregunta de investigación, el análisis de las respuestas de los 222 docentes en formación inicial reveló cuatro perfiles identitarios. El grupo más numeroso declaró un dominio de la identidad científico-tecnológica (N = 64, 28,8%), seguido por grupos con una identidad indeterminada (N = 58, 26,1%), una identidad ambivalente (N = 51, 23,0%), y, finalmente, el grupo minoritario de

participantes (N = 49, 22,1%) se posicionó con una identidad docente. En cuanto a la segunda pregunta de investigación, la tabla 2 recoge los patrones que caracterizan cada perfil, mostrando los 12 códigos y 231 menciones que emergieron del análisis, clasificados en tres dimensiones: creencias epistemológicas, habilidades y competencias, y origen de la identidad.

Tabla 2. Dimensiones y subdimensiones del análisis cualitativo, número de menciones por perfil y ejemplos

DIMENSIONES Y SUBDIMENSIONES	IDENTIDAD*				TOTAL	EJEMPLOS
	AM	ND	CT	DO		
Creencias epistemológicas					**68**	
Curiosidad-descubrimiento	9	0	7	8	24	"Me identifico como científica porque soy una bioquímica curiosa que se interesa por la ciencia y la explicación de fenómenos"
Transmisión conocimiento	16	6	4	20	44	"Me considero más docente que tecnólogo porque disfruto más transmitiendo el conocimiento que realizando nuevas investigaciones y descubrimientos"
Habilidades y competencias					**18**	
Competencia científica	1	1	3	2	7	"Creo que se me da bien experimentar, fundamentar lo experimentado y explicarlo. Considero que poseo suficientes herramientas para enfrentarme a problemas científicos y llegar a comprenderlos"
Competencia digital	0	0	1	0	1	"En cuanto a un docente tecnológico intento utilizar la tecnología como herramienta para mejorar la enseñanza y el aprendizaje"
Empatía	2 0 0 0 2					"Me veo como docente de ciencias porque me gusta preguntar a mis hermanos qué están dando en clase, cómo puedo ayudarles, si tienen alguna duda"
Habilidades comunicativas	0	0	1	2	3	"Actualmente creo que mi perfil es más científico que docente […] Pero creo que lo que me une en ambos sentidos son las ganas y capacidad para comunicar lo que sé de ciencia"
Motivación	0	0	1	4	5	"En cuanto a ser docente de ciencias me considero suficiente, porque creo que tengo la energía, la motivación para ese camino que estoy empezando"
Origen de la identidad					**145**	
Experiencia docente	11	2	5	2	20	"Soy profesora de clases particulares de ciencias desde hace 5 años […]. Me identifico como docente un poco más, por la práctica acumulada.
Experiencia investigadora	17	7	27	1	51	"Me considero científico porque durante mi carrera profesional he estado involucrado en investigaciones científicas contra el cáncer"
Formación académica	13	4	18	5	40	"Al ser graduada en química me identifico como científica, pero como docente aún me estoy formando y me faltan conocimientos"
Interés ciencia y tecnología	8	3	11	5	23	"Me identifico como tecnológico porque suelo siempre mostrar un gran interés por las últimas novedades tecnológicas"
Vocación inicial	6	0	3	2	11	"Me considero ante todo docente desde siempre. La ciencia para mí es un vehículo para poder educar"
TOTAL	**77**	**23**	**80**	**51**	**231**	

*AM: ambivalente; ND: no determinada; CT: científico-tecnológica; DO: docente.

De las tres dimensiones, la mayoría del PFI justificó su posicionamiento identitario en base al origen de su identidad (145 menciones) seguida de la subdimensión sobre creencias epistemológicas (68 menciones) y en menor medida, la subdimensión sobre habilidades y competencias (18 menciones).

Así, en cuanto a la subdimensión origen de la identidad, la experiencia en investigación fue el origen más citado en la muestra completa (51 menciones), concentrándose mayoritariamente en el perfil de identidad científico-tecnológica (27 menciones), y con una presencia notablemente baja en el perfil de identidad docente (1 mención). La experiencia en investigación se consolida así como una condición relevante pero insuficiente para la integración de la identidad si bien, en ausencia de estructuras que conecten la ciencia y la educación científica, la experiencia en investigación desarrolla la faceta científica del sistema de identidad, dejando la faceta docente prácticamente inalterada (Smetana y Leong, 2026). La formación académica fue el segundo origen más frecuente (40 menciones), con más representación en el perfil científico-tecnológico, en comparación con el perfil de identidad docente, indicando que la formación disciplinaria en STEM moldea más el posicionamiento científico-tecnológico y evidencia una brecha estructural en los modelos de formación consecutivos. La experiencia docente (20 menciones) y la vocación inicial (11 menciones), se distribuyen de manera más uniforme, aunque la práctica docente mostró mayores concentraciones en los perfiles de identidad científico-tecnológica y docente. Esto reafirma el hecho de que el PFI con identidades más integradas tienden a reflexionar más activamente sobre su práctica docente, utilizando su identidad científica como lente para el pensamiento pedagógico, en lugar de tratar ambas como dominios separados (Smetana y Leong, 2026).

En términos de creencias epistemológicas, la mayoría de las menciones del PFI hicieron referencia a un modelo docente de tipo transmisivo (44 menciones) (que predominó en el perfil de identidad docente), frente a un modelo de enseñanza que promueve la curiosidad y el aprendizaje por descubrimiento (24 menciones).

Finalmente, en la dimensión de habilidades y competencias, la motivación (5 menciones) y la competencia científica (7 menciones) fueron las categorías más citadas, con la motivación concentrada en el perfil de identidad docente, y la competencia científica distribuida más ampliamente en todos los perfiles. Las habilidades de comunicación (3 menciones), la empatía (2 menciones) y la competencia digital (1 mención) fueron globalmente marginales en todos los perfiles.

CONCLUSIONES

Este estudio examina las configuraciones de la IPD que el futuro profesorado de ciencias y tecnología aporta al inicio de su formación docente. Con la debida cautela por tratarse de un estudio exploratorio con PFI limitado a un contexto institucional, los resultados obtenidos, con una alta heterogeneidad, muestran un mayor posicionamiento dentro de la identidad científico-tecnológica, arraigado en la experiencia investigadora y la formación disciplinaria, con cerca de la mitad del PFI ocupando posiciones ambivalentes o indeterminadas. Esta fragmentación concuerda con el hallazgo de Smetana y Leong (2026) de que las identidades científica y docente tienden a desarrollarse en paralelo en lugar de integrarse, y con el argumento de Carlone y Johnson (2007) de que el reconocimiento es constitutivo de la formación de la identidad. La experiencia previa en investigación, presente entre el PFI con mayor orientación científica, pero prácticamente ausente entre el PFI con perfil docente, sugiere que la inmersión disciplinaria consolida un autoconcepto científico sin tender automáticamente hacia una identidad docente, pudiendo originar tensiones que el modelo de formación consecutivo puede reforzar, al separar estructuralmente ambas formaciones.

Para la formación docente, estos resultados exigen un trabajo explícito sobre la identidad, que incluya la reflexión biográfica, las primeras experiencias docentes consideradas relevantes para la identidad y el contacto con profesionales que integran con éxito ambos roles. La prevalencia de creencia centradas en la transmisión del conocimiento también apunta a la necesidad de un cuestionamiento epistemológico en la formación inicial del profesorado, dadas las orientaciones que exigen los marcos curriculares actuales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto I+D+i "Desarrollo y seguimiento de la identidad docente del profesorado de ciencias en formación y novel. Estudio de la influencia de los procesos de indagación, perfiles emocionales y de género (INQUIRY-IDEG)" (PID2022-140001OA-I00), financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE. La Dra. García-Ruiz agradece al programa RyC2020 (RYC2020-029033-I), financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por El FSE invierte en tu futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akkerman, S. F., y Meijer, P. C. (2011). A dialogical approach to conceptualizing teacher identity. *Teaching and Teacher Education, 27*(2), 308-319. https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.013

Avraamidou, L. (2014). Studying science teacher identity: current insights and future research directions. *Studies in Science Education*, *50*(2), 145–179. https://doi.org/1.1080/03057267.2014.937171

Avraamidou, L. (2020). Science identity as a landscape of becoming: Rethinking recognition and emotions through an intersectionality lens. *Cultural Studies of Science Education, 15*(2), 323-345.

Carlone, H. B., y Johnson, A. (2007). Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(8), 1187-1218. https://doi.org/10.1002/tea.20237

Feser, M. S., y Haak, I. (2022). Key features of teacher identity: a systematic meta-review study with special focus on teachers of science or science-related subjects. *Studies in Science Education, 59*(2), 287-32. https://doi.org/1.1080/03057267.2022.2108644

García-Ruiz, C., Luque-Jiménez, J., Fernández-Oliveras, A., Martín-Gámez, C., y Blanco-López, Á. (2025). Validación de un cuestionario para conocer la influencia de factores personales y contextuales en la identidad docente del profesorado de ciencias y tecnología en formación inicial. *Ápice. Revista de Educación Científica 9*(1), 61-81. https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11409

Gee, J. P. (2000). Identity as an analytic lens for research in education. *Review of Research in Education, 25*(1), 99-125. https://doi.org/10.3102/0091732X025001099

Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P., y Shanahan, M. C. (2010). Connecting high school Physics experiences, outcome expectations, Physics identity and Physics career choice: a gender study. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(8), 978-1003. https://doi.org/1.1002/tea.20363

Hobbs, L. (2013). Teaching "out-of-field" as a boundary-crossing event: Factors shaping teacher identity. *International Journal of Science and Mathematics Education, 11*, 271-297. https://doi.org/10.1007/s10763-012-9333-4

OECD (2025). *Results from TALIS 2024: The state of teaching.* TALIS, OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/90df6235-en

OECD (2020). *TALIS 2018 Results. Teachers and school leaders as valued professionals*, *TALIS*. OECD Publishing. https://doi.org/1.1787.19cf08df-en

Pérez, E., Serrano, R., y Pontes, A. (2019). Analysis of science and technology pre-service teachers' beliefs on the construction of the teachers' professional identity during the initial training process. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *15*(10). https://doi.org/1.29333/ejmste/105896

Sachs, J. (2016). Teacher professionalism: Why are we still talking about it? *Teachers and Teaching, 22*(4), 413-425. https://doi.org/10.1080/13540602.2015.1082732

Smetana, L. K., and Leong, B. (2026). "I am a scientist and I am a science teacher!". Negotiating shifts in professional identity. *Journal of Research in Science Teaching, 63*, 259-276. https://doi.org/10.1002/tea.70039

Zhai, Y., Tripp, J., and Liu, X. (2024). Science teacher identity research: a scoping literature review. *International Journal of STEM Education, 11*(20), 1-3. https://doi/org/1.1186/s40594-024-00481-8

Percepciones del profesorado en formación inicial sobre la aplicación del *visual thinking* para la reflexión sobre la identidad docente

Liliana López-López[1*] *y Cristina García-Ruiz*[1]

[1] Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España

* Correspondencia: lilianalopez@uma.es

RESUMEN: El desarrollo de la identidad profesional docente es clave en la formación inicial del profesorado de Educación Secundaria, especialmente en modelos consecutivos como el de España, donde este profesorado debe transitar desde una identidad científica hacia una docente. Este estudio exploratorio analiza la percepción de 14 docentes de ciencias en formación inicial sobre el uso del *visual thinking* como herramienta para favorecer la reflexión y construcción de su identidad durante el Máster en Formación del Profesorado. Se analizaron las respuestas a un cuestionario diseñado *ad hoc* tras una intervención basada en la elaboración de producciones de *visual thinking* sobre la construcción de la identidad profesional docente. Los resultados evidencian un escaso conocimiento previo de la técnica del *visual thinking*, pero una valoración muy positiva para favorecer la reflexión sobre la identidad docente del profesorado en formación inicial, destacando su utilidad para la comprensión, la organización de contenidos y la creatividad, así como la generación de emociones positivas. En conjunto, el *visual thinking* se presenta como una herramienta con gran potencial para el desarrollo de la identidad docente desde una perspectiva cognitiva y emocional.

PALABRAS CLAVE: identidad docente; pensamiento visual; formación inicial del profesorado; Educación Secundaria

ABSTRACT: The development of professional teacher identity is key to the initial training of Secondary Education pre-service teachers, especially in consecutive models like Spain's, where these teachers must transition from a scientific to a teaching identity. This exploratory study analyses the perceptions of 14 pre-service science teachers regarding the use of visual thinking as a tool to foster reflection and the construction of their identity during the Master's Degree in Teacher Education. Responses to an ad hoc questionnaire were analysed following an intervention that involved creating visual thinking projects linked to reflection on the teacher's professional identity. The results reveal limited prior knowledge of the visual thinking technique, but a very positive assessment of its potential to promote reflection on teacher identity among pre-service teachers, highlighting its usefulness for comprehension, content organisation, creativity, and the generation of positive emotions. Overall, visual thinking emerges as a powerful tool for developing teacher identity from both cognitive and emotional perspectives.

KEYWORDS: teacher identity; *visual thinking*; pre-service teacher education; Secondary Education

INTRODUCCIÓN

La formación inicial del profesorado y el acceso a la profesión docente están siendo revisados en numerosos países de la Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). Así, el informe internacional sobre enseñanza y aprendizaje TALIS 2024 (OECD, 2025) revela que una parte del profesorado de Educación Secundaria no se siente suficientemente preparado ni en contenidos ni en aspectos pedagógicos o prácticos para impartir las materias que enseña, provocando que parte de este profesorado no se perciba tanto como docente de una materia, sino como graduado en una disciplina científica que transmite. Estas dificultades identificadas de adaptación a la práctica docente, especialmente en las etapas como profesorado novel, pueden contribuir al abandono temprano de la profesión, un fenómeno ampliamente documentado en la investigación educativa (OECD, 2025).

Resulta por tanto de interés considerar la variedad de modelos de formación inicial docente, que varían según el país (European Commision/EACEA/Eurydice, 2023). Por ejemplo, en Chile, Dinamarca y Finlandia, el sistema sigue un modelo simultáneo de cuatro o cinco años. Por el contrario, en España, Francia, Italia o Grecia, se sigue un modelo estructural consecutivo, en el que este profesorado primero completa un grado de cuatro años de tipo STEM (del inglés, ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), centrado exclusivamente en contenidos científicos y tecnológicos, sin formación didáctica previa, y luego completa un máster de un año, tras el cual, acceden a la docencia. En algunos países, como Austria, Noruega o Irlanda, coexisten ambos modelos, el simultáneo y el consecutivo.

En el caso del modelo consecutivo, el profesorado en formación inicial (PFI) de Educación Secundaria se enfrenta a una marcada dualidad entre su fuerte sentido de identidad científica o tecnológica, arraigado en un profundo conocimiento de los procesos científicos y de ingeniería a través de los estudios previos de grados STEM, una amplia participación en prácticas científicas y metodologías de investigación, y un sentido de reconocimiento como científico o tecnólogo (Carlone y Johnson, 2007), y su identidad emergente como docentes de ciencias o tecnología. Dualidad que plantea dificultades relacionadas con el cambio en su identidad profesional, el modelo de enseñanza al que aspiran y la conciliación de su formación científico-tecnológica con los enfoques de enseñanza (Watters y Diezmann, 2015).

En este contexto, la identidad docente se posiciona como un elemento clave en el desarrollo profesional docente, con un impacto directo en cómo el PFI afronta las expectativas y cambios asociados a la complejidad de los sistemas educativos actuales, que incluyen una creciente demanda de equidad e inclusión y la necesidad de desarrollar pedagogías centradas en el alumnado (Karousiou et al., 2019).

Visual thinking como estrategia innovadora para la construcción de la identidad docente

La identidad profesional docente (IPD) es un concepto complejo y multidimensional. No constituye un constructo estático o inmutable, sino que se transforma a lo largo del tiempo en función de las experiencias personales y profesionales, además de variar entre individuos y contextos socioculturales (Cordingley et al., 2019). Conceptualizada como el conjunto de percepciones, creencias, emociones, motivaciones y actitudes que los docentes tienen sobre su propio rol profesional, en su dimensión sociocultural, su abordaje permite comprender la relación entre el profesorado y el contexto en el que se desarrolla su práctica profesional (Suárez y McGrath, 2022). A pesar del creciente interés en el estudio de la identidad docente (Zhai et al., 2024), reflejado también en informes internacionales (OECD, 2025), aún existen interrogantes relevantes acerca de cómo se configura la identidad docente, qué factores influyen en su transformación y cómo esta incide en la motivación y práctica docente del profesorado (Hanna et al., 2019).

La mayor parte de los estudios que abordan la identidad docente siguen metodologías cualitativas que utilizan entrevistas, cuestionarios y ensayos biográficos como principales instrumentos de investigación (Zhai et al., 2024). Sin embargo, recientemente, el *visual thinking* (VT), ha cobrado relevancia como estrategia innovadora (Shin y Alpern, 2023), proporcionando un acceso único a significados y experiencias no verbales. Esta técnica, que permite representar ideas y conceptos mediante el empleo de elementos gráficos, facilitando así la comprensión y la memoria a la vez que se fomenta la creatividad (Púñez, 2017), se convierte en una herramienta de gran valor reflexivo, favoreciendo procesos como la autoexploración, el autoconocimiento y la construcción identitaria. Aunque aplicada en algunos estudios con profesorado de ciencias en formación inicial (Feille, 2025; Sheffield et al., 2020), la percepción docente sobre su utilidad se encuentra todavía inexplorada. Por ello, esta investigación plantea como objetivo principal conocer la valoración que el profesorado de ciencias en formación inicial tiene sobre el uso de la técnica de *VT* como herramienta para favorecer la construcción y reflexión sobre su identidad docente, respondiendo así a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo valora el profesorado de ciencias en formación inicial el uso del *VT* como herramienta para la construcción y reflexión sobre su identidad docente?

METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló como un estudio exploratorio con 14 docentes de ciencias en formación

inicial que cursaban la especialidad de Física y Química del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria (MAES), con una distribución por género con mayoría femenino (78,6%) y edades comprendidas entre los 23 y los 50 años.

Descripción de la propuesta formativa

La presente propuesta formativa se desarrolló a lo largo de 4 sesiones no consecutivas (10 horas en total) en el marco de la asignatura "Diseño y Desarrollo de Programaciones y Actividades Formativas" del MAES. Tras proporcionar unas orientaciones básicas relacionadas con el uso de imágenes, palabras clave, conectores visuales y organización del espacio, en la primera sesión**,** el PFI representó gráficamente la conceptualización de su identidad docente a partir de sus ideas previas, creencias, experiencias y expectativas profesionales, recogiendo así su representación inicial. En la segunda sesión, se realizó una intervención formativa estructurada en dos seminarios, uno sobre la IPD (abordando su definición, principales marcos teóricos y relevancia en la práctica educativa) y otro sobre la técnica de *VT* como herramienta pedagógica, reflexiva y analítica (incluyendo ejemplos concretos de aplicación tanto en contextos educativos como de su aplicación a la reflexión sobre la IPD). En la tercera y cuarta sesiones, tras la formación recibida, el PFI elaboró un *VT* final, en el que representó nuevamente su reflexión sobre la identidad docente, incorporando los aprendizajes adquiridos tanto sobre IPD como sobre el uso del *VT*. Posteriormente, se llevó a cabo una comparación entre las producciones inicial y final, orientada a identificar posibles cambios en la percepción de su IPD, acompañándolo de una reflexión sobre la misma. Finalmente, se administró un cuestionario de valoración con el fin de recoger la percepción del PFI sobre la utilidad del *VT* como herramienta para la reflexión y construcción de su IPD.

Instrumento de investigación, toma de datos y análisis

La recogida de datos de este estudio exploratorio se llevó a cabo durante el curso académico 2024/2025 mediante un cuestionario de valoración diseñado *ad hoc* e implementado *online* siguiendo las directrices del Comité de Ética de la Universidad de Málaga (CEUMA) (referencia no. 139-2023-H). El cuestionario estuvo formado por 15 ítems que incluían preguntas en escala tipo Likert, preguntas de multiselección y preguntas abiertas, organizadas en tres categorías: (1) utilidad del *VT* para la enseñanza de las ciencias en general y para la construcción de la IPD en particular (ítems 5-7); (2) percepción de los beneficios del *VT* aplicado a la reflexión sobre la IPD, con el propósito de explorar su potencial como herramienta formativa, a pesar de no ser una técnica tradicionalmente utilizada para este fin (ítems 8-12), y (3) emociones emergentes derivadas de la aplicación y puesta en práctica de la técnica (ítem 13). En los resultados se presentan los datos más representativos.

El análisis de los datos se abordó desde un enfoque exploratorio. Las respuestas a las preguntas cerradas (escalas tipo Likert y multiselección) se analizaron de manera descriptiva con el software Microsoft Excel, representándose gráficamente con el fin de identificar tendencias en las valoraciones y percepciones del profesorado en formación inicial. Por su parte, la pregunta abierta fue analizada mediante un proceso de categorización, utilizando el software Atlas.ti (versión 25.0.1), lo que permitió identificar patrones comunes en los beneficios y dificultades percibidos por el PFI en relación con el uso del *VT*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre la técnica del *visual thinking*

En relación con el conocimiento previo de la técnica, los resultados muestran que la mayoría del PFI no conocía el *VT*. En concreto, 13 de los 14 participantes (93 %) indicaron no haber tenido contacto previo con esta herramienta, frente a un único participante (7 %) que afirmó conocerla. Estos resultados reflejan el escaso conocimiento del *VT* en la formación previa del profesorado, lo que refuerza la necesidad de incorporarlo en la formación inicial y analizar su potencial como herramienta educativa. En esta línea, la Tabla 1 recoge las principales categorías de beneficios y dificultades del *VT* identificadas a partir de la pregunta abierta. Entre los beneficios, destacan su contribución a la comprensión de conceptos (79 %) y a la estructuración de contenidos (71%), así como su potencial para fomentar la creatividad (57

%) y la retención de la información (50 %). En cuanto a las dificultades, la principal se relaciona con la definición de la identidad profesional docente (71 %), seguida de la aplicación práctica de la técnica (43 %).

En conjunto, estos resultados ponen de relieve que, aunque el *VT* es percibido como una herramienta con un alto potencial formativo, especialmente en términos de comprensión, organización y creatividad, su implementación plantea ciertos retos, especialmente en relación a la reflexión sobre la identidad docente. Esto refuerza la necesidad de diseñar propuestas formativas que acompañen y guíen al PFI en el uso de esta técnica, especialmente en procesos de carácter más abstracto y reflexivo.

Tabla 1. Resultados del análisis cualitativo para los ítems 8-12.

BENEFICIOS DEL *VISUAL THINKING*		
CATEGORÍA	**FRECUENCIA PFI**	**PORCENTAJE PFI (%)**
Facilita la comprensión de conceptos	11	79 %
Favorece la organización y estructuración de contenidos	10	71 %
Mejora la retención de la información	7	50 %
Potencia la creatividad	8	57 %
Fomenta la implicación y motivación del alumnado	4	29 %
Favorece los procesos de reflexión	4	29 %
Permite la conexión entre conceptos y emociones	2	14 %
Favorece la inclusión y atención a la diversidad	1	7 %
DIFICULTADES ASOCIADAS AL *VISUAL THINKING*		
CATEGORÍA	**FRECUENCIA (PFI)**	**PORCENTAJE PFI (%)**
Dificultades en la definición de la IPD	10	71 %
Dificultades en la aplicación práctica del *VT*	6	43 %
Limitaciones en habilidades artísticas (dibujo)	3	21 %
Falta de creatividad o imaginación	3	21 %

Sobre la utilidad para la reflexión sobre la identidad docente

La Figura 1 recoge la valoración del PFI sobre la utilidad del *VT*, en relación tanto con los procesos de enseñanza-aprendizaje en las ciencias experimentales como con la reflexión sobre IPD. En general, los resultados muestran una percepción claramente positiva. En concreto, el 64 % del PFI considera que el *VT* es muy útil para la enseñanza de las ciencias, mientras que el 36 % lo valora como útil, sin registrarse valoraciones negativas. En lo que respecta al uso de la técnica para fomentar la reflexión sobre la IPD, el 50 % lo percibe como muy útil y un 43 % como útil, frente a un 7 % que lo considera poco útil.

En conjunto, estos resultados muestran una gran aceptación del *VT* tanto en el ámbito didáctico como en su aplicación a la construcción y reflexión de la identidad docente. Es de destacar que, a pesar del escaso conocimiento previo de la técnica, el PFI muestra una valoración positiva tras su uso, lo que refuerza su potencial como herramienta innovadora en la formación inicial. No obstante, la ligera disminución en la valoración cuando se centra en la IPD podría explicarse por la poca familiaridad del PFI con este constructo y con los procesos de reflexión identitaria, lo que refuerza la idea de seguir desarrollando propuestas formativas en esta línea.

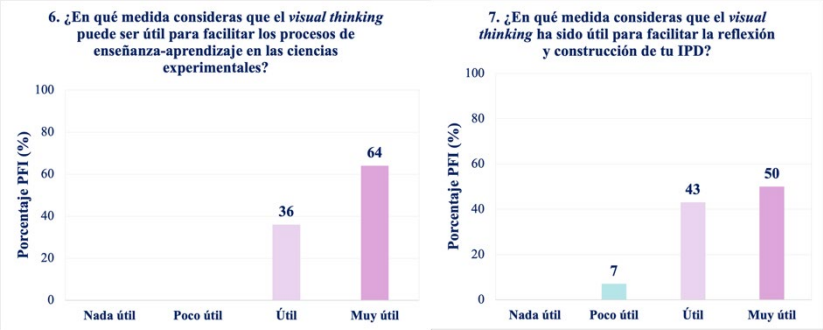


Figura 1. Utilidad del *VT* en la enseñanza de las ciencias y como herramienta para favorecer la reflexión sobre la IPD (ítems 6 y 7).

Sobre las emociones manifestadas

La figura 2 recoge las emociones experimentadas por el PFI durante la tarea de *VT*, diferenciando entre emociones activadores y desactivadoras del aprendizaje, así como su intensidad. En cuanto a las emociones activadoras, predominan las valoraciones positivas y de alta intensidad. La diversión destaca como la emoción más señalada (86 % muy intensa), seguida de la satisfacción (50 % muy intensa). Asimismo, la curiosidad y la confianza alcanzan valores relevantes en intensidades moderadas e intensas (43 % en ambos casos), mientras que la sorpresa y el orgullo presentan una distribución más equilibrada entre niveles débiles y moderados. Por el contrario, las emociones desactivadoras muestran, en general, baja intensidad. La frustración se sitúa en niveles muy débiles (50 %) y débiles (36 %), mientras que la confusión y la vergüenza se concentran principalmente en niveles muy débiles (64 % y 57 %, respectivamente). El rechazo y el aburrimiento se registran mayormente en niveles muy débiles (86 %), y la angustia también se mantiene en niveles bajos (36 % muy débil y 36 % débil).

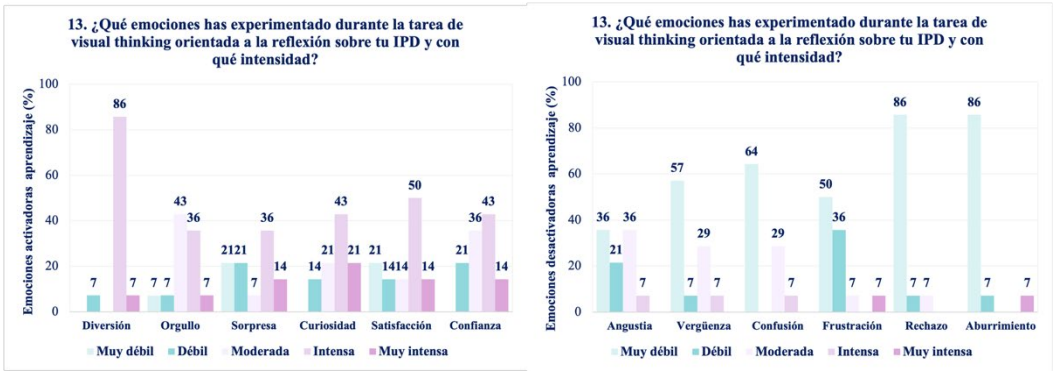


Figura2. Emociones experimentadas por el profesorado en formación inicial durante la actividad de *VT* y su intensidad **(ítem 13)**.

En conjunto, los resultados muestran que la tarea de *VT* genera principalmente emociones positivas y activadoras del aprendizaje, lo que refuerza su potencial como estrategia didáctica motivadora y su valor en la formación inicial del profesorado de ciencias, tanto a nivel cognitivo como emocional, clave en la construcción de la IPD.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio resaltan la importancia de incorporar la reflexión sobre la identidad profesional docente en la formación inicial del profesorado de ciencias. En este sentido, el *VT* se presenta como una herramienta con gran potencial formativo, ya que no solo facilita la construcción y reflexión de la identidad docente, sino que también favorece procesos de comprensión, organización del conocimiento y creatividad.

Asimismo, genera un impacto positivo a nivel afectivo, promoviendo la implicación, la motivación y una experiencia de aprendizaje significativa. No obstante, estos hallazgos así como las limitaciones

derivadas del número de participantes evidencian la necesidad de seguir profundizando en el diseño y desarrollo de este tipo de propuestas formativas, con el fin de consolidar el uso del *VT* como recurso pedagógico e investigativo en la formación del profesorado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto I+D+i "Desarrollo y seguimiento de la identidad docente del profesorado de ciencias en formación y novel. Estudio de la influencia de los procesos de indagación, perfiles emocionales y de género (INQUIRY-IDEG)" (PID2022-140001OA-I00), financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE. La Dra. García-Ruiz agradece al programa RyC2020 (RYC2020-029033-I), financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por El FSE invierte en tu futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carlone, H. B., y Johnson, A. (2007). Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(8), 1187-1218. https://doi.org/10.10002/tea.20237

Cordingley, P., Crisp, B., Johns, P., Perry, T., Campbell, C., Bell, M., y Bradbury, M. (2019). *Constructing teachers' professional identities.* Education International & UNESCO.

European Commission/EACEA/Eurydice (2023). Structural indicators for monitoring education and training systems in Europe – 2023: The teaching profession. Eurydice report. Publications Office of the European Union.

Feille, K. (2025). Models of science teacher identity: The multiple representations of pre-service Elementary science educators. *Journal of Science Teacher Education, 36*(4), 465-484. https://doi.org/10.1080/1046560X.2024.2418147

Hanna, F., Oostdam, R., Severiens, S. E., y Ziljstra, B. J. H. (2019). Domains of teacher identity: A review of quantitative measurement instruments. *Educational Research Review, 27*, 15-27. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.01.003

Karousiou, C., Hajisoteriou, C., y Angelides, P. (2019). Teachers' professional identity in super-diverse school settings: Teachers as agents of intercultural education. *Teachers and teaching*, 25(2), 240-258. https://doi.org/1.1080/13540602.2018.1544121

OECD (2025). *Results from TALIS 2024: The estate of teaching, TALIS.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/90df6235-en

Púñez, N. (2017). El pensamiento visual: una propuesta didáctica para pensar y crear. *Horizonte de la Ciencia*, 7(12), 161-177.

Sheffield, R., Blackley, S., y Bennet, D. (2020). How future educators view themselves and their profesión: A study of pre-service science educators. *Issues in Educational Research, 30*(1), 302-321.

Shin, M., y Alpern, L. W. (2023). Drawing teacher identity: Perspectives of students in a teacher education program. *Social Sciences & Humanities Open, 10*, 101036. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101036

Suárez, V., & McGrath, J. (2022). *Teacher professional identity: How to develop and support it in times of change. OECD Education Working Papers No. 267.* OECD Publication Office. https://dx.doi.org/10.1787/b19f5af7-en

Watters, J. J., y Diezmann, C. M. (2015). Challenges confronting career-changing beginning teachers: A qualitative study of profesional scientist becoming science teachers. *Journal of Science Teacher Education, 26*(2), 163-192. https://doi.org/10.1007/s10972-014-9413-0

Zhai, Y., Tripp, J., y Liu, X. (2024). Science teacher identity research: a scoping literature review. *International Journal of STEM Education, 11*(20), 1-3. https://doi/org/1.1186/s40594-024-00481-8

Identidad docente STEM a través de la indagación y las controversias: diseño de un instrumento

Israel Díez Santibáñez [1], Francisco J. Muela [2] y Ana M. Abril [2]*

[1] Colegio Concepción de Chillán, Chillán, Chile
[2] Departamento Didáctica de las Ciencias, Universidad de Jaén, España

* Correspondencia: amabril@ujaen.es

RESUMEN: Uno de los principales problemas identificados en el ámbito de la educación científica chilena es la brecha entre el conocimiento disciplinar del profesorado y su motivación hacia la implementación de metodologías didácticas que se sabe que fomentan competencias STEM en el alumnado. Si bien los docentes dominan los contenidos, las metodologías didácticas actuales parece que no logran el objetivo de que dichos docentes sean proactivos en la implementación de dichas metodologías que potencian la identidad STEM del estudiantado. El desarrollo de la competencia docente STEM en el profesorado (como motor de dicha proactividad) se vuelve esencial. La investigación, en general, intervendrá mediante una Investigación Basada en el Diseño (DBR) a través de una acción formativa que integre la indagación y las controversias sociocientíficas, pretendiendo mejorar la motivación y la identidad profesional docente STEM. Así mismo, se propondrán principios de diseño transferibles que puedan orientar la formación de profesores en otros contextos similares, logrando así que el conocimiento científico se transforme en una enseñanza efectiva y motivadora. En la presente comunicación se presentan los primeros pasos de dicha investigación, en la que se ha diseñado y validado un instrumento que ha sido utilizado para el análisis *baseline* sobre la práctica docente, el conocimiento sobre indagación y controversias sociocientíficas, la identidad STEM y la identidad docente STEM en el profesorado chileno. Asimismo, se exponen resultados preliminares derivados de su aplicación en profesorado en ejercicio, que permiten establecer una línea base para el desarrollo posterior de la intervención.

PALABRAS CLAVE: formación de profesorado; identidad STEM; identidad docente STEM; indagación; controversias sociocientíficas.

ABSTRACT: One of the main problems identified in science education in Chile is the gap between teachers' disciplinary knowledge and their ability to implement teaching methodologies that foster STEM competences in students. Although teachers demonstrate strong content knowledge, current pedagogical approaches appear insufficient to motivate them or to promote their proactivity in the classroom when implementing methodologies that enhance students' STEM identity. Therefore, the development of STEM competence and STEM teaching competence in educators—understood as a driver of such proactivity—becomes essential. The research project, in general terms, will be conducted through a Design-Based Research (DBR) approach, involving a training intervention that integrates Inquiry-Based Learning and Socio-Scientific Issues, with the aim of improving teachers' motivation and professional identity. Additionally, the study seeks to generate transferable design principles that can guide teacher education in similar contexts, thereby enabling scientific knowledge to be transformed into effective and engaging teaching practices. This paper presents the initial phase of the research, in which an instrument has been designed and validated to conduct a baseline analysis of teaching practices, knowledge of IBL and socio-scientific issues, as well as STEM identity and STEM teaching identity among Chilean teachers. Furthermore, preliminary results from its application with in-service teachers are reported, providing a baseline for the subsequent development of the intervention.

KEYWORDS: Teacher education; STEM identity; STEM teaching identity; Inquiry; Socio-scientific issues.

INTRODUCCIÓN

Considerando el ámbito laboral, ¿cuándo actuamos para que sucedan las cosas que funcionan? En muchas ocasiones nos preguntamos cómo, si conocemos la manera de actuar para que las cosas vayan a mejor, por qué no lo hacemos. La proactividad consiste en tomar el control justo para que determinadas cosas ocurran, anticipando problemas y aprovechando oportunidades; se define como un comportamiento autoiniciado, orientado al cambio y enfocado hacia el futuro. Dicha acción además está impulsada, entre otros aspectos, por estados motivacionales proactivos tales como la autoeficacia ("puedo hacerlo"), por la motivación intrínseca ("tengo una razón para actuar"), el contexto laboral y la percepción de bajo costo o la visualización de que el cambio merece la pena (generación proactiva de objetivos) (Parker et al., 2010). En el ámbito de la educación científica, muchas son las evidencias que sostienen que, si el profesorado trabaja con metodologías que incluyen indagación (IBL) y controversias sociocientíficas (CSC), se favorece la competencia STEM del estudiantado, al mejorar su alfabetización científica, el desarrollo de habilidades y pensamiento crítico, así como el aumento de la motivación e identidad STEM. Estas metodologías no solo enseñan "contenido", sino que sitúan al estudiante en el rol de alguien que *hace* y *decide* sobre ciencia (Lee et al, 2020; Ribeirinha et al, 2024).

Según Singer et al (2020), la participación en experiencias auténticas y significativas permite a los aprendices a reconocerse como agentes activos en la construcción del conocimiento científico, favoreciendo la consolidación de su identidad STEM. Esta relación entre experiencia activa y autopercepción se ve reforzada por la evidencia de que la metodología IBL incrementa la autoeficacia, el interés y las aspiraciones profesionales en áreas STEM (Li, 2020). En el contexto hispanohablante, diversos estudios muestran que la indagación en ciencias y matemáticas, acompañada de experiencias orientadas a la resolución de problemas, fomenta competencias STEM como la argumentación y la aplicación del conocimiento a contextos reales (García-García et al, 2019). Por otro lado, la integración de CSC en el aula se ha identificado como un medio efectivo para desarrollar competencias STEM de manera contextualizada y socialmente relevante. Las CSC obligan al alumnado a analizar evidencias científicas, considerar distintos puntos de vista y tomar decisiones fundamentadas, promoviendo habilidades de pensamiento crítico y argumentación científica (Benek y Akçay, 2022). La combinación de IBL y CSC no solo fortalece la identidad STEM, sino que también promueve la adquisición de competencias clave del siglo XXI, incluyendo la capacidad de evaluar información científica, argumentar y tomar decisiones éticas. Este enfoque integrado permite al alumnado reconocer la relevancia social de la ciencia y consolidar un aprendizaje más profundo y duradero, alineado con los principios de la educación STEM contemporánea (Li, 2020; García-García et al., 2019). Entonces, si existen evidencias de la mejora en competencia STEM del alumnado a través del IBL y las CSC, ¿por qué los docentes no lo implementan? ¿Por qué no son proactivos hacia la puesta en práctica de dichas metodologías en las aulas?

En este momento incorporamos el concepto de *identidad,* que se entiende como un constructo dinámico que depende tanto de la validación externa (reconocimiento) como de la afinidad interna (interés y competencia) y de cómo estos elementos interactúan con el contexto social y cultural del individuo (Dou y Cian, 2022). La relación entre la proactividad y la identidad profesional es fundamental, ya que la segunda actúa como uno de los motores motivacionales más potentes que impulsan a actuar de manera anticipada y orientada al cambio. Existen múltiples ámbitos en los que un profesional puede identificarse con su trabajo, y en el contexto de la educación científica atendemos al ámbito de la práctica profesional, es decir, estamos interesados en que los docentes sean proactivos para aplicar en el aula metodologías didácticas que favorezca la identidad STEM en su alumnado; entendemos que si se favorece la identidad docente STEM ésta puede actuar como motor motivacional para su proactividad en la práctica profesional y por tanto, en el beneficio del estudiantado.

Por su parte, el profesorado chileno de ciencias enfrenta un contexto complejo y de estancamiento en los últimos años. Si bien Chile lidera indicadores de escolarización en Latinoamérica, los resultados de PISA 2022 revelan un desempeño por debajo del promedio de la OCDE. Existe una deficiencia crítica en el manejo didáctico, tanto en docentes con cierta antigüedad en el ejercicio como en aquellos que han finalizado recientemente su formación que se centra mayoritariamente en la especialidad científica

(45%), dejando aproximadamente un 18% a la pedagogía, con una carencia casi total en el conocimiento didáctico del contenido. En cuanto al profesorado en ejercicio, pese a conocerlas, muestran resistencia a aplicar metodologías que obliguen a la interdisciplinariedad o, en general, a cambiar la dinámica de sus aulas. Por su parte, y con respecto al desarrollo profesional, una débil identidad docente STEM y la percepción de baja valoración profesional podrían estar limitando la motivación intrínseca necesaria para transformar la práctica educativa y fomentar el pensamiento crítico en el alumnado.

En términos generales, la investigación que llevaremos a cabo pretende favorecer la identidad STEM del profesorado chileno (en formación inicial y en ejercicio) mediante una formación centrada en la indagación y en el uso de controversias socio-científicas en el aula. Se busca mejorar la motivación intrínseca de los docentes que transforme su práctica y mejore, en última instancia, de la identidad STEM del alumnado de educación secundaria. Por último, y a través de una estructura de investigación DBR o investigación basada en el diseño, se pretende extraer principios de diseño que puedan guiar la formación docente en otros contextos similares.

Como paso previo al abordaje de dicho problema de investigación, en este trabajo se presenta el diseño y la validación de un instrumento que nos ayudará a determinar cómo actúa el profesorado chileno en sus aulas y cómo se identifica como docente, qué nivel de conocimiento tiene sobre IBL y CSC, así como diferentes aspectos sobre su identidad STEM y su identidad docente STEM. Por último, se presentan resultados preliminares del uso de este instrumento para el análisis de base del profesorado en ejercicio.

METODOLOGÍA

El diseño del cuestionario se ha basado en publicaciones previas (Feser y Haak, 2023; Lu et al, 2024; Hacıömeroğlu, 2020) y se ha elaborado en base a cuatro categorías: i) sobre la práctica y la identidad docente en general (*PRACT*) incluyendo ítems sobre la preparación para la docencia, la actuación en el aula, la autoimagen o autoeficacia, entre otros; ii) sobre el conocimiento y uso del IBL y CSC en el aula (*IBLCSC*); iii) sobre la identidad STEM (*IDSTEM*) incluyendo ítems sobre competencia STEM, reconocimiento o interés por el ámbito científico-tecnológico; iv) sobre identidad como docente STEM (*IDDOCSTEM*) incluyendo ítems sobre la percepción de la tarea como docente STEM, autoimagen o motivación por enseñar STEM, entre otros. Se ha utilizado una escala evaluativa tipo Likert de 5 puntos (1 totalmente en desacuerdo, 5 completamente de acuerdo). El instrumento fue sometido a un proceso de validación mediante juicio de expertos, en el que participaron cuatro especialistas en Didáctica de las Ciencias Experimentales (dos de nacionalidad chilena y dos de nacionalidad española). Los expertos evaluaron la pertinencia, claridad y coherencia de los ítems, incorporando una perspectiva internacional en la revisión del cuestionario que finalmente está formado por 24 ítems.

Por su parte, la muestra es de tipo no probabilístico e intencional; 42 docentes en ejercicio de Educación Secundaria en Chile. La selección de los participantes se realizó en función de criterios de accesibilidad y disposición a participar en el estudio. Asimismo, se recogieron datos sociodemográficos de los participantes, tales como años de experiencia docente, área de especialización y tipo de establecimiento educativo, con el fin de caracterizar la muestra y facilitar el análisis de los resultados. Si bien el tamaño muestral y el tipo de muestreo limitan la representatividad estadística de los resultados, nos permite identificar tendencias preliminares y patrones de respuesta relevantes en relación con el fenómeno estudiado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de validez a través de expertos arrojó los siguientes resultados: el cuestionario en términos generales estaba constituido por categorías bien ajustadas al constructo teórico que quería ser medido, sin embargo, los expertos sugirieron cambios tales como: la reformulación de ciertos ítems para aumentar su claridad, la adecuación del lenguaje al contexto de los participantes y la incorporación de definiciones para conceptos clave como indagación y controversias sociocientíficas. Asimismo, se

recomendó reorganizar algunas dimensiones del cuestionario para fortalecer su coherencia interna, especialmente en relación con las categorías PRACT, IDSTEM e IDDOCSTEM.

Con respecto a la fiabilidad, se han calculado los α de Cronbach para el cuestionario completo (0,876 para 24 ítems) y para cada categoría (PRACT 0,801 con 7 ítems; IBLCSC 0,734 con 4 ítems; IDSTEM 0,740 con 4 ítems; IDDOCSTEM 0,878 con 9 ítems) que, junto con el estudio de validez, nos ha servido para descartar algunos ítems del cuestionario originalmente diseñado, pasando de 41 a 24 ítems finalmente.

Una vez vistos los indicadores de adecuación muestral (KMO 0,658, g.l. 276; $p<0.001$), se ha realizado un análisis exploratorio inicial de componentes principales rotación Varimax, arrojando una solución de 6 factores reteniendo un autovalor de >1 y explicando una varianza del 71,853% pero con cargas factoriales cruzadas no discriminatorias para determinados ítems en más de un factor. Al realizar un análisis confirmatorio forzando a 4 factores (según los constructos teóricos subyacentes en el cuestionario original y entendiendo que la solución es coherente y ajustada al marco teórico ya que con 4 factores se explica el 62,088% de la varianza acumulada) converge en 13 iteraciones y se obtiene una distribución de cargas coherente con el diseño teórico. En análisis factorial se observa que 7 ítems cargan principalmente al factor PRACT, 4 lo hacen en el factor IBLCSC, 3 ítems cargan principalmente en IDSTEM y 6 ítems cargan principalmente en IDDOCSTEM. De los cuatro ítems restantes, uno (28) carga en IBLCSC e IDSTEM y tres (31, 32, 33) lo hacen en proporciones muy similares en IDDOCSTEM e IDSTEM. Revisadas las redacciones de los ítems y el constructo teórico, entendemos que la distribución de ítems para el análisis debe mantenerse según se indica en la Figura 1. Estos resultados nos dan una idea de la dificultad de separar las categorías relacionadas con identidad STEM e identidad docente STEM.

Las repuestas de los participantes muestran que, aunque en todos los casos la media por categoría es superior a 3,6 en una escala de 5 puntos, es la categoría sobre conocimiento y aplicación de IBL y CSC en el aula la que presenta menor valor (3,61). A continuación, las categorías IDDOCSTEM e IDSTEM con 3,92 y 4,00 puntos de media respectivamente presentan valores intermedios. Por último, la categoría sobre prácticas e identidad docente en general (PRACT) adquiere un valor medio de 4,49 puntos, el mayor de todos. Si analizamos detenidamente cómo aporta cada ítem en el seno de cada categoría (Figura 1) podemos observar que, para la categoría IBLCSC, aquellos ítems relacionados con el conocimiento y uso en el aula de controversias socio-científicas (ítems 20 y 22 respectivamente) son los menos puntuados. Por su parte, los ítems presentes en la categoría PRACT aportan a dicha categoría de manera bastante homogénea; en ellos se cuestiona sobre aspectos como la formación para la actividad profesional, la colaboración con otros colegas, la evaluación de su propia práctica y sobre su motivación para seguir desarrollándose profesionalmente o sobre su capacidad ante entornos cambiantes. Lo mismo ocurre con los ítems incluidos en la categoría IDSTEM, también aportan de manera más o menos homogénea a la media, y en esta categoría se incluyen cuestiones sobre su competencia STEM, su reconocimiento por otros como persona de ciencia, su reconocimiento personal o su interés por el ámbito científico-tecnológico. Por último, con respecto a la categoría IDDOCSTEM, existen algunos ítems menos valorados por los participantes (36, 37, 38 y 39) y que los interrogan sobre su nivel de autoeficacia implementando docencia STEM, su autoimagen en dicho contexto, así como sobre su motivación o interés. Sin embargo, sí que puntúan más aquellos ítems (31 y 32) que les preguntan directamente sobre la oportunidad de incluir la interdisciplinariedad o el carácter provisional de la Ciencia en sus aulas. En análisis de correlación se observa, por ejemplo, que los ítems que correlacionan más fuerte son los incluidos en IDDOCSTEM, que los docentes que saben planificar lecciones basadas en indagación y enseñan habilidades de análisis de datos son los mismos que incorporan CSC, que los docentes que reflexionan sobre su práctica son los docentes motivados por seguir formándose o que la afición personal por la ciencia (identidad STEM) precede o refuerza la identidad docente STEM.

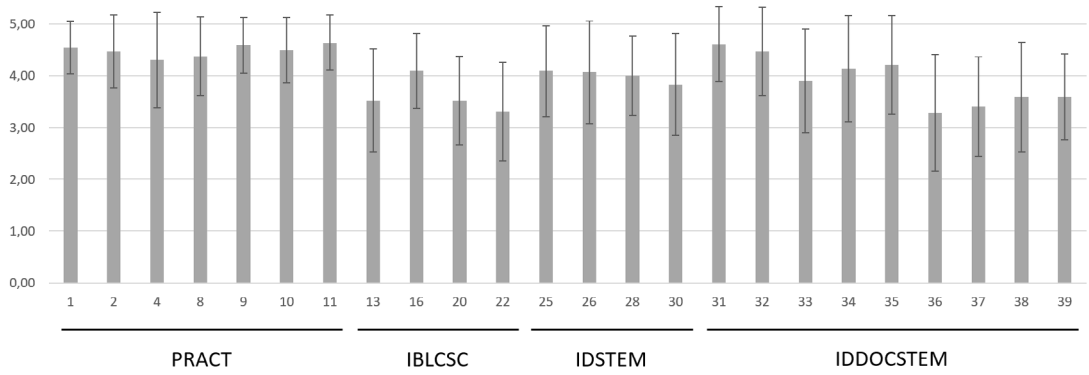


Figura 1. Medias y desviación estándar de cada uno de los ítems de las categorías analizadas

CONCLUSIONES

El presente trabajo forma parte de una investigación más extensa que pretende mejorar la proacción del profesorado de Educación Secundaria para la incorporación de metodologías didácticas que mejoran la competencia STEM del alumnado (IBL y CSC) a través de la mejora de la identidad docente STEM. Como paso previo al desarrollo e implementación de propuestas formativas para la mejora, se ha diseñado un instrumento que incorpora ítems agrupados en 4 categorías y que abarcan la práctica y la identidad docente en general, conocimiento y uso de IBL y CSC, identidad STEM e identidad como docente STEM en base a investigaciones previas (Hanna et al, 2020; Maric et al, 2023; Galanti y Holincheck, 2022). Tras llevar a cabo un análisis del cuestionario se ha determinado que es válido y fiable mostrando tanto el instrumento completo como por categorías, datos de □ de Cronbach superiores a 0,73 y tras un análisis factorial confirmatorio se explica el 62% de la varianza acumulada.

Así pues, el instrumento se ha utilizado para estudiar una muestra piloto de profesorado de ciencias de Educación Secundaria chileno en ejercicio, a modo de investigación exploratoria. Observamos una tendencia a identificar la necesidad de buenas prácticas docentes en general entendiendo que es importante incorporar metodologías tipo IBL o CSC, aunque son menos lo que las implementan en sus clases; en esta misma línea se obtienen resultados que sugieren que los niveles de eficacia o de motivación en el profesorado para su implementación real en el aula no son todo lo buenos que podrían ser. Estos resultados están en línea con estudios previos que señalan que, aunque el profesorado reconoce el valor de estas metodologías, esto no se traduce en una implementación profunda o regular en el aula debido a barreras conceptuales, estructurales y de formación docente (Lee y van Aalst, 2021; Setiyani et al, 2025). Este trabajo presenta la limitación del tamaño de muestra, que se pretende mejorar en el transcurso de la investigación completa, aunque el objetivo de esta comunicación no consiste en presentar un análisis estadístico extrapolable, sino una investigación exploratoria buscando tendencias de comportamiento.

Con el diseño de cuestionario presentado, se pretende aportar conocimiento en el ámbito de la identidad docente STEM como marcador de proactividad. Este estudio será completado con el diseño, a través de DBR, de una intervención para formación inicial y continua del profesorado que mejore su identidad docente STEM e intentar, así, que se impliquen más en llevar las prácticas de IBL y CSC a las aulas chilenas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través del proyecto PID2024-160066NB-C22.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benek, İ. y Akçay, B. (2022). The effects of socio-scientific STEM activities on 21st century skills of students. *Participatory Educational Research, 9*(2), 100–120. https://doi.org/10.17275/per.22.27.9.2

Dou, R. y Cian, H. (2022). Constructing STEM identity: An expanded structural model for STEM identity research. *Journal of Research in Science Teaching, 59*(3), 458-490. https://doi.org/10.1002/tea.21734

Feser, M. S. y Haak, I. (2023). Key features of teacher identity: a systematic meta-review study with special focus on teachers of science or science-related subjects. *Studies in Science Education, 59*(2), 287-https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2108644

Galanti, T. M. y Holincheck, N. (2022). Beyond content and curriculum in elementary classrooms: Conceptualizing the cultivation of integrated STEM teacher identity. *International Journal of STEM Education, 9*, 43. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00358-8

García-García, F. J., Quesada-Armenteros, A., Romero Ariza, M. y Abril Gallego, A. M. (2019). Promover la indagación en matemáticas y ciencias: desarrollo profesional docente en primaria y secundaria. *Educación XX1, 22*(2), 335–359. https://doi.org/10.5944/educxx1.23513

Hacıömeroğlu, G. (2020). The reliability and validity study of the STEM Identity instrument. *Osmangazi Journal of Educational Research, 7*(2),1-13 .https://dergipark.org.tr/en/pub/ojer/issue/57975/769542

Hanna, F., Oostdam, R., Severiens, S. E. y Zijlstra, B. (2020). Assessing the professional identity of primary student teachers: Design and validation of the Teacher Identity Measurement Scale. *Studies in Educational Evaluation, 64*, 100822. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2019.100822

Lee, H., Lee, H. y Zeidler, D. L. (2020). Examining tensions in the socioscientific issues classroom. *Journal of Research in Science Teaching, 57*(5), 672–694. https://doi.org/10.1002/tea.21600

Lee, H.-S. y van Aalst, J. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review, 32*, 100377. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100377

Li, Y. (2020). Six years of development in promoting identity formation of STEM education as a distinct field. *International Journal of STEM Education, 7*, 59. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00257-w

Lu, C., Obenchain, K. y Zhang, Y. (2024). Exploring teachers' inclination towards adopting inquiry-based learning in social studies: Insights from teacher professional identity. *Teaching and Teacher Education, 145*, 104628. https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104628

Maric, D., Fore, G. A., Nyarko, S. C. y Varma-Nelson, P. (2023). Measurement in STEM education research: A systematic literature review of trends in the psychometric evidence of scales. *International Journal of STEM Education, 10*, 39. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00430-x

Parker, S. K., Bindl, U. K. y Strauss, K. (2010). Making things happen: A model of proactive motivation. *Journal of management, 36*(4), 827-856. https://doi.org/10.1177/0149206310363732

Ribeirinha, T., Baptista, M. y Correia, M. (2024). Investigating the Impact of STEM Inquiry-Based Learning Activities on Secondary School Student's STEM Career Interests. *Education Sciences, 14*(10), 1037. https://doi.org/10.3390/educsci14101037

Setiyani, A., Munfaridah, N. y Hidayat, A. (2025). Challenges of Science Teachers in Designing Inquiry Learning: A Systematic Literature Review. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ), 8*(2), 569–583. https://doi.org/10.37891/kpej.v8i2.1026

Singer, A., Montgomery, G. y Schmoll, S. (2020). How to foster the formation of STEM identity: Studying diversity in an authentic learning environment. *International Journal of STEM Education, 7*, 54. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00254-z

Percepción de profesorado en formación inicial sobre aspectos de su identidad docente STEM con perspectiva de género

Carolina Martín-Gámez,[1] Cristina García-Ruiz,[1] Verónica Torres-Blanco,[2] Desirée García-Durán,[1] Agustina Torres-Prioris[1] y Asunción Jiménez-Cordero[3]*

[1] Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España

[2] Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

[3] Análisis matemático, estadística e investigación operativa y matemática aplicada, Universidad de Málaga, España

* Correspondencia: cmarting@uma.es

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es conocer la percepción del profesorado en formación inicial (PFI) sobre algunos aspectos que influyen en la conformación de su identidad docente en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (acrónimo en inglés STEM) con perspectiva de género (percepción sobre la conciliación laboral y personal, la formación en inclusión y accesibilidad, la representación de género y las acciones e iniciativas formativas promotoras de la equidad de género en áreas STEM). Participaron 210 PFI del Grado en Educación Primaria y de las especialidades científico-tecnológicas del Máster en Educación Secundaria (MAES). Se presentan los resultados a las 11 preguntas cuantitativas de un cuestionario validado estadísticamente. Los resultados apuntan a que el PFI dispone de percepciones poco definidas y consolidadas en aspectos que podrían resultar clave para desarrollar una identidad docente STEM que incluya la perspectiva de género. Por tanto, se enfatiza en la necesidad de incorporar espacios de aprendizaje de reflexión crítica durante la formación inicial docente, que permitan desarrollar una conciencia social sobre las condiciones en las que se construye y se enseña la ciencia y la ingeniería, y competencias profesionales para promover la visibilidad de las mujeres y su inclusión en las STEM.

PALABRAS CLAVE: educación STEM; profesorado en formación inicial; sensibilización sobre género; identidad docente

ABSTRACT: The aim of this study is to understand the perceptions of pre-service teachers (PTs) regarding aspects that influence the formation of their STEM teaching identity from a gender perspective (perceptions of work-life balance, training in inclusion and accessibility, gender representation, and training initiatives that promote gender equity in STEM fields). 210 PTs from the Primary Education degree and the science and technology specializations of the MAES participated. The results of the 11 quantitative questions from the statistically validated questionnaire are presented. The results suggest that PTs have poorly defined and consolidated perceptions regarding aspects that could be key to developing a STEM teaching identity that incorporates a gender perspective. Therefore, emphasis is placed on the need to incorporate critical reflection learning spaces during initial teacher training, which allow the development of a social awareness about the conditions in which science and engineering are built and taught, and professional skills to promote the visibility of women and their inclusion in STEM.

KEYWORDS: STEM education; pre-service teachers; gender awareness; teacher identity

INTRODUCCIÓN

Fortalecer la identidad docente con perspectiva de género es clave para transformar la cultura escolar y académica y desafiar las identidades impuestas por la sociedad (Avraamidou, 2022). Es fomentar la construcción de una identidad docente que reconozca y apoye la equidad y la diversidad (Suárez y McGrath, 2022), y fomente una mayor autoeficacia y prácticas educativas inclusivas (Woodcock *et al.*,

2022). Esto es especialmente relevante para las niñas, quienes se enfrentan a una brecha de género, que les obliga a alinear su identidad de género con su decisión de continuar sus estudios en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) (Martín-Peciña *et al*., 2025). Reconociendo la influencia que el profesorado ejerce en la toma de decisiones de su alumnado sobre su desempeño y afinidad por las áreas STEM (Gullberg *et al*., 2018), es importante comprender las percepciones del profesorado sobre la enseñanza de la ciencia y la ingeniería con perspectiva de género. Estas percepciones influyen, y en ocasiones, son determinantes en su práctica docente contribuyendo a la aparición de barreras que suelen generar falta de interés hacia las carreras STEM (Drymiotou *et al*., 2024). Identificarlas en el profesorado en formación inicial (PFI) resulta esencial con el fin de reducir sesgos y de evitar su perpetuación y refuerzo dentro del sistema educativo, ya que influyen en las decisiones de su alumnado, y contribuyen a mantener la brecha de género en la sociedad (Giarratano *et al*., 2025). Estos sesgos pueden estar relacionados con las percepciones de las áreas STEM, asociadas a una imagen de la ciencia escolar que difiere de las prácticas reales (Fernández-Sánchez *et al*., 2025; Torres-Blanco *et al*., 2025). Su identificación, aunque desafiante, es esencial (Hughes *et al*., 2020), ya que podría impactar en los programas de formación docente al aumentar la conciencia del PFI para crear entornos inclusivos y ofrecer igualdad de oportunidades en la elección de carreras profesionales (Christou *et al*., 2022).

Por ello, esta investigación tiene como objetivo conocer la percepción del PFI sobre algunos aspectos que influyen en la conformación de su identidad docente STEM con perspectiva de género. En concreto, se abordará la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo es la percepción de PFI sobre aspectos relacionados con la conciliación laboral y personal, la formación en inclusión y accesibilidad, la representación de género y las acciones e iniciativas formativas promotoras de la equidad de género en áreas STEM?

METODOLOGÍA

Participantes

En esta investigación han participado, de forma voluntaria, 210 PFI del Grado en Educación Primaria y de las especialidades científico-tecnológicas del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Málaga (48,10 %) y de la Universidad de Sevilla (51,90 %). La mayoría del PFI se identificó con el género femenino (71,91 %) y era menor de 25 años (80 %) (Tabla 1).

Tabla 1. Perfil de PFI participante.

DISTRIBUCIÓN POR NIVEL EDUCATIVO	***N***	**%**
PFI del Grado en Educación Primaria	165	78,57
PFI del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria	45	21,43
DISTRIBUCIÓN POR GÉNERO	***N***	**%**
Femenino	151	71,91
Masculino	57	27,14
Otro	2	0,95
DISTRIBUCIÓN POR EDAD	***N***	**%**
< 25	168	80,00
25-35	26	12,38
> 35	16	7,62

Instrumento de investigación

Se utilizaron las preguntas del cuestionario WOUMAP (García-Ruiz *et al*., 2025). Este fue validado estadísticamente a través de un análisis de componentes principales (García-Ruiz *et al*., sometido), con una consistencia interna **α** de Cronbach de 0.76, indicando una fiabilidad suficiente entre los cuatro componentes identificados (Nunnally, 1978). En esta comunicación se presentan solo los resultados de las 11 preguntas de escala Likert de 5 puntos del cuestionario (preguntas 2, 3, 4, 5, 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f y 8), las cuales tras el análisis de componentes quedaron agrupadas como se indica a continuación:

componente 1 (C1) relacionado con las acciones e iniciativas formativas conocidas para promover la equidad de género en áreas STEM (preguntas P7a, P7b, P7c y P7d); C2 relacionado con la percepción sobre el equilibro entre la vida laboral y personal en las áreas STEM (P2 y P3); C3 referido a la percepción sobre la formación en inclusión y accesibilidad en áreas STEM (P7e y P7f), y C4 relacionado con la percepción sobre la representación de género en áreas STEM (P4, P5 y P8) (Tabla 2).

Tabla 2. Preguntas de escala Likert del cuestionario WOUMAP.

P2. ¿En qué grado crees que es compatible la dedicación a una carrera en las áreas STEM con la conciliación personal, en referencia al equilibro entre las responsabilidades laborales o académicas y el tiempo necesario para el bienestar, el desarrollo personal y la vida social)? *(1: Muy bajo – 5: Muy alto)*
P3. ¿En qué grado crees que es compatible la dedicación a una carrera en las áreas STEM con la conciliación familiar, referida al equilibro entre las responsabilidades laborales o académicas y el tiempo necesario para atender las responsabilidades familiares? *(1: Muy bajo – 5: Muy alto)*
P4. ¿En qué grado consideras que la perspectiva de género está representada adecuadamente en la formación de áreas STEM? *(1: Muy bajo – 5: Muy alto)*
P5. En las asignaturas del grado o máster que estás cursando, ¿en qué grado se incorpora una perspectiva de género o se promueve la igualdad de género de manera explícita en la enseñanza de las materias STEM? *(1: Muy bajo – 5: Muy alto)*
P7. Indica con qué frecuencia se muestran o discuten las siguientes acciones en las asignaturas del grado o máster que estás cursando *(1: Muy baja – 5: Muy alta)* **a.** Mujeres relevantes actuales y cercanas para la ciencia/ingeniería **b.** Aportaciones de mujeres relevantes para la ciencia/ingeniería **c.** Contexto social y personal de mujeres relevantes para la ciencia/ingeniería **d.** Científicas/Ingenieras invitadas para impartir una charla sobre la materia **e.** Reflexión sobre que no es necesario disponer de capacidades extraordinarias para dedicarse a la Ciencia/Tecnología/Ingeniería/Matemática **f.** Diversidad física y geográfica de las personas que hacen ciencia/ingeniería
P8. ¿En qué grado consideras que las mujeres están representadas adecuadamente en las áreas STEM? *(1: Muy bajo – 5: Muy alto)*

Toma de datos y análisis

Los datos se recopilaron durante los cursos 2024/2025 y 2025/2026 mediante un cuestionario online administrado en PFI del Grado en Educación Primaria y de las especialidades científico-tecnológicas del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria, contando con la autorización del Comité de Ética de la Universidad de Málaga (nº de referencia 96-2023-H). Para el análisis cuantitativo se utilizó el software libre basado en R, Jamovi v. 2.3.21, realizando un estudio descriptivo y aportando el porcentaje de frecuencia para la distribución de respuestas en cada pregunta. Para simplificar la interpretación de los datos, dado que todas las preguntas estaban formuladas de manera afirmativa, se consideraron como "positivas" las respuestas correspondientes a los niveles 4 y 5 en la escala Likert, y como "negativas" las respuestas de los niveles 1 y 2, y "neutro" las respuestas del nivel 3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que no hay una tendencia clara en los participantes sobre la percepción que tienen de la compatibilidad entre la vida laboral y personal en áreas STEM (P2 y P3) (Figura 1A). Los porcentajes son similares entre las que lo encuentran poco o muy poco compatible (negativas) (21 % y 26,2 %), y las que lo consideran compatibles y muy compatibles (positivas) (26,7 % y 24,3 %). Además, en ambos casos, la mitad de las personas preguntadas no manifiestan una posición determinante y

se mantienen en la respuesta que representa una percepción neutra (52,4 % y 49,5 %). Por otra parte, los resultados correspondientes a los ítems e y f de la P7 (Figura 1B) evidencian que perciben haber abordado poco durante su formación cómo son las personas que trabajan en áreas STEM. La tendencia en estas preguntas se inclina hacia valoraciones negativas (39 % y 51,4 %), acentuándose especialmente cuando se les pregunta por la diversidad física que podrían presentar dichas personas.

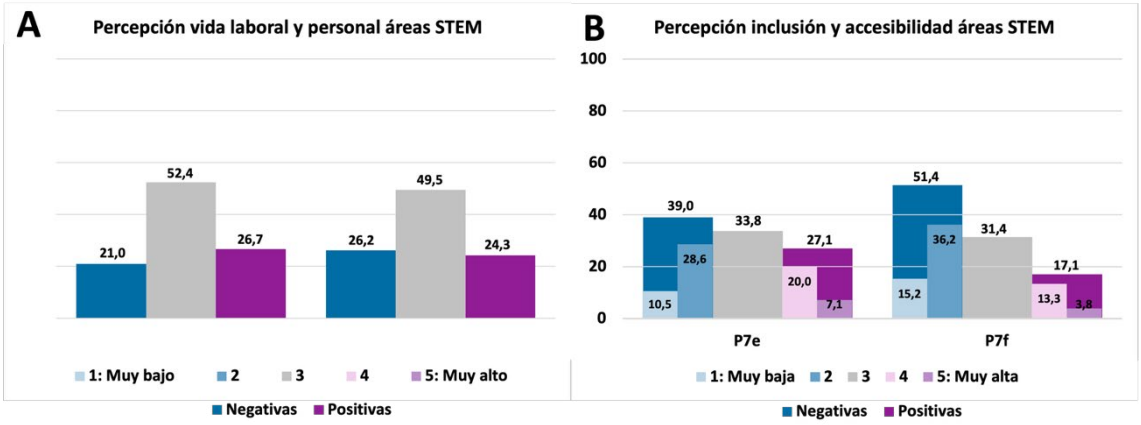


Figura 1. Percepción sobre el equilibro entre la vida laboral y personal en las áreas STEM (A) y percepción sobre la formación en inclusión y accesibilidad en áreas STEM (B)

En relación con la percepción de los participantes sobre la representación femenina en las áreas STEM, una proporción considerable del PFI se sitúa en una posición neutra (46,7 %) al valorar si consideran que el enfoque de género está suficientemente presente en la formación STEM (P4) (Figura 2). El resto de los participantes se inclina hacia una percepción negativa, indicando que estos enfoques no se encuentran incorporados de manera adecuada en el proceso formativo en estas áreas. Sin embargo, este resultado contrasta con el obtenido en la P5 donde un número alto de participantes (41 %) creen que durante su experiencia formativa universitaria sí han experimentado estos enfoques de manera explícita (P5). También es destacable como hay una tendencia clara a no reconocer que las mujeres están subrepresentadas en estas áreas (P8), ya que casi la mitad del PFI participante (45,7 %) no es consciente de esta realidad.

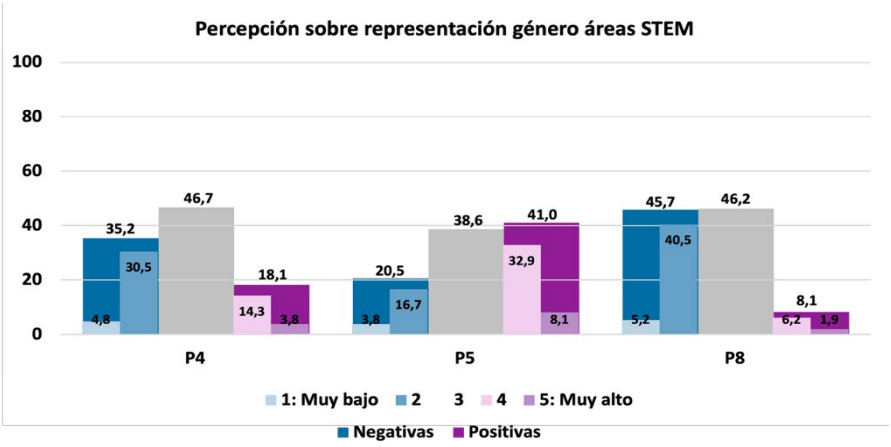


Figura 2. Percepción sobre la representación de género en áreas STEM

La falta de una posición clara sobre la compatibilidad profesional y personal en los ámbitos STEM, así como no reconocer la subrepresentación de mujeres en estos ámbitos puede condicionar las expectativas que el futuro profesorado transmite a su alumnado e impedir desarrollar una identidad docente crítica y comprometida con la inclusión y la equidad en estos campos (Brussino, 2021). Por otra parte, que reconozcan que los enfoques de género no están adecuadamente integrados en la formación, aunque manifiesten haber experimentado algo en este sentido durante su formación universitaria, sugiere cierta presencia, pero posiblemente insuficiente y poco adecuada.

Finalmente, los resultados sobre la percepción del PFI respecto a las acciones formativas experimentadas para promover la equidad en áreas STEM (Figura 3) muestran una tendencia que indica que las iniciativas orientadas a integrar referentes femeninos actuales y sus aportaciones en la docencia (P7a y P7b) siguen siendo muy poco frecuentes. Esta tendencia es aún mayor cuando se les pregunta por acciones relacionadas con abordar el contexto social y personal de estos referentes (P7c), ya que casi la mitad (46,7 %) considera que este tipo de iniciativas rara vez se realizan. Por último, las charlas de científicas e ingenieras parece ser la práctica menos experimentada por los participantes, dado que más de la mitad del estudiantado (56,7 %) percibe que este tipo de actividades casi nunca ocurre. La poca experiencia del PFI en actividades e iniciativas de visibilización de referentes dificulta su reflexión sobre los estereotipos y sesgos existentes, y la integración de referentes femeninos en su enseñanza científica e ingenieril (Torres-Blanco *et al*., 2025).

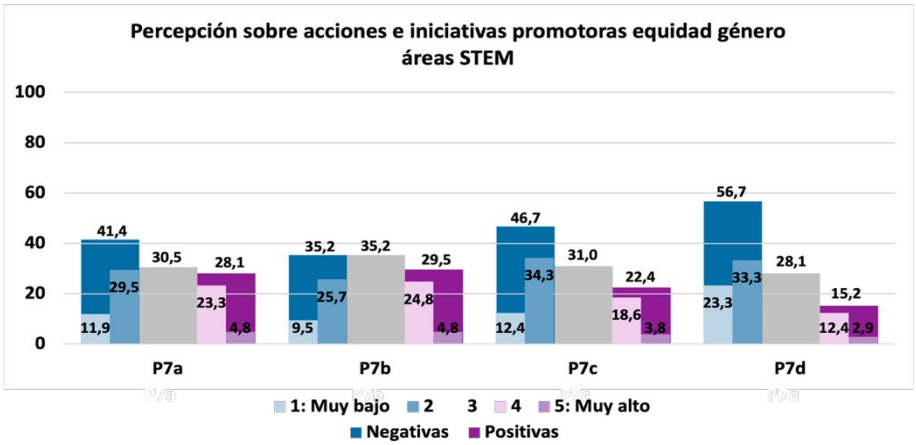


Figura 3. Percepción sobre a las acciones formativas para promover la equidad en áreas STEM

CONCLUSIONES

El estudio presentado pone de manifiesto percepciones en el profesorado en formación inicial poco definidas y consolidadas en aspectos que podrían resultar clave para desarrollar una identidad docente STEM que incluya la perspectiva de género. Además, estas percepciones y experiencias poco definidas pueden dar lugar a una identidad docente STEM menos reflexiva, con menor capacidad para promover aspiraciones profesionales inclusivas, y para cuestionar las barreras que afectan a determinados grupos. Esto limitará su capacidad para integrar efectivamente esta perspectiva en su identidad profesional y por tanto, en su futura práctica docente. Desde una perspectiva formativa, esto subraya la importancia de incorporar espacios de aprendizaje prácticos y de reflexión crítica durante la formación inicial docente, que permitan desarrollar una conciencia social sobre las condiciones en las que se construye y se enseña la ciencia y la ingeniería, y competencias profesionales para promover la visibilidad de las mujeres y su inclusión en STEM (Martín-Peciña *et al*., 2025).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos de I+D+i “Desarrollo y seguimiento de la identidad docente de profesores de ciencias noveles y en formación. Estudio de la influencia de los procesos de indagación, perfiles emocionales y de género (INQUIRY-IDEG)” (referencia PID2022-140001OA-I00), financiado por MICIU/AEI/1.13039/501100011033 y FEDER (UE) y “Visibilidad de las investigadoras STEM de la UMA en la formación inicial del profesorado. Percepción y mapeo como estrategias hacia la inclusión de la perspectiva de género en la educación STEM” (PPRO-B2-2023-02, referencia JA-B2-02), financiado por IIPPIT UMA. La Dra. García-Ruiz agradece al programa RYC2020 (referencia: RYC2020-029033-I), financiado por MICIU/AEI/1.13039/501100011033 y FSE “Invertir en tu futuro”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avraamidou, L. (2022). Identities in/out of physics and the politics of recognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(1), 58-94. https://doi.org/10.1002/tea.21721

Brussino, O. (2021). *Building capacity for inclusive teaching: Policies and practices to prepare all teachers for diversity and inclusion*. OECD Education Working Papers, 256. OECD publishing. https://dx.doi.org/10.1787/57fe6a38-en

Christou, E., Parmaxi, A., Economides, A. A., Perifanou, M., Manchenko, M., y Mazaj, J. (2022). Challenges and good practices in STEM: A systematic review and implications for higher education institutions. In *IEEE Integrated STEM Education Conference* (pp. 215-220). https://doi.org/10.1109/ISEC54952.2022.10025235

Drymiotou, I., Constantinou, C., y Avraamidou, L. (2024). Would a career in science suit me? Students' self-views in relation to science and STEM career aspirations. *International Journal of Science Education*, 1-25. https://doi.org/10.1002/rcs.2559

Fernández-Sánchez, A., Sánchez-Bello, A., y Arias-Rodríguez, A. (2025). Analysis of secondary school students' perceptions of scientists and their impact on STEM education from a gender perspective. *Revista de Investigación Educativa*, 43. https://doi.org/10.6018/rie.559881

García-Ruiz, C., Torres-Blanco, V., García-Durán, D., Martín-Gámez, C., Torres-Prioris, A., y Jiménez-Cordero, A. (sometido). *Gender perspectives in STEM education. An exploratory study with pre-service teachers*.

García-Ruiz, C., García-Durán, D., Torres-Blanco, V., Torres-Prioris, A., Jiménez-Cordero, A., y Martín-Gámez, C. (2025). Teaching perceptions in promoting gender equality in STEM: An analysis of female role models and visibility strategies. The 16th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Copenhagen (Denmark), 25-29 Aug 2025

Giarratano, G., Fazio, C., Termini, G., y Battaglia, O. R. (2025). Primary school prospective teachers' perceptions and beliefs on gender stereotypes in science: A case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(9), em2698. https://doi.org/10.29333/ejmste/16829

Gullberg, A., Andersson, K., Danielsson, A., Scantlebury, K., y Hussénius, A. (2018). Pre-service teachers' views of the child-reproducing or challenging gender stereotypes in science in preschool. *Research in Science Education*, 48, 691-715. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9593-z

Hughes, R., Schellinger, J., Billington, B., Britsch, B., y Santiago, A. (2020). A summary of effective gender equitable teaching practices in informal STEM education spaces. *Journal of STEM Outreach*, 3(1), 1-9. https://doi.org/10.15695/jstem/v3i1.16

Martín-Peciña, M., Quesada, A., Abril, A. M., y Romero-Ariza, M. (2025). Breaking barriers to unleash STEM futures by empowering girls through mentorship in summer camps. *Education Sciences*, 15(2), 242. https://doi.org/10.390/educsci15020242

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory (2nd ed.)*. McGraw-Hill.

Suárez, V., and McGrath, J. (2022). *Teacher professional identity: How to develop and support it in times of change*. OECD Education Working Papers 267. OECD Publishing. https://dx.doi.org/10.1787/b19f5af7-en

Torres-Blanco, V., Fernández-Oliveras, A., y Martín-Gámez, C. (2025). Overcoming stereotypes in teacher training: Responses from a systematic review to address the gender gap in STEM. *Journal of Turkish Science Education*, 22(3), 508-526. https://doi.org/10.36681/tused.2025.026

Woodcock, S., Sharma, U., Subban, P., and Hitches, E. (2022). Teacher self-efficacy and inclusive education practices: Rethinking teachers' engagement with inclusive practices. *Teaching and Teacher Education*, 117, 103802. https://doi.org710.1016/j.tate.2022.103802

Cuestionando el pensamiento docente implícito del futuro profesorado de secundaria

Alejandra Abellán-Llobregat, Alexandra Rey Cubero, Carolina Nicolás-Castellano, Isabel Luján Feliu-Pascual, Rubén Limiñana Morcillo, Asunción Menargues Marcilla, Sergio Rosa Cintas, Joaquín Martínez-Torregrosa

Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Universidad de Alicante

RESUMEN: Este trabajo analiza cómo influye la toma de conciencia de las propias concepciones alternativas y un modelo de enseñanza problematizada en las actitudes del futuro profesorado de Física y Química. El estudio se ha desarrollado en el contexto del Máster de Formación del Profesorado de la Universidad de Alicante, especialidad Física y Química, cuyas asignaturas de Didáctica se imparten siguiendo el modelo de enseñanza problematizada. Se diseñaron dos instrumentos complementarios. El primero, un cuestionario conceptual sobre contenidos básicos de Física y Química correspondientes a niveles de Educación Secundaria y Bachillerato que fue administrado a 131 estudiantes al inicio de la asignatura. Este primer instrumento se utilizó para, por un lado, provocar una toma de conciencia de ideas alternativas a pesar de tener una extensa formación científica y, por otro, justificar el modelo de enseñanza de las ciencias basado en la investigación y la resolución de problemas como alternativa a la simple transmisión de conocimientos. Al finalizar la asignatura se analizaron las actitudes generadas durante el proceso con un segundo cuestionario actitudinal sobre el cuestionario 1 y el modelo de enseñanza. Este segundo cuestionario fue cumplimentado por 25 estudiantes. La valoración global de la experiencia es positiva, destacando la utilidad del cuestionario 1 para reconocer la influencia de dichas concepciones alternativas en sus propios razonamientos y para cuestionar el modelo de enseñanza transmisiva previamente recibido. En conjunto, los resultados respaldan la pertinencia del modelo de enseñanza problematizada como vía para promover una actitud positiva hacia el cambio didáctico.

PALABRAS CLAVE: formación del profesorado; física y química; concepciones alternativas; hipótesis del modelo de enseñanza problematizada.

ABSTRACT: This study examines the influence of raising awareness of pre-service teachers' own alternative conceptions, together with the implementation of a problem-based teaching model, on their attitudes toward science teaching and learning. The research was conducted within the University Master's degree in Academic Staff of Secondary Education and High School (Physics and Chemistry specialization), where Didactics courses are delivered following a problem-based instructional approach. Two complementary instruments were designed. The first consisted of a conceptual questionnaire on basic Physics and Chemistry contents at secondary and upper secondary education levels, administered to 131 students at the beginning of the course. This instrument served a dual purpose: on the one hand, to promote awareness of persistent alternative conceptions despite students' extensive scientific background; on the other, to justify the adoption of an inquiry- and problem-based teaching model as an alternative to traditional knowledge transmission. At the end of the course, students' attitudes developed throughout the process were analyzed using a second, attitudinal questionnaire focused on both the initial questionnaire and the teaching model. This second instrument was completed by 25 students. Overall, the experience was positively evaluated, highlighting the usefulness of the first questionnaire in helping students recognize the impact of their own conceptual errors on their reasoning and in questioning the traditional teaching model they had previously experienced. Overall, the results support the relevance of the problem-based teaching model as a means of promoting a positive attitude toward pedagogical change.

KEYWORDS: Pre-service teacher education; Science education; Alternative conceptions; inquiry-based learning.

INTRODUCCIÓN. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Saber analizar la enseñanza convencional -mayormente basada en la transmisión de conocimientos en su estado final, más o menos acompañada recientemente de "técnicas de animación"- y disponer de alternativas fundadas en la investigación didáctica para poner en práctica los aspectos más importantes de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias (planteamiento de preguntas investigables; introducción de conceptos y modelos; trabajos prácticos, resolución de problemas y evaluación) es uno de los grandes objetivos en la formación inicial de los futuros profesores de Física y Química (en adelante, FQ). Los futuros docentes deben dominar los contenidos científicos y además ser conscientes tanto de sus propias concepciones como del modelo epistemológico implícito en su formación previa (Addido et al., 2022; Gray et al., 2022; Kotsis y Gavrilas, 2025).

Ello requiere que los profesores en formación tomen conciencia de las deficiencias de la enseñanza habitual y que "vivan en propia carne" cómo se puede enseñar y aprender Física y Química con el modelo alternativo que se desea promover en el Máster de Profesorado. Debe haber coherencia entre cómo decimos que habría que enseñar para aprender mejor y cómo les enseñamos en el Máster. En nuestro caso, el modelo alternativo es la enseñanza problematizada o por investigación guiada, y la coherencia nos exige, por tanto, problematizar todos los módulos y temas (de FQ) que se van a tratar en las 120 horas de las que disponemos.

A continuación de una presentación movilizadora inicial, el primer objetivo es que tomen conciencia de las deficiencias de la enseñanza convencional e identifiquen posibles causas de éstas que preparen el terreno para la elaboración justificada de modelos alternativos que puedan competir con éxito con dicho modelo de enseñanza.

En la enseñanza problematizada sabemos que un factor crucial para su eficacia es que los estudiantes se apropien del problema. En nuestro caso el problema es "¿A qué pueden deberse las dificultades para aprender conocimientos científicos? Posibles causas y alternativas". Como actividad inicial para que se apropien del problema planteamos la siguiente:

> "El pensamiento espontáneo, de muchos profesores y de la sociedad en general, suele achacar esta situación a características propias del alumnado: falta de capacidad ("¡las ciencias son muy complejas!, sólo algunos privilegiados pueden tener acceso a ellas"), "motivación", esfuerzo ("hay estudiantes que estudian más y otros menos", "los hay motivados y otros que no se motivan"), procedencia social, y a la enseñanza precedente. Además, podría pensarse que es lógico que, a partir de una determinada edad, las personas tomen opciones y elijan estudiar "ciencias o letras", de manera que la existencia de actitudes negativas o positivas no es un problema de la enseñanza/ aprendizaje de las ciencias, sino un mero hecho "natural". Y que aquellos que les gustan las ciencias, siguen estudiándolas y aprenden más y, lógicamente, aquellos a los que no les gusta no aprenden nada. Estas interpretaciones "de sentido común", de ser ciertas, supondrían una negación de la influencia que puede tener la enseñanza en las actitudes y una concepción de la "motivación" como algo intrínseco al individuo y ajeno a cómo se desarrolla la enseñanza. Pero ¿es esto así?
>
> **A.1** Pensad algún diseño experimental para poner en duda la afirmación "*quienes tienen capacidad y se esfuerzan aprenden Física y Química; por el contrario, los que no pueden o están desmotivados no aprenden*".

Los graduados, en pequeños grupos de cuatro o cinco personas, proponen algunos diseños sesgados o injustos ("poner a un buen profesor en una clase de estudiantes muy desmotivados", por ejemplo) que tras crítica van derivando hacia uno que podemos llevar a cabo: "Si eso fuera así, los estudiantes que han tenido éxito en FQ deberían haber aprendido. Podemos elegir una muestra de la población que haya tenido éxito en FQ y ver si han aprendido los conceptos y modelos básicos importantes. Podemos comparar con muestras elegidas al azar"). Por supuesto, no hay mejor muestra de personas con éxito en FQ que la formada por los participantes en el Máster de Profesorado (especialidad FQ). Por ello, les pasamos un cuestionario sobre algunos aspectos básicos de FQ (habitualmente tratados en la ESO y 1º de BAC) con cuestiones seleccionadas para que tomen conciencia de la existencia de

ideas espontáneas erróneas en ellos mismos y en el grupo. La cumplimentación individual, después en pequeño grupo, y la puesta en común con el profesor -quien muestra los resultados estadísticos de la clase y de cursos anteriores- cuestionan frontalmente el pensamiento espontáneo: si los estudiantes, graduados en ciencias, que han tenido éxito académico no han comprendido los conceptos básicos y no les sirven, por tanto, para dar sentido a lo que pasa a su alrededor, ¿no podría ser que muchos estudiantes de secundaria no se impliquen en el aprendizaje de las ciencias porque no encuentran sentido alguno en aquello que se les trata de enseñar? ¿Será la propia enseñanza la causante de esta situación? ¿Si se favorece la comprensión –con la enseñanza- no se modificarían las actitudes? ¿Cómo es posible que, tras años de instrucción, los graduados piensen sobre aspectos básicos de ciencias de manera muy parecida, y errónea, a otras personas que no han recibido instrucción, o han recibido muy poca?

Además de favorecer la apropiación del problema, las cuestiones están diseñadas para, más adelante, reflexionar sobre la "epistemología" espontánea, es decir sobre los criterios que han utilizado para dar sus respuestas, justificando la formulación de la hipótesis fundamental que subyace en los modelos de enseñanza por investigación: la necesidad del cambio epistemológico para que sea posible la evolución y cambio conceptual, en un ambiente de implicación actitudinal consciente. El modelo de enseñanza problematizada o por investigación guiada se plantea como una alternativa orientada a promover el cuestionamiento, el pensamiento crítico y el cambio epistemológico (de Jong et al., 2023; Fitria et al., 2022; Rahmatia y Fitratunisyah, 2025); organiza el aprendizaje de las ciencias como un proceso de construcción social de conocimientos inspirado en el que realiza la comunidad científica, generando en el aula un ambiente de investigación donde los estudiantes son "investigadores noveles" y el profesor asume el rol de "investigador experto" que les guía en un campo bien conocido por él (Gil et al., 1991; Gil, 1983; Gil y Carrascosa, 1985; Gil y Carrascosa, 1994; Martínez-Torregrosa et al., 1993; Verdú, 2004).

No obstante, hemos advertido que la toma de conciencia de las propias ideas espontáneas ("concepciones alternativas" por tratarse de graduados, no de principiantes) generada por el trabajo sobre el cuestionario (al que se le dedican alrededor de 6 de las 120 horas de la "Didáctica de la FQ" en el Máster) produce una emoción dolorosa, de abatimiento o decepción, en los futuros profesores, que podría generar actitudes negativas hacia el propio Máster. Este aspecto de las estrategias de cambio conceptual "por conflicto" ya fue señalado por Solomon (1991). Actitudes que, en el resto del tiempo del Máster, debemos transformar en positivas hacia el modelo de enseñanza problematizada (como ejemplo, además, de que las actitudes y motivaciones iniciales de los estudiantes se pueden cambiar mediante la enseñanza). Por tanto, nuestras preguntas de investigación son:

- ¿Qué porcentajes de error tienen los futuros profesores de FQ, de cursos recientes (2018 a 2025), en ideas básicas de FQ que tienen que enseñar y sobre las que han recibido instrucción reiterada a lo largo de su formación académica?
- ¿En qué medida valoran positivamente la toma de conciencia de sus propias ideas erróneas en el desarrollo, siguiendo el modelo de enseñanza problematizada, de la Didáctica de la FQ en el Máster?

El hecho de utilizar dicho cuestionario como parte de un plan para avanzar en la solución a un problema y no como instrumento para detectar y "atacar" las ideas erróneas, constituye un elemento innovador que aporta un valor añadido a este trabajo.

METODOLOGÍA

Participantes

Graduados, licenciados e ingenieros que han cursado la materia Didáctica de la Física y la Química (120 horas presenciales), durante los cursos comprendidos entre 2017/2018 y 2025/2026 (con la excepción de los cursos afectados por la epidemia del COVID) del Máster Oficial de Formación del Profesorado (especialidad FQ) en la Universidad de Alicante. Se trata, pues, de un estudio

cuasiexperimental, en el que han participado 131 profesores en formación en la primera parte y 25 en la segunda.

Desarrollo de un cuestionario sobre contenido científico

Se diseñó un cuestionario conceptual (cuestionario 1), sobre algunos conceptos básicos de FQ de un nivel de ESO y Bachillerato, para hacer explícitas las ideas y razonamientos de los futuros profesores, que fue completado en el contexto problematizado que se ha descrito en el planteamiento del problema. Los participantes lo completaron individualmente (y entregaron sus respuestas), en pequeños grupos y finalizó en una puesta en común con el profesor, que analizó las respuestas y mostró los resultados estadísticos del grupo-clase y de grupos de cursos anteriores. El cuestionario 1 consta de tres cuestiones abiertas (A.1, A.2 y A.3) y nueve cuestiones de opción múltiple (de A.4 a A.12).

Desarrollo de un cuestionario sobre las actitudes de los participantes

Se diseñó un segundo cuestionario (cuestionario 2) para evaluar las actitudes generadas en los participantes por los resultados del primer cuestionario tras el desarrollo de la Didáctica de la FQ de forma problematizada. Este cuestionario consta de 10 ítems con una escala numérica (del 1 al 10) para valorar el grado de acuerdo con el enunciado de cada ítem. El cuestionario 2 (Tabla 1) ha sido realizado por 25 participantes de los cursos 2023-2024 y 2025-2026 ya que su diseño fue posterior al 1; y se completó individualmente hacia el final de las 120 horas de duración de la Didáctica de la FQ, cuando el alumnado ya había recibido la formación didáctica y sobre contenidos de FQ siguiendo el modelo de enseñanza problematizada.

Tabla 1. Aspectos incluidos en el cuestionario 2 para valorar las actitudes generadas por el cuestionario 1 (toma de conciencia de las propias concepciones alternativas)

Ítem	**¿En qué medida se está de acuerdo con las siguientes afirmaciones sobre el cuestionario que se utilizó al principio de la asignatura para someter a prueba explicaciones simplistas del fracaso en FQ? (valora de 1 a 10; 1 totalmente en desacuerdo; 10 totalmente de acuerdo)**
C1.	Es útil para cuestionar explicaciones simplistas sobre el fracaso en FQ
C2.	Es útil para detectar ideas espontáneas
C3.	Es útil para detectar la influencia de las ideas y razonamientos espontáneos para aceptar/dar una explicación
C4.	Es útil para justificar el modelo de enseñanza problematizada
C5.	Es útil para despertar el interés en la asignatura
C6.	Si hacer/corregir el cuestionario 1 es importante en la formación como futuro profesor
C7.	Si se "sintió mal" al hacer el cuestionario 1
C8.	Si con el desarrollo de la Didáctica de la FQ apreció la utilidad del cuestionario 1
C9.	Si es justificable no saber responder correctamente a los contenidos del cuestionario 1
C10.	Si el modelo de enseñanza problematizada no es útil para mejorar el aprendizaje significativo

RESULTADOS

Porcentajes de concepciones alternativas sobre algunos conceptos básicos de FQ (cuestionario 1)

Tal y como recogen las investigaciones sobre concepciones alternativas, los resultados obtenidos mostraron un elevado porcentaje, entre el 73,3% y el 93,9%, de respuestas erróneas tanto en las de contenidos de física como en las de química. A modo de ejemplo, una de las cuestiones planteadas invitaba a reflexionar sobre un fenómeno cotidiano relacionado con la gravitación, preguntando por qué y aportando la fórmula de la gravitación universal: "Si tanto una piedra que se ha lanzado como la Luna están sometidas a la atracción gravitatoria de la Tierra y la piedra cae, ¿por qué no le ocurre lo mismo a la Luna?". Prácticamente la totalidad del alumnado (91,5 ± 0,2) no respondió

correctamente. Otra, pedía identificar algunas reacciones químicas familiares (como quemar papel) como espontáneas o no, y dio lugar a un 91,6 % de respuestas erróneas.

Actitudes generadas por la toma de conciencia de sus concepciones alternativas, al final de la enseñanza problematizada (cuestionario 2)

Los resultados medios obtenidos en el cuestionario 2 (Figura 1) muestran un elevado grado de acuerdo (mayor de 7) con las afirmaciones que expresan actitudes positivas (C.1-C.8) y uno bajo con las negativas (C.9-C.10), lo que implica que las actitudes finales globales respecto a la pertinencia y utilidad del cuestionario 1 en el contexto de la enseñanza problematizada de la Didáctica de la FQ son claramente positivas.

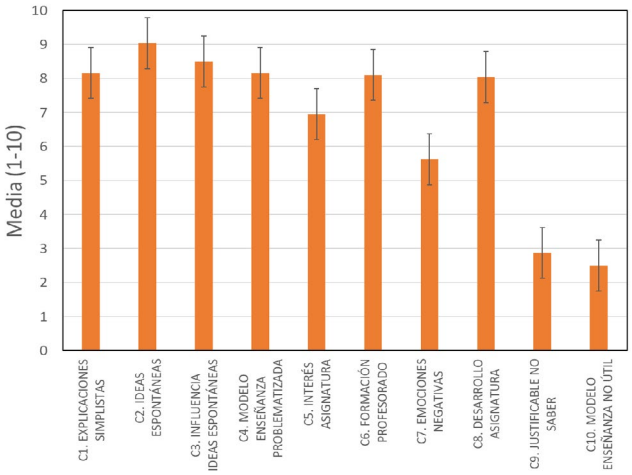


Figura 1. Valor medio (1-10) de los resultados obtenidos y la desviación estándar en el cuestionario 2.

CONCLUSIONES

La utilización, sin justificación, de cuestiones en las que se pone de manifiesto las ideas del alumnado para que el profesor diga que "están mal" suelen generar decepción y actitudes negativas, especialmente, según nuestra experiencia, en los futuros profesores de FQ. Sin embargo, cuando la necesaria toma de conciencia de las propias ideas se realiza dentro de un intento de avanzar en la solución de un problema (¿A qué pueden deberse las dificultades para aprender conocimientos científicos?), de una manera lógica y justificada, sirve para profundizar en la importancia de las ideas espontáneas y en su origen, para poder analizar las deficiencias de la enseñanza convencional, y para elaborar formas de enseñanza alternativas. En ese contexto problematizado, las posibles actitudes negativas iniciales producidas por la sensación de "no saber nada" de los futuros profesores, son transformadas en actitudes positivas a lo largo del desarrollo de la Didáctica de la FQ en el Máster de Profesorado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addido, J., Burrows, A., Slater, T., y Slater, T. (2022). Addressing pre-service teachers' misconceptions and promoting conceptual understanding through the conceptual change model. Problems of Education in the 21st Century, 80(4), 499-514.

de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., y Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. Educational Research Review, 39, 100536.

Fitria, D., Lufri, Imran, A., y Ahda, Y. (2022). Studi literature model problem based learning. International Journal Of Humanities Education and Social Sciences (IJHESS), 1(6).

Gil Pérez, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 26-33.

Gil Perez, D., y Carrascosa Alis, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. European Journal of Science Education, 7(3), 231-236.

Gil Perez, D., Carrascosa Alis, J., Furió Más, C., y Martínez-Torregrosa, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria, Horsori—Editorial Tirant Lo Blanch. ICE-horsori.

Gil Pérez, D., y Carrascosa-Alis, J. (1994). Bringing pupils' learning closer to a scientific construction of knowledge: a permanent feature in innovations in science teaching. Science Education, 78(3), 301-315.

Gray, R., McDonald, S., y Stroupe, D. (2022). What you find depends on how you see: examining asset and deficit perspectives of preservice science teachers' knowledge and learning. Studies in Science Education, 58(1), 49-80.

Kotsis, K. T., y Gavrilas, L. (2025). Review of scientific literacy of pre-service teachers on electromagnetic radiation. European Journal of Contemporary Education and E-Learning, 3(1), 55-64.

Martínez-Torregrosa, J., Domenech, J. L., y Verdú Carbonell, R. (1993). Del derribo de ideas al levantamiento de puentes: la epistemología de la ciencia como criterio organizador de la enseñanza en las ciencias física y química. Qurriculum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa, (6), 67-90.

Rahmatia, S., y Fitratunisyah. (2025). Problem based learning (PBL) model: concept, characteristics and its implications in science learning. Contextual Natural Science Education Journal, 3(1), 40-47.

Solomon, J. (1991). Teaching about the nature of science in the british national curriculum. Science Education, 75(1), 95-103.

Verdú Carbonell, R. (2004). La estructura problematizada de los temas y cursos de física y química como instrumento de mejora de su enseñanza y aprendizaje [Universitat de Valencia]. https://rua.ua.es/entities/publication/711057fa-19fa-45f1-8ecb-4f18feefd9a7

Mapeando trayectorias reflexivas en futuros docentes de ciencias a través del "darse cuenta": Un estudio exploratorio

Jaime Solís Pinilla[1], Roxana Jara Campos[1], Joyce Maturana Ross[2] y Cristian Merino Rubilar[1]*

[1] Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

[2] Instituto de Biología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

* Correspondencia: jaime.solis@pucv.cl

RESUMEN: Este estudio analiza las trayectorias reflexivas de 11 docentes de ciencias en formación inicial, a partir del constructo de darse cuenta y el ciclo ALACT. Mediante una Investigación Basada en el Diseño (IBD) con dos ciclos iterativos de ajuste, se implementaron bitácoras reflexivas para registrar las decisiones pedagógicas frente a concepciones alternativas del estudiantado. La pregunta orientadora fue: ¿cómo se despliegan las trayectorias reflexivas de docentes de ciencias en formación ante episodios de disonancia cognitiva en el aula? Los datos muestran que el tránsito hacia niveles de reflexión crítica no sigue una progresión lineal, sino que está impulsado por el choque entre las expectativas del docente y la evidencia empírica que produce el alumnado. El análisis de casos revela movimientos entre cuadrantes de la Matriz de Trayectorias Reflexivas (herramienta construida y validada ad hoc mediante juicio de investigadores) que permiten visualizar cómo la atención selectiva a las ideas del alumnado desencadena reflexiones de mayor profundidad. Andamiar el darse cuenta parece promover la descentración docente: el practicante deja de observar su propio desempeño y empieza a leer el procesamiento cognitivo del aula.

PALABRAS CLAVE: teacher noticing; trayectorias reflexivas; formación inicial docente; ciencias naturales; disonancia cognitiva

ABSTRACT: This study analyzes the reflective trajectories of 11 pre-service science teachers through the noticing construct and the ALACT reflection cycle. Using a Design-Based Research (DBR) approach with two iterative refinement cycles, reflective journals were implemented to map pedagogical decision-making when students produced unexpected responses. The guiding research question was: how do reflective trajectories unfold in pre-service science teachers when they encounter cognitive dissonance in the classroom? Data show that the transition toward critical reflection does not follow a linear path: it is triggered by the gap between what the teacher expected and what students actually produced. Case analysis reveals movements across quadrants of the Reflective Trajectories Matrix (an instrument constructed and validated through researcher triangulation) that make visible how selective attention to students' ideas unlocks deeper reflection. Scaffolding noticing appears to shift the teacher's gaze: instead of watching their own performance, they begin reading the classroom's cognitive signals and responding to student reasoning in real time.

KEYWORDS: teacher noticing; reflective trajectories; pre-service teacher education; natural sciences; cognitive dissonance

INTRODUCCIÓN

Reflexionar sobre la propia práctica es una competencia difícil de enseñar y más difícil aún de evaluar. La formación inicial del profesorado lleva décadas apostando por ella, bajo el argumento de que el docente que examina sus decisiones desarrolla una conciencia crítica que le permite cambiar lo que hace (Cardona-Ruiz, 2025; Vásquez-Cuevas, 2023). En la formación del profesorado de ciencias esto resulta especialmente difícil, porque los practicantes deben integrar contenido disciplinar complejo con estrategias que partan de cómo los alumnos construyen sus modelos del mundo natural (Machost y Stains, 2023; Turpo-Gebera et al., 2023). La literatura es consistente: la mayoría se queda en la

descripción de lo ocurrido sin cuestionar sus creencias ni el efecto de sus decisiones sobre el aprendizaje (Chan et al., 2021; Lara-Subiabre, 2019; Figueroa-Céspedes et al., 2020).

El *darse cuenta* (*noticing*, en inglés; también traducido como visión profesional docente) ofrece una vía para intervenir en esa dinámica. Operativamente se define como la capacidad del profesorado para (a) atender selectivamente a eventos significativos del aula, (b) interpretarlos desde el conocimiento pedagógico del contenido y (c) tomar decisiones pedagógicas fundamentadas en tiempo real (Jacobs et al., 2010; Mason, 2002; Sherin et al., 2011). En ciencias, este constructo es multidimensional: no consiste solo en atender al pensamiento del alumnado, sino en conectar lo observado con las prácticas científicas que se busca promover, como la indagación, la modelización o la argumentación (Tekkumru-Kisa, 2025; Weston y Amador, 2023).

Para rastrear cómo se despliega esta visión profesional, el constructo se articula con el ciclo ALACT de Korthagen (2001), que describe cinco fases reflexivas: (1) *Acción*, donde el docente actúa en el aula; (2) *Retrospección* sobre lo ocurrido; (3) *Toma de Conciencia* de los aspectos esenciales; (4) *Creación de alternativas* de acción; y (5) *Ensayo* de esas alternativas. La combinación del ciclo ALACT con las tres etapas del darse cuenta de Jacobs et al. (2010) (*Atención*, *Interpretación* y *Toma de Decisiones*) permite trazar con precisión cómo la mirada sobre el pensamiento del alumnado se convierte en motor de reflexiones más complejas (Solís-Pinilla et al., 2025).

Este trabajo busca trazar esas trayectorias durante las prácticas profesionales de docentes de ciencias en formación. La pregunta orientadora es: ¿cómo se despliegan las trayectorias reflexivas cuando el practicante se enfrenta a un episodio de disonancia entre lo que esperaba y lo que el alumnado produjo? El objetivo es construir un sistema de trazabilidad que haga visibles los movimientos entre lo que el docente nota, interpreta y decide, para contribuir a la discusión sobre cómo profesionalizar la mirada docente desde las primeras experiencias en el aula.

METODOLOGÍA

La investigación es cualitativa y utiliza la Investigación Basada en el Diseño (IBD) como estrategia metodológica. La IBD no solo describe: interviene en contextos reales y refina los instrumentos y las teorías a partir de lo que ocurre en cada ciclo (McKenney y Reeves, 2018). Se realizaron dos ciclos iterativos de ajuste: el primero rediseñó la estructura de la Bitácora Reflexiva a partir del análisis de las primeras entradas; el segundo ajustó los descriptores de la Matriz de Trayectorias para capturar con mayor precisión los movimientos entre cuadrantes.

Contexto y participantes

El estudio se desarrolló durante el segundo semestre de un programa de formación pedagógica para licenciados, en la etapa de práctica profesional final. Participaron 11 docentes en formación de ciencias naturales en establecimientos de educación secundaria, seleccionados de forma intencional por su disposición a la autorreflexión sistemática y por la variedad de contextos escolares en los que estaban insertados.

Instrumentos: la Bitácora Reflexiva

Se diseñó una Bitácora Reflexiva estructurada en torno al modelo EEE (Engage-Explore-Explain) (Benedict-Chambers, 2016) y al ciclo ALACT (Korthagen, 2001). Cada entrada pedía al practicante registrar la planificación de la clase, lo observado durante la intervención y su reflexión retrospectiva, permitiendo triangular tres momentos del ciclo reflexivo en una misma sesión de aula.

Análisis: la Matriz de Trayectorias Reflexivas

Para el análisis se construyó la Matriz de Trayectorias Reflexivas, que cruza dos dimensiones. El **eje vertical (Y)** representa el Proceso de Reflexión ALACT, ordenado en cinco niveles ascendentes (Acción, Retrospección, Toma de Conciencia, Creación de Alternativas y Ensayo). El **eje horizontal (X)** representa las tres etapas del darse cuenta según Jacobs et al. (2010): Atención (Att), Interpretación (Int) y Toma de Decisiones (Dec). El cruce genera quince cuadrantes que permiten ubicar cada fragmento del

discurso reflexivo. Los cuadrantes inferiores izquierdos corresponden a *reflexión descriptiva* (atender sin interpretar); los intermedios, a *reflexión analítica* (interpretar el razonamiento del estudiantado); y los superiores derechos, a *reflexión crítica* con diseño de alternativas. La codificación fue realizada por dos investigadores de forma independiente; los desacuerdos se resolvieron por consenso. Las unidades de análisis fueron los fragmentos del discurso escrito que mostraban tránsitos entre cuadrantes.

A partir del análisis emergieron tres patrones de trayectoria que organizan la presentación de resultados: (1) *trayectoria descriptiva*, con permanencia en cuadrantes inferiores y desplazamientos hacia la Interpretación solo a solicitud del tutor; (2) *trayectoria reactiva*, con avance hacia cuadrantes complejos únicamente ante eventos disruptivos del aula; y (3) *trayectoria autónoma*, con movimiento sostenido hacia los cuadrantes superiores sin depender de detonantes externos.

RESULTADOS

Patrones generales del grupo

De los 11 participantes, cinco (P2, P4, P6, P8, P10) exhibieron *trayectorias descriptivas*: sus bitácoras registran observaciones del tipo «los estudiantes no entendieron el concepto» sin profundizar en las ideas alternativas en juego ni en su relación con el contenido disciplinar. Cuatro participantes (P1, P3, P7, P11) mostraron *trayectorias reactivas*: la reflexión avanzó hacia cuadrantes complejos solo ante eventos inesperados (concepciones alternativas o preguntas no anticipadas), exhibiendo lo que Barnhart et al. (2024) denominan el «entonces qué» del darse cuenta. Dos participantes (P5, P9) presentaron *trayectorias autónomas*, con indicios de la mirada profesional en desarrollo que Luft et al. (2024) caracterizan como atención simultánea al contenido, la pedagogía y el razonamiento del estudiantado.

Caso ilustrativo: la trayectoria de P1

Se presenta el mapeo de P1 a través de tres bitácoras del semestre (inicio, mediación y cierre). P1 fue seleccionada por mostrar la trayectoria de mayor amplitud de movimientos entre cuadrantes, evidenciando el rango completo de la Matriz. El mapeo revela una progresión no lineal: los desplazamientos hacia cuadrantes de mayor complejidad no ocurren de forma progresiva, sino que son provocados por choques entre lo que la docente esperaba y lo que el aula produjo (ver Figura 1).

Tabla 1

Trayectoria reflexiva de profesor en práctica P1

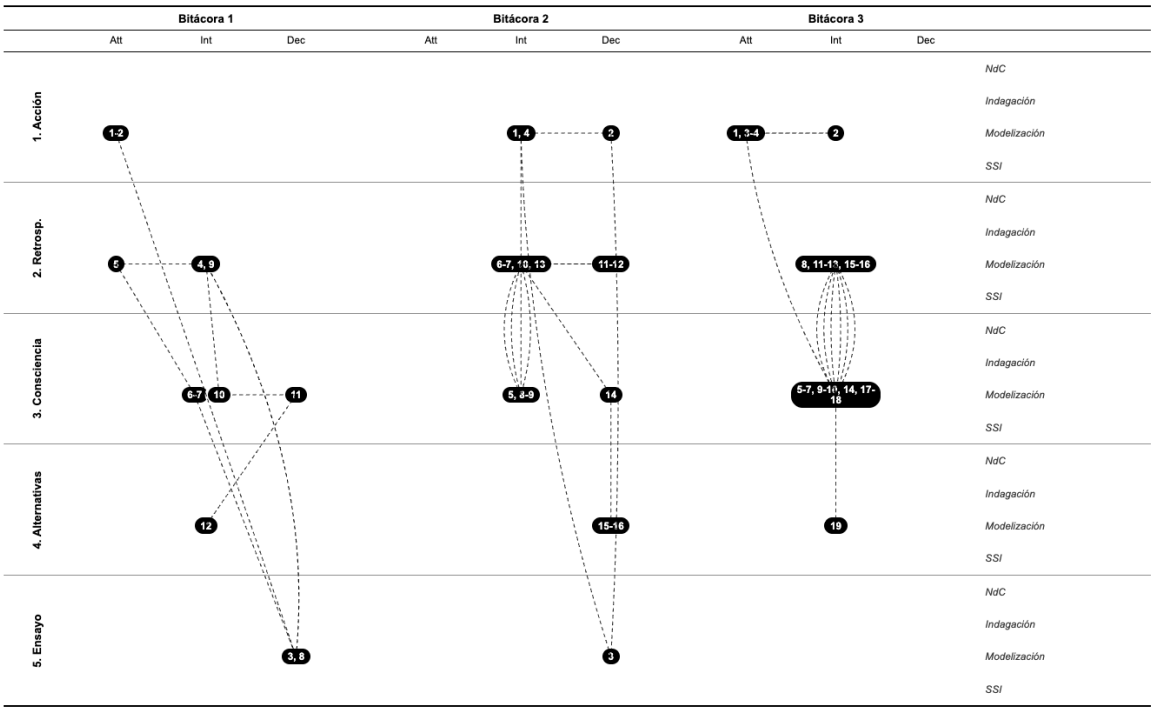


Figura 1. *Mapeo de bitácoras reflexivas del estudiante P1*

En la Figura 1, cada panel vertical corresponde a una bitácora del semestre (1, 2 y 3) y los nodos representan turnos del discurso reflexivo codificados en la Matriz. Las líneas discontinuas trazan la secuencia temporal entre cuadrantes; las etiquetas de la derecha (NdC, Indagación, Modelización, SSI) indican el contenido didáctico abordado en cada turno. En la Bitácora 1 los turnos se concentran en niveles inferiores (Acción × Atención), mientras que en la Bitácora 3 la densidad se desplaza hacia Toma de Conciencia × Interpretación, evidenciando el avance reflexivo durante el semestre.

En el primer episodio (modelización de estructuras vegetales), P1 parte del cuadrante de atención selectiva descriptiva. Planeó la clase asumiendo que los estudiantes dibujarían plantas con flores y sin raíces; el 50% dibujó exactamente lo contrario. Esa contradicción la empujó hacia la intersección Toma de Conciencia × Interpretación: en vez de ignorar los dibujos «incorrectos», los usó para construir colectivamente el concepto. Reconoció que los estudiantes habían aplicado una lógica propia, y esa lógica le cambió el enfoque de clase. Este episodio ilustra cómo las concepciones alternativas en biología pueden funcionar como detonantes de la reflexión docente cuando el practicante aprende a leerlas como recursos y no como errores.

El segundo episodio, sobre la escala Kelvin en termodinámica, muestra a P1 ya en el nivel analítico. Seguía los gestos y silencios de los estudiantes en tiempo real. Cuando un alumno no podía imaginar la ausencia de valores negativos, improvisó una analogía (el cero absoluto como reposo absoluto de una mesa en el salón) y evaluó si funcionaba observando la expresión del estudiante. Su bitácora registra que su explicación teórica inicial había sido insuficiente, escrito no como autocrítica sino como decisión de diseño para la próxima clase. Este tránsito (de notar a interpretar a rediseñar) es precisamente el razonamiento pedagógico del contenido que la formación del profesorado de ciencias busca desarrollar.

En el tercer episodio (modelización ecosistémica), P1 llega al cuadrante de reflexión crítica. Una estudiante sostenía que las plantas no necesitan oxígeno. En lugar de corregirla, P1 planteó un experimento hipotético: ¿qué le pasaría a un ratón en un sistema cerrado con y sin plantas? Su reflexión posterior no habla de si «dio bien la clase» sino de que el error de esa estudiante fue el momento más valioso de la sesión. Lo relevante es que P1 movilizó simultáneamente tres prácticas científicas: modelización (el sistema cerrado como modelo), argumentación (desafiar la afirmación con evidencia hipotética) e indagación (transformar el error en pregunta investigable).

CONCLUSIONES

En los casos analizados, las trayectorias reflexivas no avanzan de forma gradual: dan saltos, y esos saltos ocurren cuando el aula produce algo que el docente no esperaba. Los datos sugieren que es precisamente esa brecha (entre la expectativa pedagógica y la evidencia del aula) lo que obliga al practicante a pasar de describir lo que pasó a interpretar por qué pasó. La combinación del darse cuenta con el ciclo ALACT resultó útil para capturar esos movimientos: el darse cuenta dio el qué mirar y el ALACT dio el cómo profundizar.

La Matriz de Trayectorias Reflexivas, en tanto herramienta de análisis, permitió hacer visible algo que normalmente queda implícito en la bitácora: que la reflexión tiene una dirección, y que esa dirección se puede trazar. Eso tiene consecuencias para los programas de formación del profesorado de ciencias. En lugar de pedir reflexiones genéricas al final del prácticum, sería posible identificar en qué cuadrante se mueve cada practicante y diseñar intervenciones de tutoría específicas. Los tres patrones identificados sugieren estrategias diferenciadas: para los descriptivos, provocar deliberadamente episodios de disonancia cognitiva; para los reactivos, andamiar la conexión entre lo que notan y las decisiones de diseño; para los autónomos, sostener y problematizar la reflexión que ya exhiben.

Para la didáctica de las ciencias, el hallazgo más relevante es que los episodios que detonan reflexión profunda son, precisamente, los que involucran concepciones alternativas del alumnado sobre fenómenos naturales. Esto conecta dos tradiciones de investigación que rara vez dialogan: la del darse cuenta docente y la del cambio conceptual. Los programas de formación inicial del profesorado de ciencias podrían articular ambas, entrenando a los practicantes para que lean las ideas de sus estudiantes no como obstáculos a corregir, sino como ventanas al razonamiento científico que necesitan aprender a interpretar y gestionar pedagógicamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barnhart, T., Johnson, H. J., y Tekkumru-Kisa, M. (2024). Pre-service teachers notice student thinking: Then what? *Journal of Teacher Education, 76*, 57–70. https://doi.org/10.1177/00224871231220604

Benedict-Chambers, A. (2016). Using tools to promote novice teacher noticing of science teaching practices in post-rehearsal discussions. *Teaching and Teacher Education, 59*, 28–44. https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.05.009

Cardona-Ruiz, P. (2025). Filosofía de la educación para una reflexión docente autónoma. *Educacao & Sociedade, 46*(e301069). https://doi.org/10.1590/es.301069

Chan, K. K. H., Xu, L., Cooper, R., Berry, A., y van Driel, J. H. (2021). Teacher noticing in science education: Do you see what I see? *Studies in Science Education, 57*(1), 1–44. https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755803

Figueroa-Céspedes, I., Pezoa Carrasco, E., Elías Godoy, M., y Díaz Arce, T. (2020). Habilidades de pensamiento científico: Una propuesta de abordaje interdisciplinar de base sociocrítica para la formación inicial docente. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación, 19*(41), 257–273. https://doi.org/10.21703/rexe.20201941figueroa14

Jacobs, V. R., Lamb, L. L. C., y Philipp, R. A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education, 41*(2), 169–202. https://doi.org/10.5951/jresematheduc.41.2.0169

Korthagen, F. (2001). A reflection on reflection. En F. Korthagen et al. (Eds.), *Linking practice and theory* (pp. 247–254). Routledge.

Lara-Subiabre, B. A. (2019). Reflexión pedagógica de profesores en formación. Un estudio de cuatro universidades chilenas. *Perspectiva Educacional, 58*(1), 4–25. https://doi.org/10.4151/07189729-vol.58-iss.1-art.802

Luft, J. A., Huang, Y., Singh, H., Ozen-Tasdemir, H., DeLuca, J., Watson, S., Ayano, E., y Whitworth, B. A. (2024). Exploring the noticing of science teachers: What teachers notice and using video to capture teacher knowledge. *School Science and Mathematics, 124*(3), 159–170. https://doi.org/10.1111/ssm.12623

Machost, H., y Stains, M. (2023). Reflective practices in education: A primer for practitioners. *CBE Life Sciences Education, 22*(2), es2. https://doi.org/10.1187/cbe.22-07-0148

Mason, J. (2002). *Researching your own practice: The discipline of noticing.* Routledge.

McKenney, S., y Reeves, T. C. (2018). *Conducting educational design research.* Routledge.

Sherin, M., Jacobs, V., y Philipp, R. (2011). Situating the study of teacher noticing. En M. Sherin, V. Jacobs, y R. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 3–14). Routledge.

Solís-Pinilla, J., Barría-Herrera, P., y Merino Rubilar, C. (2025). Aportes del noticing para la profesionalización docente en ciencias: concepto, perspectivas y reflexiones. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación, 24*(55), 285–302. https://doi.org/10.21703/rexe.v24i56.2946

Tekkumru-Kisa, M. (2025). Multidimensional noticing for teaching science-as-practice. *Journal of Research in Science Teaching.* https://doi.org/10.1002/tea.70008

Turpo-Gebera, O., Diaz-Zavala, R., Mango-Quispe, P., Araujo-Castillo, R., y Delgado-Sarmiento, Y. (2023). Incidentes críticos en la práctica reflexiva de la formación del profesorado de ciencias. *International Humanities Review / Revista Internacional de Humanidades, 21*(2), 505–515. https://doi.org/10.37467/revhuman.v21.5085

Vásquez-Cuevas, Y. A. (2023). Revisión de literatura sobre la práctica reflexiva pedagógica del docente, como un camino a la innovación en la apropiación de saberes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7*(1), 1691–1714. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4516

Weston, T. L., y Amador, J. M. (2023). Teacher noticing: A literature review of mathematics and science teacher noticing conceptualizations. *School Science and Mathematics, 123*(7), 293–308. https://doi.org/10.1111/ssm.12600

Más allá del sesgo de género: estereotipos físicos como marcadores tempranos del cambio en las representaciones científicas de futuras maestras

Juan-Francisco Álvarez-Herrero

Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Universidad de Alicante, España

* Correspondencia: juanfran.alvarez@ua.es

RESUMEN: Esta investigación longitudinal (2021-2025) examina la evolución de estereotipos físicos asociados a científicos/as en dibujos realizados por 212 estudiantes de Magisterio de Educación Infantil. Mientras la mayoría de estudios se centran exclusivamente en el sesgo de género, esta investigación analiza características físicas estereotipadas (cabello "loco", gafas, bata de laboratorio, edad) como indicadores complementarios del cambio actitudinal. Los resultados revelan que la reducción de estereotipos físicos exagerados precedió al cambio en la representación de género: el estereotipo del "cabello loco" disminuyó de 45,7% (2021) a 25,9% (2025), mientras la imagen científica se rejuveneció significativamente (de 37,1% a 74,1% jóvenes). Paralelamente, elementos como la bata de laboratorio se mantuvieron estables (91,4%-96,3%), evidenciando que ciertos estereotipos profesionales persisten independientemente del género representado. Este patrón sugiere que la deconstrucción de estereotipos físicos puede actuar como precursor del cambio en las representaciones de género, ofreciendo una vía complementaria para evaluar y promover percepciones más realistas sobre la ciencia en la formación docente inicial.

PALABRAS CLAVE: estereotipos científicos; formación inicial docente; educación infantil; representaciones de género; didáctica de las ciencias

ABSTRACT: This longitudinal study (2021-2025) examines the evolution of physical stereotypes associated with scientists in drawings made by 212 Early Childhood Education pre-service teachers. While most research focuses exclusively on gender bias, this study analyzes stereotypical physical characteristics ("crazy" hair, glasses, lab coat, age) as complementary indicators of attitudinal change. Results reveal that the reduction of exaggerated physical stereotypes preceded the change in gender representation: the "crazy hair" stereotype decreased from 45.7% (2021) to 25.9% (2025), while the scientific image significantly rejuvenated (from 37.1% to 74.1% young). Simultaneously, elements such as the lab coat remained stable (91.4%-96.3%), evidencing that certain professional stereotypes persist regardless of the represented gender. This pattern suggests that the deconstruction of physical stereotypes may act as a precursor to change in gender representations, offering a complementary avenue to assess and promote more realistic perceptions about science in initial teacher education.

KEYWORDS: scientific stereotypes; initial teacher education; early childhood education; gender representations; science education

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

La infrarepresentación de las mujeres en carreras STEM constituye uno de los desafíos más persistentes en educación científica (Wang y Degol, 2017). Investigaciones previas han documentado que los estereotipos de género sobre científicos/as se forman tempranamente y afectan las aspiraciones profesionales futuras (Miller et al., 2018). El test "Dibuja un/a científico/a" (DAST), introducido por Chambers en 1983 y evolucionado al DAST-C (Finson, 2002), ha sido ampliamente utilizado para evaluar estas percepciones implícitas.

Sin embargo, la mayoría de estudios se han centrado casi exclusivamente en la variable género (Steinke et al., 2007), prestando menos atención a los estereotipos físicos y características asociadas

que acompañan estas representaciones. Los escasos trabajos que han analizado estas dimensiones adicionales (Miller et al., 2018; Fung, 2002) sugieren que los estereotipos físicos - cabello desaliñado, gafas gruesas, edad avanzada - pueden ser igual de limitantes que el sesgo de género para construir una imagen realista y diversa de la ciencia.

Esta investigación parte de la hipótesis de que los estereotipos físicos y el sesgo de género no evolucionan necesariamente de forma sincrónica, y que la deconstrucción de los primeros puede actuar como indicador temprano o facilitador del cambio en las representaciones de género. Dado que las futuras maestras de educación infantil son agentes multiplicadores fundamentales en la formación de actitudes científicas (Martín-Páez et al., 2019), comprender la evolución completa de sus representaciones resulta crucial para diseñar intervenciones efectivas en la formación inicial docente.

OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

El objetivo principal es analizar la evolución de estereotipos físicos en las representaciones científicas de las futuras maestras durante 2021-2025, examinando su relación con el cambio en las representaciones de género. Las preguntas específicas son:

- ¿Qué estereotipos físicos predominan en las representaciones científicas iniciales?
- ¿Cómo evolucionan estos estereotipos a lo largo del quinquenio estudiado?
- ¿Existe relación temporal entre la reducción de estereotipos físicos y el cambio en representaciones de género?

METODOLOGÍA

Diseño y participantes

Estudio longitudinal descriptivo-interpretativo con 212 estudiantes de Grado en Magisterio de Educación Infantil (2021: n=41; 2022: n=37; 2023: n=51; 2024: n=55; 2025: n=28). El 87,3% fueron mujeres (rango anual: 80,5%-96%), reflejando la composición típica de estos estudios.

Instrumento y procedimiento

Se aplicó el test DAST adaptado durante la primera semana de curso, antes de cualquier intervención didáctica. La consigna fue: "Dibuja una persona que se dedica a hacer ciencia". No se estableció límite temporal. Tras completar el dibujo, se registró el género autopercibido del dibujante.

Análisis de datos

Dos codificadores independientes analizaron cada dibujo registrando: (1) género representado (mujer/hombre/indeterminado), (2) edad aproximada (joven: <35 años/mediana edad: 35-60/mayor: >60), (3) tipo de cabello (normal/"loco" o puntiagudo/calvo), (4) gafas (sin gafas/gafas convencionales/gafas de protección), (5) bata de laboratorio (sí/no), y (6) complementos científicos (tubos de ensayo, microscopios, etc.). La concordancia intercodificador fue κ=0,89. Los datos se analizaron mediante estadísticos descriptivos y análisis de tendencias temporales.

RESULTADOS

Evolución de estereotipos físicos

La Tabla 1 muestra la evolución de los principales estereotipos físicos. El "cabello loco/puntiagudo", marcador clásico del científico despistado (Chambers, 1983), experimentó una reducción progresiva del 43% (de 45,7% a 25,9%), especialmente pronunciada entre 2021-2024. Las gafas, presentes en más de la mitad de los dibujos inicialmente, también disminuyeron, aunque con mayor variabilidad interanual.

Tabla 1. Evolución de estereotipos físicos en representaciones científicas (2021-2025)

Característica	2021	2022	2023	2024	2025	Tendencia
Cabello "loco"	45,7%	30,3%	24,0%	15,4%	25,9%	↓ -43%
Gafas	54,3%	54,5%	44,0%	26,9%	40,7%	↓ Variable
Edad joven (<35)	37,1%	63,7%	20,0%	40,4%	74,1%	↑ +100%
Bata laboratorio	91,4%	78,8%	92,0%	88,5%	96,3%	→ Estable

Contrariamente, la bata de laboratorio permaneció consistentemente alta (78,8%-96,3%), sugiriendo que este elemento representa una característica profesional legítima más que un estereotipo limitante. Los complementos científicos mostraron un patrón similar (78%-100%).

El dato más llamativo fue el rejuvenecimiento progresivo: las representaciones de científicos/as jóvenes (<35 años) se duplicaron de 37,1% a 74,1%, con un pico especialmente marcado en 2025. Este cambio contrasta con la imagen tradicional del científico mayor o de mediana edad que predominaba inicialmente.

Relación temporal con el cambio de género

El análisis comparativo revela un patrón significativo: la reducción del estereotipo "cabello loco" fue sostenida durante 2021-2024 (de 45,7% a 15,4%), período durante el cual la representación de género también experimentó su mayor transformación (de 62,9% hombres a 28,8%). En 2023, año en que se alcanzó por primera vez el equilibrio de género (50% mujeres, 46% hombres), los estereotipos físicos ya habían disminuido considerablemente, sugiriendo que ambos procesos de deconstrucción pueden reforzarse mutuamente. Algunos ejemplos de estos dibujos pueden verse en la Figura 1.

Figura 1. Ejemplos de dibujos creados por el alumnado

DISCUSIÓN

Los resultados evidencian que la transformación en las representaciones científicas de las futuras maestras es multidimensional, afectando no solo al género sino a múltiples marcadores estereotípicos. Este hallazgo complementa investigaciones previas centradas exclusivamente en el sesgo de género (Miller et al., 2018) y sugiere que evaluar únicamente esta variable puede ofrecer una visión incompleta del cambio actitudinal.

La reducción progresiva del estereotipo del "cabello loco" - de 45,7% a 25,9% en cinco años - es particularmente relevante porque este marcador ha sido históricamente uno de los más persistentes en el DAST (Chambers, 1983; Finson, 2002). Su disminución puede interpretarse como un alejamiento de la caricatura del "científico loco" hacia representaciones más realistas y cercanas, lo cual resulta especialmente importante para futuras docentes que trabajarán con niños/as de 0-6 años, etapa crítica en la formación de actitudes hacia la ciencia.

El rejuvenecimiento de la imagen científica (duplicación de representaciones jóvenes) sugiere que las estudiantes están actualizando sus esquemas mentales, posiblemente influidas por una mayor visibilidad mediática de científicos/as jóvenes en redes sociales y la divulgación científica contemporánea (Dudo y Besley, 2016). Este cambio es coherente con la tendencia general hacia la democratización y modernización de la imagen pública de la ciencia.

La persistencia de la bata de laboratorio (>78% en todos los años) no debe interpretarse necesariamente como limitación, sino como reconocimiento de un atributo profesional legítimo. Sin embargo, plantea la cuestión de si las futuras maestras asocian ciencia exclusivamente con experimentación de laboratorio, invisibilizando otras prácticas científicas (trabajo de campo, computación, ciencia teórica).

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Esta investigación demuestra que los estereotipos físicos evolucionan en paralelo - y posiblemente como precursores - del cambio en las representaciones de género. Esta constatación tiene implicaciones directas para la formación inicial docente:

- Las intervenciones formativas deberían abordar explícitamente múltiples dimensiones de los estereotipos científicos, no solo el género.
- La reducción de estereotipos físicos exagerados puede utilizarse como indicador temprano de apertura mental hacia representaciones más diversas.
- Es necesario ampliar la noción de "ciencia" más allá del laboratorio experimental para incluir diversidad de prácticas y contextos científicos.
- El rejuvenecimiento de la imagen científica ofrece oportunidades para conectar la ciencia con referentes contemporáneos cercanos al alumnado infantil.

Como limitación, este estudio no permite establecer causalidad entre la reducción de estereotipos físicos y el cambio en género. Investigaciones futuras deberían explorar mediante diseños experimentales si intervenciones específicas sobre estereotipos físicos facilitan la deconstrucción del sesgo de género, o viceversa. Asimismo, sería valioso analizar cómo estas representaciones de las maestras se traducen en sus prácticas docentes reales en las aulas de educación infantil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The Draw-a-Scientist Test. *Science Education, 67*(2), 255–265. https://doi.org/10.1002/sce.3730670213

Dudo, A. y Besley, J. C. (2016). Scientists' prioritization of communication objectives for public engagement. *PLOS One, 11*(2), e0148867. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148867

Finson, K. D. (2002). Drawing a scientist: What we do and do not know after fifty years of drawings. *School Science and Mathematics, 102(*7), 335–345. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2002.tb18217.x

Fung, Y. Y. (2002). A comparative study of primary and secondary school students' images of scientists. *Research in Science & Technological Education, 20*(2), 199-213. https://doi.org/10.1080/0263514022000030453

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. y Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education, 103*(4), 799–822. https://doi.org/10.1002/sce.21522

Miller, D. I., Nolla, K. M., Eagly, A. H. y Uttal, D. H. (2018). The development of children's gender-science stereotypes: A meta-analysis of 5 decades of U.S. Draw-A-Scientist studies. *Child Development, 89*(6), 1943–1955. https://doi.org/10.1111/cdev.13039

Steinke, J., Lapinski, M. K., Crocker, N., Zietsman-Thomas, A., Williams, Y., Evergreen, S. H. y Kuchibhotla, S. (2007). Assessing media influences on middle school–aged children's perceptions of women in science using the Draw-A-Scientist Test (DAST). *Science Communication, 29*(1), 35–64. https://doi.org/10.1177/1075547007306508

Wang, M. T. y Degol, J. L. (2017). Gender gap in science, technology, engineering, and mathematics (STEM): Current knowledge, implications for practice, policy, and future directions. *Educational Psychology Review, 29*(1), 119–140. https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355-x

Expresión de las jerarquías de género en concepciones y prácticas de enseñanza del profesorado en formación de ciencias

Pamela Palomera-Rojas[1]

[1] Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Departamento de Física,

*Correspondencia: pamela.palomera@umce.cl

RESUMEN: El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar las expresiones de las jerarquías de género en las concepciones sobre género y educación científica, así como en las prácticas de enseñanza declaradas por el profesorado en formación inicial (PFI) de ciencias. La investigación se desarrolló desde un enfoque cualitativo, mediante un diseño de estudio de casos en profundidad, que consideró a cuatro estudiantes de pedagogía en ciencias pertenecientes a dos universidades chilenas. La producción de información se realizó a través de entrevistas semiestructuradas basadas en dilemas pedagógicos con sesgos de género, los cuales permitieron recuperar posicionamientos ideológicos y decisiones didácticas situadas. El análisis de los datos combinó un Análisis Dialógico del Discurso (ADD) con un análisis de contenido categorial-temático. Los resultados muestran que el PFI despliega posicionamientos diferenciados en torno a las jerarquías de equidad y pluralidad de género, evidenciados en decisiones relativas a la selección de materiales didácticos, la asignación de experticia, la organización de roles en actividades científicas y la gestión de conflictos. Estas decisiones dan cuenta de prácticas compensatorias, normativas y performativas que, en distinta medida, tensionan y redistribuyen la autoridad pedagógica tradicional. Se concluye que la formación inicial docente constituye un espacio clave para problematizar y transformar las jerarquías de género en la educación científica.

PALABRAS CLAVE: Género, Concepciones, Docentes en Formación, Prácticas de enseñanza

ABSTRACT: The objective of this study was to characterize the manifestations of gender hierarchies in conceptions of gender and science education, as well as in the teaching practices reported by pre-service science teachers. The research was conducted using a qualitative approach, employing an in-depth case study design that included four science education students from two Chilean universities. Data were collected through semi-structured interviews based on pedagogical dilemmas with gender biases, which allowed for the identification of ideological positions and situated teaching decisions. Data analysis combined Dialogic Discourse Analysis (DDA) with categorical-thematic content analysis. The results show that PFI students display differentiated stances regarding hierarchies of gender equity and plurality, evidenced in decisions related to the selection of teaching materials, the assignment of expertise, the organization of roles in scientific activities, and conflict management. These decisions reflect compensatory, normative, and performative practices that, to varying degrees, challenge and redistribute traditional pedagogical authority. It is concluded that initial teacher education constitutes a key space for problematizing and transforming gender hierarchies in science education.

KEYWORDS: Gender, Conceptions, Trainee Teachers, Teaching Practices

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la educación científica se reconoce como un eje fundamental para el desarrollo social, tecnológico y económico. Sin embargo, desde una perspectiva de género, dicha centralidad ha sido objeto de críticas, especialmente en relación con sus contenidos, enfoques y condiciones de acceso. Históricamente, la enseñanza de las ciencias se ha configurado sobre bases androcéntricas, privilegiando modelos masculinos del conocimiento y omitiendo sistemáticamente las contribuciones de mujeres y disidencias sexo-genéricas (Palomera-Rojas et al., 2024). Esta estructura epistemológica ha consolidado jerarquías de género que se reproducen tanto en los contenidos curriculares como en la organización disciplinar y en las interacciones pedagógicas cotidianas (Palomera-Rojas et al., 2025).

La enseñanza de las ciencias constituye, por tanto, un espacio clave para la reproducción —pero también para la transformación— de las jerarquías de género. Estas no se limitan a la subrepresentación femenina en áreas científicas, sino que involucran construcciones simbólicas que delimitan qué conocimientos se consideran legítimos y quiénes están socialmente habilitados para producirlos (Miralles-Cardona et al., 2020). Dichas construcciones se manifiestan en prácticas habituales del aula que asignan roles diferenciados, legitiman ciertas formas de experticia y configuran expectativas sobre las capacidades supuestamente "naturales" de hombres y mujeres en el ámbito científico (Gálvez Méndez, 2020; Sánchez Hernández, 2020). Estos supuestos implícitos, responsables en gran medida de la exclusión de las mujeres del conocimiento científico, deben ser problematizados desde la formación inicial docente (Gálvez Méndez, 2020).

Desde una perspectiva teórica, los enfoques feministas han aportado herramientas fundamentales para cuestionar estas jerarquías. En particular, la noción de conocimiento situado (Harding, 1998; Haraway, 1995) plantea que todo saber está mediado por relaciones de poder, contextos socioculturales y posicionamientos subjetivos, lo que permite validar la diversidad epistémica y poner en tensión la supuesta objetividad de la ciencia. Este enfoque invita a revisar críticamente el currículo, las narrativas históricas y las prácticas de aula que consolidan categorías binarias y jerárquicas, al tiempo que abre la posibilidad de incorporar voces, experiencias y formas de aprender tradicionalmente marginadas (Ávila Bravo-Villasente, 2021; Díaz-Mejías, 2021).

En este marco, las universidades y los programas de formación docente desempeñan un rol central en la promoción de concepciones y prácticas orientadas a la equidad de género en la formación inicial docente (FID) (Martínez-Galaz y Palomera-Rojas, 2024; Rosa y Clavero, 2021). Este espacio resulta clave, dado que las concepciones que el profesorado en formación inicial (PFI) sostiene sobre la relación entre género y ciencia influyen directamente en sus decisiones pedagógicas, tales como la selección de materiales, la validación de referentes, la organización del aula y la interpretación de la participación del estudiantado (Martínez-Galaz y Palomera-Rojas, 2024; Palomera-Rojas et al., 2024). En este sentido, la FID se configura como un ámbito estratégico para promover prácticas de enseñanza transformadoras y libres de sesgos mediante la incorporación sistemática de la perspectiva de género (Ávila Bravo-Villasente, 2021).

En Chile y América Latina, diversas investigaciones evidencian que, pese a los avances normativos, persisten brechas de género en la educación científica. Estas se expresan, por ejemplo, en la selección de referentes, en la construcción de la experticia y en la organización de actividades prácticas, donde se naturalizan modelos androcéntricos de excelencia y liderazgo científico (Araneda-Guirriman et al., 2023). Asimismo, se mantienen roles generizados en los que las mujeres asumen con mayor frecuencia tareas de registro y tienen menor acceso al uso de instrumentos o a actividades de alto capital epistémico (Dew et al., 2025). Considerar al PFI resulta especialmente relevante, ya que en este espacio no solo se enseñan contenidos disciplinares, sino también formas de enseñar ciencia (Montenegro y Martínez, 2024; Palomera-Rojas et al., 2025).

Las jerarquías de género en la educación científica no se superan únicamente mediante declaraciones de principios. La FID en ciencias constituye un espacio privilegiado para ensayar y consolidar transformaciones que permitan al futuro profesorado reconocer y cuestionar dichas jerarquías en sus concepciones y prácticas. En este contexto, el presente estudio busca caracterizar las expresiones de las jerarquías de género tanto en las concepciones sobre género y educación científica como en las prácticas de enseñanza declaradas por el PFI de ciencias, con el propósito de profundizar en las decisiones pedagógicas que posibilitan prácticas transformadoras e inclusivas.

METODOLOGÍA

La presente investigación se enmarca en un enfoque cualitativo, orientado a la comprensión profunda de las significaciones que el profesorado en formación inicial (PFI) de ciencias atribuye a la relación entre género y educación científica. Forma parte de un estudio más amplio sobre jerarquías de género

en las concepciones y prácticas del profesorado de ciencias y adopta un diseño de estudio de casos en profundidad, el cual resulta pertinente para explorar fenómenos complejos situados y comprender las decisiones docentes junto con las racionalidades que las sustentan (Calle, 2023).

La selección de participantes se realizó mediante muestreo intencionado, considerando los siguientes criterios: a) ser estudiante regular de una carrera de pedagogía en ciencias; b) cursar asignaturas con un profesorado de formación disciplinar y pedagógica reconocido por la comunidad educativa por integrar la perspectiva de género en sus prácticas; c) haber completado al menos el 50 % de la formación práctica; y d) manifestar interés y disponibilidad para participar de manera voluntaria. El contacto se estableció de forma directa con estudiantes sugeridos por dicho profesorado, verificando el cumplimiento de los criterios definidos. La muestra quedó conformada por cuatro casos pertenecientes a dos universidades chilenas de la zona centro-sur del país, ambas con amplia trayectoria en formación inicial docente. Para resguardar la confidencialidad, se asignaron pseudónimos a las personas participantes.

La producción de datos se realizó mediante entrevistas semiestructuradas basadas en dilemas pedagógicos. Este recurso metodológico permite acceder a posicionamientos ideológicos y a decisiones curriculares situadas, favoreciendo la explicitación de concepciones y prácticas declaradas en contextos de enseñanza ficticios pero verosímiles (Caballero, 2020; Lampert, 1985). Cada dilema presentó escenarios con sesgos de género asociados a distintas fases del diseño e implementación de la enseñanza, ofreciendo alternativas de actuación que el PFI debía escoger y justificar. Las preguntas de seguimiento profundizaron, primero, en las concepciones sobre la relación entre género y educación científica y, posteriormente, en las prácticas de enseñanza, con el fin de identificar expresiones de jerarquías de género en ambos niveles.

La investigación contó con la aprobación de un Comité de Ética Científica (Sesión n.° 3/2022, ID protocolo 210315015). Se resguardaron los principios éticos mediante la firma de consentimiento informado, el carácter voluntario de la participación y la posibilidad de desistir en cualquier momento. Las entrevistas se realizaron de forma virtual, fueron grabadas en video y posteriormente transcritas a partir del audio, el cual fue anonimizado.

El análisis se desarrolló en dos fases complementarias. En primer lugar, se aplicó un Análisis Dialógico del Discurso (ADD), sustentado en la teoría de la enunciación (Larraín y Medina, 2007), para identificar posicionamientos ideológicos a partir de modos y modalidades del enunciado que evidencian jerarquías de género implícitas en el discurso del PFI. En segundo lugar, se realizó un análisis de contenido categorial-temático, siguiendo los lineamientos de Bardin (2002) y Krippendorff (2018), que permitió identificar patrones recurrentes y categorías emergentes vinculadas a decisiones pedagógicas relevantes para la equidad de género. Ambos análisis se articularon mediante ciclos de codificación, reducción y organización matricial por caso y categoría.

RESULTADOS

Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar las expresiones de las jerarquías de género presentes en las concepciones sobre género y educación científica, así como en las prácticas de enseñanza declaradas por el profesorado en formación inicial (PFI) de ciencias. El análisis de los cuatro casos permitió identificar posicionamientos ideológicos diferenciados, que se sitúan en un continuo que transita desde la equidad de género hacia la pluralidad, revelando tanto permanencias como desplazamientos respecto de las jerarquías androcéntricas tradicionales en la enseñanza de las ciencias.

En los casos 1 y 2 se observa un posicionamiento predominante en la jerarquía de equidad de género. Ambos reconocen explícitamente la existencia de desigualdades históricas y asumen la necesidad de implementar acciones compensatorias orientadas a garantizar la participación simétrica del estudiantado. En este marco, la autoridad pedagógica se desplaza desde criterios tradicionales —como la estética, la costumbre o el rol asignado por género— hacia la normativa institucional y la ética del cuidado. La equidad se configura como un principio regulador que legitima la revisión y el rediseño de prácticas cuando se identifican sesgos o exclusiones.

En la selección de materiales didácticos, tanto el caso 1 como el caso 2 priorizan inicialmente criterios estéticos, especialmente el impacto visual asociado a elecciones cromáticas o gráficas. Sin embargo, estos criterios se subordinan de manera explícita a la normativa inclusiva cuando se reconoce la presencia de estereotipos o sesgos sexistas. Este desplazamiento evidencia una jerarquización clara, donde la política no sexista y la inclusión adquieren mayor autoridad que las preferencias personales o las rutinas didácticas consolidadas. En este sentido, la normativa institucional opera como un dispositivo legitimador de prácticas más equitativas.

Respecto de la asignación de experticia, ambos casos cuestionan la jerarquía androcéntrica que asocia implícitamente a los hombres con el rol de explicadores y a las mujeres con posiciones de aprendizaje o apoyo. La experticia se redefine a partir de criterios funcionales, como el desempeño académico, la eficacia comunicativa o incluso el azar, lo que contribuye a horizontalizar las interacciones pedagógicas y a desnaturalizar la asociación entre género y capacidad científica. No obstante, estas decisiones se inscriben en una lógica correctiva y situacional, más que en una transformación estructural de las relaciones de poder en el aula.

En la organización de roles y espacios durante las actividades prácticas, los casos 1 y 2 evidencian una tensión entre la autonomía estudiantil y la necesidad de intervención docente. Ambos promueven inicialmente la libre elección de grupos y tareas, pero introducen correcciones cuando se identifican asimetrías sistemáticas en la participación, especialmente aquellas que reproducen la división sexual del trabajo científico. Estas correcciones se realizan desde una ética del cuidado, priorizando la explicación, el diálogo y la reparación del vínculo pedagógico, más que la sanción o la imposición.

Por su parte, los casos 3 y 4 se inscriben principalmente en la jerarquía de pluralidad de género, aunque con matices. En ambos discursos se observa una problematización más profunda del binarismo de género y de la heteronormatividad como estructuras que organizan la enseñanza de las ciencias. La diversidad y la heterogeneidad se posicionan como valores pedagógicos centrales, no solo como objetivos normativos, sino como principios que orientan el diseño, la implementación y la evaluación de la enseñanza.

En el plano de los materiales, los casos 3 y 4 rechazan explícitamente recursos visuales o narrativos que refuercen modelos binarios o excluyentes. Mientras el caso 3 opta por la sustitución directa de materiales considerados sexistas, el caso 4 combina esta estrategia con procesos de resemantización discursiva, explicitando los límites representacionales de los recursos y promoviendo una lectura crítica de los mismos. En ambos casos, la inclusión y la diversidad no se presentan como dimensiones accesorias, sino como criterios epistemológicos que redefinen qué y cómo se enseña ciencia.

La asignación de experticia en estos casos rompe de manera más radical con la jerarquía tradicional. El caso 3 horizontaliza la autoridad pedagógica a través de círculos de conversación y dinámicas de aprendizaje entre pares, eliminando la figura central del “experto explicador”. El caso 4, en cambio, reconoce explícitamente sesgos internalizados —incluidos estereotipos aparentemente positivos— y los corrige mediante criterios epistémicos basados en el desempeño y la evidencia. Ambas estrategias contribuyen a desarticular la asociación entre género y legitimidad del conocimiento.

En cuanto a la organización de roles y espacios, los casos de pluralidad implementan estrategias normativas y performativas que garantizan la participación equitativa: rotación obligatoria de roles, liderazgos cruzados, uso de bitácoras y supervisión activa de las dinámicas grupales. Estas prácticas buscan evitar que la equidad dependa exclusivamente de la voluntad estudiantil, reconociendo que la libertad de elección sin mediación puede reproducir desigualdades estructurales.

Finalmente, en la relación con la institucionalidad, los cuatro casos legitiman la política no sexista como marco regulador, aunque con diferentes niveles de apropiación. Mientras los casos 1 y 2 la asumen como una norma a cumplir y aplicar, los casos 3 y 4 la integran como una herramienta para cuestionar estructuras de poder más amplias y para demandar coherencia institucional, observación situada y reparación de prácticas.

En síntesis, los resultados evidencian que las jerarquías de género en la formación inicial docente de

ciencias no se expresan de manera homogénea, sino que se configuran en un continuo entre equidad y pluralidad. Las decisiones pedagógicas del PFI reflejan tanto avances significativos hacia una enseñanza más inclusiva como tensiones persistentes entre autonomía, normatividad y transformación estructural, confirmando el carácter no espontáneo de la equidad y la centralidad del diseño didáctico como espacio de intervención.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de los cuatro casos evidencia la coexistencia de diversos posicionamientos ideológicos del profesorado en formación inicial (PFI) de ciencias frente a la relación entre género y educación científica. Estos posicionamientos se sitúan principalmente en las jerarquías de equidad y pluralidad de género, diferenciándose en el alcance y profundidad con que se traducen en decisiones pedagógicas. Las jerarquías identificadas se expresan en ámbitos clave de la enseñanza, como la selección de materiales didácticos, la asignación de experticia, la organización de roles en actividades científicas, la gestión de conflictos y la adhesión a las políticas institucionales de género.

Los posicionamientos orientados a la equidad se caracterizan por reconocer las desigualdades históricas y promover acciones compensatorias para reducirlas. En estos casos, la revisión crítica de recursos, la rotación de roles y la intervención docente ante asimetrías de participación permiten avanzar hacia condiciones más simétricas en el aula. No obstante, estas prácticas suelen mantenerse dentro de marcos normativos correctivos, sin cuestionar de manera estructural las bases epistemológicas y culturales que sostienen la enseñanza tradicional de las ciencias.

En contraste, los posicionamientos inscritos en la pluralidad de género problematizan más profundamente las lógicas androcéntricas y heteronormativas que atraviesan la educación científica. Desde esta perspectiva, la diversidad se asume como un principio organizador de la enseñanza, lo que se traduce en una redistribución de la autoridad pedagógica, la promoción de interacciones horizontales y el cuestionamiento explícito del binarismo de género. Estas prácticas transforman el aula en un espacio de reconfiguración de las relaciones de poder y de legitimación de múltiples formas de participación y conocimiento.

En conjunto, los resultados confirman que la formación inicial docente en ciencias constituye un espacio estratégico para desarticular jerarquías de género históricamente naturalizadas. La incorporación de la perspectiva de género adquiere sentido pedagógico cuando se materializa en prácticas concretas y sostenidas, tales como la selección consciente de materiales, la organización deliberada de roles y el reconocimiento explícito de la diversidad. En este sentido, avanzar hacia una educación científica más equitativa y plural depende en gran medida de la capacidad del PFI para reconocer, problematizar y reconfigurar las estructuras de poder que atraviesan sus prácticas de enseñanza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AranedaGuirriman, C., SepúlvedaPáez, G., PedrajaRejas, L., & San Martín, J. (2023). Women in academia: an analysis through a scoping review. *Frontiers in Education, 8*, 1137866. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1137866

Ávila Bravo-Villasente (2021). Propuestas y herramientas innovadoras para introducir la coeducación en la docencia universitaria. In *Hacia una docencia sensible al género en la educación superior* (pp. 434-459) [Innovative proposals and tolos to introduce coeducation in university teaching. *In Towards gender-sensitive teaching in higher education*]. Dykinson.

Bardin, L. (2002). *El Análisis de contenido.* Tercera edición, Akal

Caballero Guichard, T. P. (2020). Análisis dialógico del discurso: posiciones ideológicas que movilizan la toma de decisiones curriculares de una profesora de educación básica. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, *11*(21). https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.748

Calle Mollo, S. E. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina Revista Científica*

Multidisciplinar, *7*(4), 1865-1879. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7016

Dew, M., Stump, E. M., & Holmes, N. G. (2025). Structuring groups for gender equitable equipment usage in labs. *Physical Review Physics Education Research, 21*, 010162. https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/yyml-sr6q

Díaz-Mejías, M. (2021). Investigadoras en la Universidad Autónoma de Querétaro. Segregación ocupacional por género. *GénEroos. Revista de investigación y divulgación sobre los estudios de género, 28*(30), 39-60. Recuperado a partir de https://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/generos/article/view/14

Gálvez Méndez, V. E. (2020). *Ciencias y género: los supuestos de la exclusión*. Cuestiones de Género: de la igualdad y la diferencia, (15), 7–30. https://doi.org/10.18002/cg.v0i15.6157

Haraway, D. J. (1995). *Ciencia, cyborgs y mujeres: La reinvención de la naturaleza*. Cátedra. https://archive.org/details/cienciacyborgsymujeres

Harding, S. (1998). *Is Science Multicultural?* Indiana University Press. https://iupress.org/9780253211569/is-science-multicultural/

Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage publications.

Lampert, M. (1985). How do teachers manage to teach? Perspectives on problems in practice. *Harvard Educational Review*, *55*(2), 178-195. https://doi.org/10.17763/haer.55.2.56142234616x4352

Larraín, A., & Medina, L. (2007). Análisis de la enunciación: distinciones operativas para un análisis dialógico del discurso. *Estudios de Psicología*, *23*(3), 283-301. https://doi.org/10.1174/021093907782506443

Martínez-Galaz, C., & Palomera-Rojas, P. (2024). Gender perspectives in Science Education. In A. Marzabal, & C. Merino (Eds.), *Rethinking Science Education in Latin-America. Contemporary Trends and Issues in Science Education* (vol 59, pp. 127-141). https://doi.org/10.1007/978-3-031-52830-9_7

Miralles-Cardona, C; Cardona-Molto, M. C. and Chiner, E. (2020). La perspectiva de género en la formación inicial docente: estudio descriptivo de las percepciones del alumnado. *Educación XX1, 23*(2), 231-257, doi: 10.5944/educXX1.23899

Montenegro, H., & Martínez, S. (2024). Enfoques comunicativos de formadores de profesores de Educación Básica al enseñar matemática. Pensamiento educativo, 61(2). https://dx.doi.org/10.7764/pel.61.2.2024.2

Palomera-Rojas, P., Martínez-Galaz, C., Gutiérrez, J., & Morales, S. (2024). Concepciones acerca de la ciencia y el género: ¿ Qué piensan docentes y estudiantes?. *Estudios Pedagógicos (Valdivia), 50*(2), 245-263. http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07052024000200245

Palomera-Rojas, P., Meneses Arévalo, A., & Hugo Rojas, E. (2025). Jerarquías de género en la educación científica: concepciones y prácticas del profesorado formador de formadores. *Psicoperspectivas*, 24(2). https://dx.doi.org/10.5027/psicoperspectivas-vol24 -issue2-fulltext-3353

Sánchez Hernández, M. P. (2020). *Elegir ingeniería TIC ante el riesgo de exclusión en el futuro mercado digital*. Cuestiones de Género: de la igualdad y la diferencia, (15), 187–208. https://doi.org/10.18002/cg.v0i15

Rosa, R., & Clavero, S. (2021). Gender equality in higher education and research. Journal of Gender Studies, 31(1), 1–7. https://doi.org/10.1080/09589236.2022.2007446

Formación del profesorado de ciencias: prácticas educativas con perspectiva de género

Carolina Martínez-Galaz[1], Pamela Palomera-Rojas[2], Núria Solsona-Pairó[3]

[1] Universidad Católica del Maule, Departamento de Biología y Química

[2] Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Departamento de Física

[3]Universidad Autónoma de Barcelona, Grupo de Investigación LIEC

*Correspondencia: pamela.palomera@umce.cl

RESUMEN: La persistencia de la brecha de género en las áreas científicas y tecnológicas pone de relieve la necesidad de abordar las desigualdades desde etapas tempranas del sistema educativo, particularmente desde la formación inicial docente. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar las prácticas educativas del profesorado formador de formadores de ciencias que incorporan la Perspectiva de Género (PDG) en su enseñanza. Desde un enfoque cualitativo, se desarrolló un estudio de casos múltiples con 17 docentes universitarios chilenos, reconocidos por su sensibilidad y compromiso con las temáticas de género, pertenecientes a las áreas de biología y química, didáctica de las ciencias naturales y formación práctica-pedagógica. La producción de datos contempló entrevistas en profundidad y observaciones de clases videograbadas. Los resultados evidencian que estas prácticas configuran un enfoque pedagógico de carácter crítico, inclusivo y transformador, en el que la enseñanza de las ciencias se concibe como una práctica ética y política. Entre los principales hallazgos destacan el cuestionamiento de las relaciones de poder en el aula, el uso de discursos inclusivos y la visibilización de mujeres y disidencias en la ciencia. Estos resultados subrayan el rol estratégico del profesorado formador de formadores en la promoción de una educación científica más equitativa desde la formación inicial docente.

PALABRAS CLAVE: Práctica Educativa, Perspectiva de Género, Profesorado Formador de Formadores, Educación Científica

ABSTRACT: The persistence of the gender gap in science and technology fields highlights the need to address inequalities from the early stages of the education system, particularly during initial teacher training. The objective of this study was to characterize the educational practices of science teacher educators who incorporate a gender perspective (GP) into their teaching. Using a qualitative approach, a multiple-case study was conducted with 17 Chilean university professors—recognized for their sensitivity and commitment to gender issues—from the fields of biology and chemistry, natural science pedagogy, and practical-pedagogical training. Data collection involved in-depth interviews and observations of videotaped classes. The results show that these practices constitute a pedagogical approach that is critical, inclusive, and transformative, in which science education is conceived as an ethical and political practice. Key findings include the questioning of power relations in the classroom, the use of inclusive language, and the visibility of women and dissident voices in science. These results underscore the strategic role of teacher educators in promoting a more equitable science education starting with initial teacher training.

KEYWORDS: Educational Practice, Gender Perspective, Teacher Training Faculty, Science Education

INTRODUCCIÓN

En Chile y América Latina, la desigualdad de género en la participación y producción del conocimiento continua siendo evidente, lo que demuestra que los avances en equidad dentro del ámbito STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por su sigla en inglés) siguen resultando insuficientes. Esta situación se explica, en gran medida, por la ausencia de transformaciones profundas en las estructuras históricas que han restringido la plena inclusión de las mujeres en estas disciplinas

(Martínez-Galaz et al., 2022). Investigaciones recientes confirman esta realidad, mostrando menores tasas de acceso, permanencia y desarrollo profesional de las mujeres en áreas científicas y tecnológicas, junto con la persistencia de estereotipos, sesgos y culturas académicas masculinizadas que condicionan sus trayectorias académicas y profesionales (Radovic et al., 2023; Arredondo et al., 2019). Ante ello, la educación científica enfrenta el desafío urgente de construir entornos formativos equitativos que permitan superar estas desigualdades estructurales.

En este escenario, la formación inicial docente adquiere una relevancia estratégica, en tanto constituye el espacio donde se configuran concepciones, prácticas y marcos interpretativos que el futuro profesorado reproducirá en su ejercicio profesional. Desde allí, es posible transformar imaginarios, cuestionar estereotipos y promover la equidad en el aula (Palomera-Rojas et al., 2025). La literatura especializada sostiene que el profesorado formador de formadores no solo transmite conocimientos disciplinares, sino que también modela actitudes, valores y formas de interacción que influyen decisivamente en la manera en que se comprende y enseña la ciencia (Loughran & Menter, 2019). Esta posición privilegiada los sitúa como actores clave para introducir enfoques críticos que permitan cuestionar el androcentrismo presente en las ciencias y promover prácticas pedagógicas orientadas a la participación equitativa del estudiantado (Martínez-Galaz et al., 2024).

No obstante, la incorporación de la Perspectiva de Género (PDG) en la formación del profesorado continúa siendo limitada, fragmentaria y poco sistematizada. Si bien existen orientaciones y recomendaciones para integrar la PDG en los currículos de las carreras de pedagogía, la evidencia muestra que estas acciones rara vez consideran de manera explícita el rol central del profesorado formador de formadores. Ello resulta especialmente relevante, dado que son estos actores quienes configuran los referentes profesionales que orientan las decisiones pedagógicas y prácticas futuras del profesorado en formación (Miralles-Cardona et al., 2020). En este sentido, la escasez de estudios que caractericen y analicen las prácticas de los formadores en relación con la PDG constituye un vacío crítico dentro de la investigación educativa.

Incorporar la perspectiva de género en las prácticas educativas del profesorado de ciencias permite identificar sesgos curriculares, visibilizar la ausencia histórica de mujeres científicas en los contenidos disciplinares y promover estrategias pedagógicas que favorezcan la participación equitativa en el aula. Asimismo, ofrece herramientas analíticas para comprender el funcionamiento de las barreras simbólicas y materiales que inciden en las trayectorias educativas de niñas y jóvenes en STEM. En consonancia con ello, estudios internacionales y regionales coinciden en señalar que la equidad de género debe abordarse de manera prioritaria desde la formación inicial docente, integrando enfoques críticos que permitan desnaturalizar las desigualdades y construir ambientes de aprendizaje inclusivos.

Desde esta perspectiva, resulta fundamental comprender cómo el profesorado formador de formadores incorpora —o no— la PDG en sus prácticas de enseñanza, con el fin de identificar barreras, tensiones y oportunidades que permitan avanzar hacia una educación científica más inclusiva, justa y socialmente relevante. La integración de la PDG en la formación docente no se limita a la revisión de contenidos o ejemplos, sino que implica transformar las concepciones sobre el conocimiento, la organización del aula, los modos de evaluación y la construcción de las relaciones pedagógicas (Rebollo-Catalán & García, 2021). Analizar las prácticas del profesorado formador de formadores permite, además, visibilizar los procesos mediante los cuales el género se produce y reproduce en los espacios formativos, entendiéndolo no como un atributo fijo, sino como una construcción dinámica que emerge en las interacciones cotidianas (Chikunda, 2014).

En consecuencia, este estudio se justifica en la necesidad de aportar evidencia empírica que permita comprender de qué manera el profesorado formador de formadores integra la Perspectiva de Género en sus prácticas educativas y cómo dichas prácticas influyen en la formación de un profesorado de ciencias capaz de promover ambientes de aprendizaje equitativos. Los resultados esperados no solo contribuirán al fortalecimiento de la formación inicial docente, sino que también entregarán orientaciones relevantes para el diseño de políticas, programas y estrategias destinadas a favorecer la equidad de género en la enseñanza de las ciencias y, en última instancia, en los sistemas científicos y tecnológicos del país y la región.

METODOLOGÍA

Este estudio se inscribe en una investigación de mayor alcance que, desde hace tres años, ha seguido de manera sistemática a un grupo de diecisiete docentes universitarios. La investigación adopta un enfoque cualitativo y presenta un alcance exploratorio-descriptivo, profundizando en el fenómeno a través de un diseño de estudio de casos múltiples (Yin, 2017). El objetivo central es caracterizar las prácticas educativas que incorporan la perspectiva de género en la enseñanza de las ciencias, desarrolladas por el profesorado formador de formadores.

Selección de participantes

La muesta se conformó de manera intencionada, siguiendo criterios explicitos de inclusión. Se consideraron docentes que:

- Contaban con reconocimiento institucional por integrar la Perspectiva de género (PDG) en la educación científica
- Habían sido destacados en instancias formales por su pares académicos (por ejemplo, comités de carrera, coordinaciones de programa) y por el estudiantado de pedagogía a través de instrumentos aplicados en una fase anterior del proyecto, así como en evaluaciones docente.
- Se encontraban vinculados a programas de formación inicial y continua del profesorado de educación primaria y secundaria.

En total participaron 17 docentes, de los cuales catorce se identificaron como mujeres y tres como hombres. En cuanto a su adscripción disciplinar: siete pertenecían al área de ciencias básicas, seis a educación científica y cuatro a la formación práctica-pedagógica en ciencias. En su mayoría, se encontraban contratados a jornada completa en sus respectivas universidades, desempeñando funciones de docencia y/o investigación.

Las y los participantes provenían de seis instituciones de educación superior ubicadas en la zona centro-sur de Chile: dos instituciones públicas y cuatro instituciones privadas de orientación católica. El trabajo de campo se desarrolló a lo largo de dos semestres académicos en siete programas de pedagogía en ciencias.

Técnicas de recolección de información

Se aplicaron dos técnicas principales

- Entrevistas semiestructuradas (17 en total), orientadas a indagar las concepciones del profesorado respecto de la PDG en la educación científica
- Observaciones de aula (tres sesiones por docente, en distintos niveles de formación) que fueron videograbadas, acumulando un total de 72 horas de registro.

Análisis de la información

El proceso de análisis se encuentra actualmente en desarrollo y se ha estructurado en fases para garantizar rigor y transparencia. En primer lugar, se realizó una codificación abierta de las entrevistas y observaciones de aula, identificando unidades de significado relevantes vinculadas a la integración de la PDG en la enseñanza de las ciencias. Posteriormente, se aplicó una codificación axial, que permitió agrupar estas unidades en categorías preliminares a partir de criterios de recurrencia, intensidad y articulación con los objetivos del estudio.

En una tercera fase, se llevó a cabo un proceso de comparación constante entre los datos de los distintos participantes, contrastando similitudes y diferencias en sus prácticas pedagógicas. Este procedimiento posibilitó la identificación de patrones recurrentes y la delimitación de seis categorías temáticas

principales, las cuales se presentan como dimensiones interdependientes más que como acciones aisladas.

Finalmente, se está avanzando hacia una conceptualización teórica mediante la integración de las categorías a un marco interpretativo más amplio, que busca dar cuenta de las tensiones, alcances y limitaciones de la incorporación de la PDG en la formación inicial docente de ciencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación se sitúan en un problema central de la formación inicial docente, asociado al rol que desempeña el profesorado formador de formadores en la reducción de la brecha de género en el sistema escolar desde sus primeras etapas. En particular, el estudio aporta evidencia acerca de cómo, a través de sus prácticas de enseñanza, este profesorado puede incidir de manera significativa en la formación del futuro profesorado, favoreciendo la construcción de experiencias educativas más equitativas e inclusivas desde edades tempranas. Los principales hallazgos se enmarcan en el proyecto FONDECYT N°1251595, específicamente en relación con su objetivo específico 1, en tanto se orientan a la caracterización de las prácticas educativas desarrolladas por las y los formadores al integrar la Perspectiva de Género en cursos de ciencias y didáctica de las ciencias.

Los resultados muestran que las prácticas educativas del profesorado formador de docentes de ciencias con sensibilidad hacia la Perspectiva de Género (PDG) configuran un enfoque pedagógico de carácter crítico, inclusivo y transformador, en el que la enseñanza de la ciencia es concebida como una práctica ética y política. A partir del análisis de las observaciones de aula, se identificaron seis categorías temáticas que estructuran dichas prácticas, las cuales se presentan de manera articulada e interdependiente, más que como acciones aisladas.

La categoría que adquiere mayor prominencia en las prácticas observadas corresponde al cuestionamiento y transgresión de las relaciones de poder en el aula. El profesorado impulsa relaciones pedagógicas más simétricas, sustentadas en la escucha activa, el respeto y la construcción colectiva del conocimiento, promoviendo el compartir del poder con el estudiantado. Estas prácticas tensionan las jerarquías tradicionales presentes en la enseñanza universitaria y dialogan con los enfoques de la pedagogía crítica y feminista, que conciben el aula como un espacio de democratización y de resistencia frente a las desigualdades estructurales.

En estrecha vinculación con lo anterior, los discursos y narrativas pedagógicas se configuran como una herramienta central para la promoción de la igualdad. El uso deliberado de un lenguaje inclusivo y no sexista, junto con una distribución equitativa de la palabra, contribuye a visibilizar a estudiantes históricamente marginadas, en particular a las mujeres. De este modo, se refuerza la noción de que el lenguaje no es neutral, sino que participa activamente en la construcción de subjetividades y en la reproducción —o cuestionamiento— de las relaciones de poder en el espacio educativo.

La categoría referida a los roles y estereotipos de género en la ciencia evidencia que el profesorado aborda de manera sistemática los sesgos históricos que han limitado la participación de las mujeres en la producción de conocimiento científico. Mediante reflexiones guiadas, análisis de casos y el uso de ejemplos disciplinares, se problematiza el sexismo presente en la ciencia y se promueve una participación más igualitaria del estudiantado en el aula.

En relación con los saberes y conocimientos decoloniales, si bien esta categoría aparece con menor recurrencia, los hallazgos dan cuenta de experiencias pedagógicas significativas orientadas a la contextualización del conocimiento científico en el territorio y en la cultura local. El profesorado reconoce el carácter situado del conocimiento científico y valora saberes provenientes de contextos rurales, ancestrales o vinculados al trabajo de cuidado, ampliando así las perspectivas epistemológicas del estudiantado y cuestionando concepciones hegemónicas y universalistas de la ciencia.

Las rupturas espaciales constituyen otra dimensión relevante de las prácticas observadas. En este ámbito, el profesorado modifica intencionadamente la disposición física del aula con el propósito de favorecer la interacción, la colaboración y la participación equitativa, evitando configuraciones espaciales que refuercen jerarquías tradicionales.

Finalmente, la categoría mujeres y disidencias en la ciencia da cuenta de esfuerzos sistemáticos por visibilizar las contribuciones de mujeres científicas y de otros colectivos históricamente excluidos del canon científico. A través de la selección intencionada de bibliografía, el uso de ejemplos contemporáneos y la promoción de reflexiones críticas, el profesorado problematiza la invisibilización de las mujeres en la historia de la ciencia y proporciona referentes diversos para el estudiantado. No obstante, los resultados sugieren que persiste el desafío de integrar estos aportes de manera más sistemática, especialmente en el ámbito de la didáctica de las ciencias.

CONCLUSIONES

En su conjunto, la discusión de los resultados evidencia que las prácticas desarrolladas por el profesorado formador de docentes con sensibilidad de género se inscriben en enfoques de epistemologías feministas y críticas, desde los cuales se cuestiona la supuesta neutralidad del conocimiento científico y se promueve una formación docente orientada a la justicia social y epistémica. No obstante, los hallazgos también revelan la presencia de tensiones, así como desigualdades en la recurrencia y profundidad de determinadas prácticas, lo que pone de manifiesto los desafíos aún existentes para avanzar en la transversalización efectiva de la Perspectiva de Género (PDG) en la Formación Inicial Docente en ciencias. Estas prácticas no solo inciden en la experiencia formativa inmediata del estudiantado, sino que poseen un alcance proyectivo, en tanto modelan disposiciones pedagógicas que pueden reproducirse y consolidarse en las futuras prácticas profesionales del profesorado en formación.

Desde esta perspectiva, los resultados del estudio tienen implicancias relevantes para el diseño e implementación de políticas públicas y políticas institucionales en educación superior y formación docente. En particular, la evidencia subraya la necesidad de que la PDG sea reconocida no como un componente accesorio ni meramente declarativo, sino como una dimensión estructural de la práctica pedagógica, que atraviesa el lenguaje, las interacciones, la organización del espacio, la selección de contenidos y las formas de evaluación. En este sentido, se vuelve clave avanzar hacia políticas de formación docente que incorporen la perspectiva de género de manera explícita y sistemática en los lineamientos curriculares, estándares de formación y procesos de aseguramiento de la calidad, especialmente en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

Asimismo, los hallazgos sugieren la importancia de promover políticas institucionales orientadas al fortalecimiento del desarrollo profesional del profesorado formador de formadores, mediante la creación de espacios permanentes de reflexión pedagógica y formación continua con enfoque de género. Dichas políticas deberían favorecer la revisión crítica de las propias creencias, sesgos y posicionamientos epistemológicos del profesorado, así como generar condiciones estructurales —tiempo, reconocimiento académico, incentivos y apoyo institucional— que permitan sostener prácticas pedagógicas comprometidas con la equidad de género. De este modo, la formación inicial docente en ciencias podría constituirse en un eje estratégico para la reducción de las desigualdades de género en el sistema educativo y, a largo plazo, en los ámbitos científicos y tecnológicos.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo a través del Proyecto Fondecyt Regular N° 1251595

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arredondo Trapero, F. G., Vázquez Parra, J. C., & Velázquez Sánchez, L. M. (2019). STEM y brecha de género en Latinoamérica. *Revista de El Colegio de San Luis, 9*(18).

Chikunda, C. (2014). Identifying Tensions around Gender-responsive Curriculum Practices in Science Teacher Education in Zimbabwe: An Activity Theory Analysis. African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education, 18:3, 264-275.

Loughran, J., & Menter, I. (2019). The essence of being a teacher educator and why it matters. Asia-Pacific Journal of Teacher Education, 1–14. doi:10.1080/1359866x.2019.1575946

Martínez-Galaz, C. P., Campo, V. I. D., & Palomera-Rojas, P. V. (2022). Voces de mujeres en ingeniería: experiencias académicas, obstáculos y facilitadores para permanecer en las carreras. *Formación universitaria*, *15*(4), 59-68.

Martínez-Galaz, C., Palomera-Rojas, P., Baquero-Mendieta, G., & Melo-Letelier, G. (2024). Concepciones del profesorado formador de formadores sensible a la relación entre el género y la educación científica. Formación universitaria, 17(1), 33-44. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062024000100033

Miralles-Cardona, C., Cardona-Moltó, M.-C. y Chiner, E. (2020). La perspectiva de género en la formación inicial docente: estudio descriptivo de las percepciones del alumnado. *Educación XXI*, 23(2), 231-257, doi: 10.5944/educXX1.23899

Palomera-Rojas, P., Meneses Árevalo, A., & Hugo Rojas, E. (2025). Jerarquías de género en la educación científica: concepciones y prácticas del profesorado formador de formadores. *Psicoperspectivas*, *24*(2), 1-14.

Rebollo-Catalán, Á. & Buzón-García, O. (2021). La perspectiva de género en los planes de estudios universitarios en Educación. In Hacia una docencia sensible al género en la educación superior (pp. 51-78). Dykinson.

Radovic, D., Gerdtzen, Z., González, M., Mahn, A., & Saavedra, K. (2023). Medidas afirmativas para mujeres en STEM: Análisis comparado de su implementación en universidades chilenas. *Calidad en la Educación, 59.*

Yin, Robert K. (2018). *Case Study: Research and Applications*. SAGE Publications

Construcción de la identidad profesional de formadores de docentes de ciencias sensibles al género: experiencias, conocimiento epistemológico y prácticas educativas

Carolina Martinez-Galaz[1], Jaime Fauré Niñoles[2], Giselle Melo-Letelier[3], Pamela Palomera-Rojas[4], Núria Solsona i Pairó[5], Valeria del Campo[6] & Maximiliano Montenegro[7]

[1]Universidad Católica del Maule. Facultad de Ciencias Básicas

[2] Universidad Andrés Bello

[3]Grupo de investigación GED

[4] Universidad Metropolitana Ciencias de la Educación

[5] Universidad Autónoma de Barcelona

[6] Universidad Técnica Federico Santa María

[7] Factoria Ideas,Chile

*Correspondencia: cmartinezg@ucm.cl

RESUMEN: La existencia de brechas de género en la educación científica plantea desafíos relevantes para la formación inicial del profesorado, situando al profesorado formador de docentes en un rol clave como agentes de cambio y referentes al modelar prácticas de enseñanza en ciencia. Sin embargo, la identidad profesional del profesorado formador ha sido menos explorada, particularmente desde una perspectiva de género y a partir del estudio de su práctica educativa. Este trabajo -actualmente en desarrollo- se adscribe a un enfoque de investigación cualitativo y tiene como objetivo comprender cómo se construye la identidad profesional del profesorado formador sensible al género, a partir de la articulación entre experiencias subjetivas de aprendizaje, su conocimiento epistemológico y las prácticas educativas que implementan en clases. Participaron 17 formadores de docentes de ciencias de distintas universidades chilenas, seleccionados mediante muestreo intencionado. Las técnicas de producción de información incluyeron entrevistas situadas y episódicas, junto con la observación sistemática de clases en la formación inicial docente. El análisis se realizó mediante un proceso inductivo de codificación axial, combinando análisis temático y del discurso. Los resultados muestran que la identidad profesional sensible al género se construye de manera progresiva y situada, mediada por experiencias de quiebre y resignificación, por un conocimiento epistemológico de carácter teórico-práctico y por prácticas educativas coherentes con los saberes elaborados sobre la relación entre el género y la educación científica.

PALABRAS CLAVE: formador de docentes, identidad profesional; perspectiva de género; educación científica.

ABSTRACT: The existence of gender gaps in science education poses significant challenges for initial teacher education, positioning teacher educators in a key role as agents of change and role models for science teaching practices. However, the professional identity of teacher educators has received limited research attention, particularly from a gender perspective and through the systematic study of their educational practice. This ongoing study adopts a qualitative research approach and aims to explore how the professional identity of gender-sensitive teacher educators is constructed through the interplay of subjective learning experiences, epistemological knowledge, and the educational practices they enact in the classroom. Seventeen science teacher educators from different Chilean universities participated in the study, selected through purposive sampling. Data were generated through situated and episodic interviews, along with systematic classroom observations in initial teacher education programmes.

The analysis followed an inductive axial coding process, combining thematic and discourse analysis. The results indicate that gender-sensitive professional identity is constructed as a progressive and situated process, mediated by experiences of disruption and re-signification, theoretical-practical epistemological knowledge, and educational practices coherent with the professional understandings educators have developed regarding the relationship between gender and science education.

KEYWORDS: teacher educators, professional identity; gender perspective; science education.

INTRODUCCIÓN

La persistencia de brechas de género en la participación femenina, el reconocimiento y la producción de conocimiento científico continúa siendo un desafío relevante para la educación en ciencias, particularmente en las áreas STEM (Reznik et al., 2023). Diversos estudios evidencian que estas desigualdades no se explican únicamente por factores individuales, sino por relaciones de poder históricas, epistemológicas y culturales que atraviesan la ciencia y su enseñanza (McLean, 2023). En este escenario, la formación inicial docente constituye un espacio estratégico para cuestionar estas desigualdades y resignificar estereotipos de género (Cordero-Aliaga & Romero-López, 2025).

El profesorado universitario que forma a futuros docentes ocupa un rol central, dado que no solo transmite conocimientos disciplinares y pedagógicos, sino que modela formas de comprender y enseñar ciencia desde su propia práctica, haciéndola explícita, visible y analizable (Martínez-Galaz et al., 2024; Weinberg et al., 2021). Sin embargo, la investigación se ha centrado principalmente en el profesorado escolar o en el currículum de pedagogía, prestando menor atención a la identidad profesional del profesorado formador desde una perspectiva de género y a partir del estudio de sus prácticas de enseñanza.

La literatura especializada señala que incorporar la Perspectiva de Género (PDG) en la educación científica va más allá de la inclusión de contenidos específicos, implicando procesos de reflexión, agencia y transformación de las prácticas educativas asociados al desarrollo identitario (Miralles-Cardona, 2025). La identidad profesional puede entenderse como un proceso dinámico y situado que se configura mediante trayectorias personales y profesionales, experiencias subjetivas de aprendizaje y actuaciones pedagógicas (Zavershneva & van der Veer, 2018). En este proceso de enseñar a enseñar la disciplina, el modelamiento de prácticas ocurre cuando hacen visibles sus dilemas, decisiones y transformaciones, siendo referentes profesionales para otras personas (Weinberg et al., 2021). Dado esto, es clave el conocimiento que tiene el profesorado formador sobre epistemologías críticas y feministas, para cuestionar la aparente neutralidad de la ciencia y visibilizar sesgos androcéntricos, tal como ha sido reportado por algunos estudios (Harding, 2010; Martínez-Galaz et al., 2024).

En este contexto, esta investigación busca comprender cómo se construye la identidad profesional del profesorado formador de docentes de ciencias sensibles al género, a partir de la articulación entre sus experiencias subjetivas de aprendizaje, el conocimiento epistemológico que tienen y las prácticas educativas que implementan en la formación inicial docente.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolla bajo un enfoque cualitativo interpretativo y forma parte de una línea de investigación sobre la relación género-educación científica, desarrollada durante más de cuatro años en contextos universitarios.

Participan 17 personas formadoras de docentes que imparten docencia en carreras de pedagogía de primaria y secundaria en distintas universidades chilenas. Se utilizó un muestreo intencionado, considerando como criterio principal el reconocimiento por parte de la comunidad académica y estudiantil respecto de la incorporación sistemática de la PDG en sus prácticas docentes. El profesorado desarrolla su docencia en áreas disciplinares de ciencias, de didáctica de las ciencias y en el área de formación de práctica-pedagógica, y cuenta con diversas trayectorias y niveles de experiencia profesional.

Posterior a la obtención del certificado de aprobación ética, se dio inicio a la recolección de información. La producción de información combinó entrevistas situadas y episódicas orientadas a reconstruir experiencias subjetivas de aprendizaje y conocimiento epistemológico desarrollado durante las trayectorias profesionales, junto con observaciones sistemáticas de clases, mediante una pauta etnográfica que permitió registrar sus interacciones en el aula, dinámicas discursivas y formas de modelamiento pedagógico vinculadas a la inclusión de la PDG. El análisis se desarrolló de manera progresiva y cíclica mediante un procedimiento inductivo de codificación axial, integrando análisis temático y del discurso para construir categorías asociadas a experiencias subjetivas, conocimiento epistemológico y prácticas educativas.

Tabla 1. Relación entre los Ejes cualitativos, categorías relevantes y evidencia representativa

EJE CUALITATIVO	CATEGORÍA ANALÍTICA	EVIDENCIA REPRESENTATIVA
Experiencias subjetivas	Experiencias subjetivas de quiebre y resignificación	"una empieza a darse cuenta de que la ciencia no es neutral cuando ciertas preguntas incomodan en la sala, y ahí ya no puedes seguir enseñando igual" (Entrevista F6).
Conocimiento epistemológicos	Cuestionamiento del androcentrismo y de la neutralidad de la ciencia	"cuando empiezas a revisar la historia de la ciencia con más cuidado, te das cuenta de cuántas voces quedaron fuera, y eso cambia cómo enseñas" (Entrevista F3).
Prácticas educativas	Cuestionamiento y la regulación de las relaciones de poder en el aula	"la docente detiene la clase para problematizar una intervención del estudiantado, invitando a reflexionar colectivamente sobre por qué ciertas ideas se naturalizan más que otras" (Registro de campo P9, O2).

Para asegurar el rigor científico se implementaron procedimientos orientados a la credibilidad, consistencia y coherencia interpretativa mediante triangulación de técnicas y fuentes de información, discusión analítica entre integrantes del equipo y explicitación de la relación entre categorías, datos empíricos y objetivo del estudio.

RESULTADOS

Se organizan en tres ejes analíticos interrelacionados, dando cuenta de categorías recurrentes y saturadas que permiten comprender la construcción de la identidad profesional del profesorado formador, considerando la articulación entre experiencias, conocimiento y práctica.

Sobre las experiencias subjetivas de aprendizaje como base de la construcción identitaria

Del análisis inductivo de las entrevistas emergió de manera recurrente la categoría experiencias subjetivas de quiebre y resignificación, identificada transversalmente en los relatos del profesorado formador, con independencia del área en el que desarrollan docencia, o los años de experiencia profesional que tienen. Entendemos por experiencia de quiebre y resignificación aquellos acontecimientos personales o profesionales que interpelan concepciones previas sobre la ciencia, el género o la enseñanza, generando procesos de revisión crítica y elaboración de nuevos significados. Dichas experiencias operan como puntos de inflexión que reconfiguran formas de comprender el rol docente y las relaciones entre ciencia y sociedad. Estas experiencias se relacionan al reconocimiento explícito del sexismo, los estereotipos de género y las relaciones de poder presentes en la ciencia, la academia y la educación científica.

En la mayoría de los casos analizados, las personas participantes refieren experiencias vividas a lo largo de sus trayectorias profesionales, y en algunos casos personales, que operaron como gatillantes y generadores de procesos reflexivos profundos, tensionando las concepciones previas sobre la neutralidad de la ciencia y el rol docente. Estas experiencias suelen describirse como momentos que interpelan la propia práctica y promueven una reorientación del sentido de la labor formativa. Como señala una de las formadoras: "yo no sabía que incluía perspectiva de género en mis clases, quizás no era consciente (…) tuve que empezar a buscar definiciones… qué es realmente incluir perspectiva de género (Entrevista F4)".

La recurrencia de esta categoría en los relatos del profesorado formador, también se articula con

algunas de las prácticas observadas en el aula, principalmente aquellas en donde problematizan sobre los estereotipos de género, ponen atención a la mediación de la interacción discursiva entre estudiantes, y las acciones tendientes a compartir el poder y la toma de decisiones en la clase de ciencias.

Conocimiento epistemológico como saber profesional teórico-práctico

Este conocimiento teórico-práctico refiere a formas de comprensión profesional que no derivan exclusivamente de marcos conceptuales formales, sino de la articulación entre experiencias vividas, reflexión sistemática y práctica docente. Se evidencia que la identidad profesional sensible al género se sostiene en un conocimiento epistemológico elaborado, que se configura como un saber profesional. Una de las principales categorías saturadas es el cuestionamiento del androcentrismo y de la neutralidad de la ciencia, presente de forma transversal en el discurso del profesorado formador.

Si bien la mayoría de los participantes no se reconoce como especialista en teorías feministas y epistemologías críticas, sus narrativas dan cuenta de posicionamientos consistentes con concepciones de la ciencia como actividad social, histórica y situada.

El profesorado formador expresa una comprensión crítica sobre quiénes producen conocimiento científico, qué saberes han sido históricamente legitimados y cuáles han sido invisibilizados, especialmente en relación con las contribuciones de las mujeres y otros grupos infrarrepresentados. Como expresan algunas personas participantes: “en la medida que las mujeres poco se involucren (…) los problemas quedan abordados solo de una perspectiva (…) la participación de las mujeres permite estudiar los fenómenos desde una mirada más amplia y completa (Entrevista F8).

La triangulación con los registros de observación muestra que estos posicionamientos epistemológicos se traducen en prácticas de aula que problematizan los contenidos disciplinares, los ejemplos utilizados y las formas de construir autoridad epistémica en la enseñanza de las ciencias.

Prácticas educativas y modelamiento de una docencia sensible al género

Entre las categorías más frecuentes destaca el cuestionamiento y la regulación de las relaciones de poder en el aula, identificada en la mayoría de las clases observadas, independientemente del contexto institucional o área formativa. Estas prácticas incluyen acciones intencionadas orientadas a redistribuir la palabra, promover la participación equitativa, utilizar un lenguaje inclusivo y problematizar sobre los estereotipos de género vinculados a la ciencia y a la enseñanza. En más de la mitad de las clases analizadas, se observaron también prácticas de modelamiento pedagógico explícito, donde el profesorado formador hace visibles sus decisiones didácticas y reflexionan junto al estudiantado sobre el sentido de enseñar ciencias desde una perspectiva de equidad y justicia social.

Hemos identificado que el profesorado formador no solo enseña contenidos o incorporan la PDG de manera explícita, sino que modelan formas de relación pedagógica basadas en la horizontalidad, la escucha y la corresponsabilidad en el aprendizaje. Como se registra en una de las observaciones: “la docente da la palabra primero a una mujer y luego a los hombres. Cuida que haya alternancia durante toda la clase, está atenta a ello de manera permanente” (Registro de observación de campo P1, O3).

La reflexión sobre la propia práctica y las implicaciones para el modelamiento, también emerge entre el profesorado, al ser más conscientes de sus acciones: “me decía oye […] 5 opiniones de hombres, 2 opiniones de mujeres, hay que trabajar eso (…) ver cómo lo podemos hacer (…) también con mis estudiantes en clases (…) incluirlo… que sea parte del discurso constante” (Entrevista, F3).

La coherencia observada entre discursos, conocimiento epistemológico y prácticas educativas refuerza la comprensión de estas acciones como expresiones de una identidad profesional elaborada, más que como la implementación de estrategias aisladas. De este modo, el aula de formación inicial se configura como un espacio privilegiado para vivir y experimentar una docencia sensible al género y ser conscientes del rol de modelamiento para la formación de futuros docentes de ciencias.

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permiten comprender la identidad profesional del profesorado formador de docentes de ciencias sensibles al género como una construcción progresiva y situada, que emerge de la interacción entre experiencias subjetivas de aprendizaje, el conocimiento epistemológico y las prácticas educativas que implementan en la formación inicial. Esta identidad se construye a partir de procesos reflexivos profundos que interpelan y tensionan concepciones sobre la ciencia, la enseñanza y el rol del profesorado formador, reforzando la idea de que las prácticas de enseñanza también constituyen espacios de producción y resignificación de conocimiento profesional (Martínez et al., 2024).

La identificación de experiencias subjetivas que generan quiebre y resignificación del conocimiento profesional refuerza la idea de que la sensibilidad al género no se adquiere únicamente mediante procesos formales de formación, sino que se gesta en la vivencia de conflictos y cuestionamientos vinculados a las relaciones de poder presentes en la ciencia y la academia. Estas experiencias operan como mediaciones clave en la construcción identitaria, en línea con enfoques socioculturales que conciben la identidad profesional como un proceso dinámico y relacional (Zavershneva & Van der Veer, 2018). Este resultado coincide con investigaciones recientes que plantean que la incorporación de la perspectiva de género en la formación docente no se produce únicamente mediante la adquisición de contenidos específicos, sino mediante procesos de reflexión, agencia y resignificación de experiencias profesionales (Miralles-Cardona, 2025). Asimismo, dialoga con McLean (2023), quien señala que la enseñanza con perspectiva de género implica cuestionar supuestos epistemológicos naturalizados en la ciencia, y con Cordero-Aliaga y Romero-López (2025), quienes destacan la formación docente como un espacio clave para tensionar desigualdades y estereotipos de género.

En particular, el aprendizaje del profesorado formador en interacción con el estudiantado aparece como una fuente relevante de desarrollo profesional, desafiando visiones jerárquicas del saber y posicionando al aula universitaria como un espacio de co-construcción de aprendizajes sobre género. En este sentido, reconocemos que el modelamiento aparece indirectamente, cuando el profesorado adopta una postura de aprendiz, ya que no solo promueven la incorporación de la PDG en sus estudiantes, sino que la practican ellos mismos. Esto tensiona la idea tradicional del profesorado universitario como experto, y lo reposiciona como co-aprendiz que modela práctica de indagación profesional (Weinberg et al., 2021).

Esto adquiere especial relevancia considerando que las personas participantes atribuyen al estudiantado un papel activo en la problematización de situaciones vinculadas al género y a la diversidad, lo que resulta consistente con la necesidad de promover espacios educativos orientados a la equidad, inclusión y sentido de pertenencia en educación científica (Reznik et al., 2023).

Además, los hallazgos muestran que la identidad profesional sensible al género se sostiene en un conocimiento epistemológico de carácter teórico-práctico, que permite al profesorado formador cuestionar el androcentrismo y la neutralidad de la ciencia. Este conocimiento no se expresa como adhesión explícita a marcos teóricos específicos, sino como posicionamientos elaborados que sustentan las explicaciones de los contenidos, la selección de ejemplos y la construcción de autoridad epistémica en el aula. De este modo, se refuerza la idea de que el conocimiento epistemológico constituye un componente central del saber profesional del profesorado formador, estrechamente vinculado a sus experiencias y a la investigación sistemática de la propia práctica. Este hallazgo también es consistente con Harding (2010), quien propone que las epistemologías feministas permiten cuestionar la supuesta neutralidad y universalidad de la producción científica.

Finalmente, las prácticas educativas observadas dan cuenta de una coherencia identitaria entre lo que el profesorado formador piensa, sabe y hace. El modelamiento pedagógico emerge como una práctica fundamental mediante la cual se expresan principios de equidad, participación y justicia social en la enseñanza de las ciencias. Estas prácticas no solo impactan la experiencia formativa inmediata, sino que también cumplen una función modelizadora para el futuro profesorado. En este sentido, los resultados sugieren que la investigación de la práctica constituye un dispositivo fundamental para el desarrollo de una identidad profesional sensible al género, al permitir visibilizar supuestos, problematizar decisiones pedagógicas y generar conocimiento situado, en concordancia con lo planteado por Wolkenhauer y Rutten (2025).

AGRADECIMIENTOS

El equipo de investigación agradece a ANID - FONDECYT REGULAR N° 1251595, y al profesorado formador de docentes participantes por su colaboración en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cordero-Aliaga S. y Romero-López M. A. (2025). Perspectiva de género en la formación docente. Una revisión sistemática. Revista Complutense de Educación, 36(1), 69-82. https://doi.org/10.5209/rced.93115

Harding, S. (2010). Gender, Democracy, and Philosophy of Science. In Leonardo, Z. (Eds). Handbook of Cultural Politics and Education (pp 373-380). Leiden, The Netherlands: Brill. https://doi.org/10.1163/9789460911774_018

Martínez-Galaz, C., Montenegro, M., Carvajal-Salamanca, J. L., & Palomera-Rojas, P. (2026). Educational practices with gender perspective in science education: perceptions of teacher educators and pre-service teachers. International Journal of Science Education, 48(5), 676–693. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2425871

McLean, L. (2023). Teaching about gender violence, with and for gender justice: epistemological, pedagogical and ethical dilemmas. Gender and Education, 35(5), 469–486. https://doi.org/10.1080/09540253.2023.2206848

Miralles-Cardona, C. (2025). Teaching gender equality in teacher education: does existing practice actually support gender mainstreaming implementation? Frontiers in Education, 10, 1-14 https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1570115

Reznik, G., Massarani, L., & Calabrese Barton, A. (2023). Informal science learning experiences for gender equity, inclusion and belonging in STEM through a feminist intersectional lens. Cultural Studies of Science Education, 18(3), 959-984. https://doi.org/10.1007/s11422-023 10149-4

Weinberg, A. E., Balgopal, M. M., & Sample McMeeking, L. B. (2021). Professional growth and identity development of STEM teacher educators in a community of practice. International Journal of Science and Mathematics Education. https://doi.org/10.1007/s10763-020-10148-9

Wolkenhauer, R., & Rutten, L. (2025). Prioritising teacher educator learning: a practitioner inquiry community for teacher educators in a school–university partnership. Professional Development in Education, 1–15. https://doi.org/10.1080/19415257.2025.2469174

Zavershneva, E., & Van der Veer, R. (2018). Lev Vygotsky. Encyclopedia of evolutionary psychological science. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6_2391-1

Experiencias subjetivas de aprendizaje y conocimiento epistemológico en formadores de docentes de ciencias sensibles a la relación entre género y educación científica

Carolina Martinez-Galaz[1], Giselle Melo-Letelier[2], Jaime Fauré Niñoles[3]

[1]Universidad Católica del Maule. Facultad de Ciencias Básicas,

[2]Grupo de investigación GED

[3] Universidad Andrés Bello

*Correspondencia: cmartinezg@ucm.cl

RESUMEN: Las brechas de género en la educación científica continúan reproduciéndose en la formación inicial docente, particularmente en las áreas STEM. En este estudio se analiza cómo se configuran las prácticas educativas con perspectiva de género en formadores de docentes de ciencias sensibles a la relación entre género y educación científica, atendiendo a la relación entre el conocimiento teórico-práctico sobre teorías feministas y epistemologías críticas, y las experiencias subjetivas de aprendizaje sobre género y ciencia. Desde un enfoque cualitativo, se desarrolló un estudio de casos exploratorio con tres docentes universitarios, a partir de entrevistas semiestructuradas. El análisis, de carácter inductivo, permitió identificar que el conocimiento sobre la relación ciencia-género se construye como un saber teórico-práctico, mediado por experiencias de desarrollo profesional significativas. Asimismo, se evidencia que los procesos de investigación sobre la propia práctica operan como experiencias subjetivas formativas, favoreciendo la construcción de una identidad docente sensible al género. Estos hallazgos aportan claves para el diseño de propuestas formativas en didáctica de las ciencias orientadas a una educación científica más equitativa y justa.

PALABRAS CLAVE: perspectiva de género, formación inicial docente, educación científica, experiencias subjetivas de aprendizaje, sensibilidad de género.

ABSTRACT: Gender gaps in science education continue to be reproduced in initial teacher education, particularly in STEM fields. This study analyzes how educational practices with a gender perspective are configured by science teacher educators who are sensitive to the relationship between gender and science education, focusing on the interplay between theoretical-practical knowledge of feminist theories and critical epistemologies, and subjective learning experiences related to gender and science. Adopting a qualitative approach, an exploratory case study was conducted with three university teacher educators through semi-structured interviews. The inductive analysis revealed that knowledge about the science–gender relationship is constructed as a form of theoretical-practical understanding, mediated by significant professional development experiences. Furthermore, the findings show that processes of self-reflection on teaching practice function as formative subjective experiences, fostering the construction of a gender-sensitive teaching identity. These findings provide key insights for the design of teacher education initiatives in science education aimed at promoting a more equitable and just science education.

KEYWORDS: gender perspective, science teacher education, science education, subjective learning experiences, gender sensitivity

INTRODUCCIÓN

Las brechas de género siguen siendo una preocupación relevante en la formación inicial docente, especialmente en las carreras pedagógicas vinculadas con áreas STEM (Siyez, & Beycioglu, 2020).

El profesorado formador en estas disciplinas tiene la posibilidad de modelar prácticas educativas que el futuro profesorado replicaría en sus aulas, constituyendo una oportunidad para introducir cuestionamientos críticos y visibilizar referentes femeninos en la enseñanza de las ciencias. En este sentido, los espacios universitarios de formación inicial representan un escenario clave para integrar la Perspectiva de Género (PDG) mediante prácticas educativas que promuevan una enseñanza científica más justa, inclusiva y equitativa (Cordero-Aliaga & Romero-López, 2025).

Sin embargo, el aprovechamiento de esta posibilidad parece depender de la sensibilidad individual hacia las temáticas de género (Martínez-Galaz et al., 2024a). En estudios previos identificamos a un grupo de docentes formadores "sensibles a la relación entre género y educación científica" (Martínez-Galaz et al., 2024b), quienes se caracterizan por su conciencia sobre la relevancia del género en la educación científica y por el esfuerzo en transformar sus prácticas para incidir en las creencias y acciones del estudiantado. Este hallazgo, revela que sus prácticas educativas atienden a la regulación de los procesos de comunicación e interacción en el aula, reconfigurando las relaciones de poder y el vínculo educativo con su estudiantado. Pero también, existiría un conocimiento profesional clave sobre teorías feministas y de género y sobre epistemologías críticas, lo que les permite cuestionar los estereotipos androcéntricos presentes en la ciencia y en su enseñanza (McLean, 2023).

Hemos identificado también que, la sensibilidad del profesorado formador se ha desarrollado a partir de experiencias de desarrollo profesional, las que hemos analizado desde los constructos de Experiencias Subjetivas de Aprendizaje. Estas experiencias han permeado y reconfigurado los conocimientos teóricos y prácticos sobre la enseñanza con PDG que tiene el profesorado universitario, sustentando sus acciones en el aula, al implementar su práctica educativa. Sin embargo, aún existe escasa comprensión respecto de cómo estas experiencias interactúan con conocimientos teórico-prácticos sobre género y epistemologías en la configuración de las prácticas con PDG. El presente estudio tiene como pregunta central ¿cómo se articulan las Experiencias Subjetivas de Aprendizaje en Género y Ciencias (ESAG-C) y los conocimientos teórico-prácticos sobre teorías feministas y epistemologías críticas en la construcción de una identidad docente sensible al género y en la configuración de prácticas educativas con perspectiva de género?

MARCO CONCEPTUAL

Desde la psicología educativa constructivista de orientación histórico-cultural (Vygotsky, 1987; Coll et al., 2017), sostenemos que la identidad sensible al género se construye a partir de experiencias subjetivas de aprendizaje, entendidas como construcciones semióticas complejas derivadas de vivencias significativas. En este marco, los artefactos culturales -elementos del mundo material dotados de significados personales y colectivos- desempeñan un papel central. Las personas los incorporan mediante procesos de "perezhivanie" o experiencias subjetivas (Zavershneva & van der Veer, 2018), que suelen expresarse en narrativas (Chavéz & Fauré, 2023). Aunque no es posible intervenir directamente en sus significados, sí puede influir en los contextos donde estos se generan.

El conocimiento teórico sobre las teorías de género también podría influir -de forma consciente o no- en el posicionamiento del profesorado formador frente a sus ESAG-C y en la inclusión de la PDG en su práctica. Guzmán (2021, 2022) distingue diversos enfoques: teorías de la diferencia, de la desigualdad y la opresión, de la opresión estructural y el feminismo posmoderno. Cada una aporta fundamentos que podrían influir en los discursos y decisiones pedagógicas de los FdF.

Identificar tanto las experiencias subjetivas como el conocimiento teórico asociado resulta esencial para comprender cómo se configura una identidad docente sensible al género, capaz de promover en el profesorado en formación una comprensión profunda sobre la enseñanza de las ciencias con PDG.

METODOLOGÍA

En el marco de una investigación más amplia, desde hace cuatro años seguimos a un grupo de docentes, reconocidos por la comunidad académica universitaria, dada su sensibilización y conciencia sobre problemáticas derivadas del sexismo y la brecha de género en el ámbito de la ciencia y la tecnología.

Esta sensibilización también ha sido destacada por el estudiantado de pedagogía, al identificarlos como docentes que incorporan en sus clases, la perspectiva de género (Martínez-Galaz et al., 2024a). En este contexto, y para el presente trabajo, el objetivo es comprender cómo se configuran las prácticas educativas con perspectiva de género en formadores de docentes de ciencias sensibles a la relación entre género y educación científica, atendiendo particularmente a la interacción entre el conocimiento teórico-práctico sobre teorías feministas y epistemologías críticas, y las Experiencias Subjetivas de Aprendizaje en Género y Ciencias (ESAG-C). Nos focalizamos en un estudio de casos de carácter exploratorio (Yin, 2018) con tres participantes (dos mujeres y un hombre), quienes imparten formación en áreas disciplinares, de didáctica de las ciencias y de formación práctica en ciencias. Todos con un rango de experiencia profesional de 5 a 10 años, tanto en la formación del profesorado de primaria y secundaria. La tabla 1 resume las principales características de las personas participantes.

Tabla 1. Información de participantes

PARTICIPANTE	SEXO	ÁREA	AÑOS DE EXPERIENCIA	FORMACIÓN ACADÉMICA
Participante 1	Mujer	Didáctica de las ciencias	8 a 10	Profesora de biología y química. Máster en didáctica. Candidata a doctora en didáctica de las ciencias.
Participante 2	Mujer	Disciplinar	5	Licenciada en ciencias. Doctora en ciencias.
Participante 3	Hombre	Formación práctica	8 a 10	Profesor de biología. Máster en didáctica de las ciencias. Cursa estudios de doctorado en didáctica de las ciencias.

La principal técnica de recogida de información fue la observación de clases y la entrevista. Por cada participante se observaron tres clases impartidas en la formación inicial y, posteriormente, se les aplicó una entrevista semiestructurada basada en frases elicitadoras sobre teorías feministas y de género que debían ordenar -en una pizarra virtual- según su nivel de acuerdo o desacuerdo, con el propósito de provocar reflexiones que permitieran identificar nuevas ESAG-C y analizar cómo las personas participantes articulan estos marcos en su práctica. Para el presente estudio, solo consideramos los resultados a partir de la entrevista, dada la naturaleza de la investigación que presentamos.

La entrevista fue diseñada y validada mediante juicio experto, por tres personas investigadoras destacadas en temáticas sobre identidad profesional docente, educación científica con perspectiva de género y epistemologías críticas en ciencia. Cada ítem se evaluó con puntajes de 1 al 4, obteniéndose un promedio de acuerdo entre los jueces de 3,4. Posteriormente, la entrevista fue piloteada con dos personas formadoras de docentes de ciencias con características similares a las personas participantes del estudio, y se realizaron ajustes finales al instrumento antes de su utilización. La entrevista quedó compuesta finalmente por 21 preguntas, organizadas en 4 dimensiones: (a) biográfica, (b) conocimiento sobre teorías feministas y de género, (c) conocimiento sobre epistemologías, y (d) reflexión sobre las experiencias subjetivas.

El volumen total de datos recolectados fue de tres horas de audiograbación y su análisis combinó elementos del análisis temático y del discurso, buscando identificar patrones de convergencia y contraste vinculados al fenómeno estudiado. El proceso se desarrolló mediante un procedimiento inductivo orientado a la generación de conceptualizaciones teóricas organizado en tres etapas (Maxwell, 2019). En una primera fase se realizó una codificación abierta para identificar referencias a experiencias subjetivas de aprendizaje y posicionamientos epistemológicos sobre género y ciencias. Posteriormente, se avanzó hacia una codificación axial para establecer relaciones entre las categorías emergentes y construir agrupaciones conceptuales vinculadas al objetivo de investigación. Finalmente, se desarrolló una fase interpretativa orientada a comprender cómo las ESAG-C y conocimientos teórico-prácticos se articulan en la configuración de una identidad docente sensible al género y en el desarrollo de prácticas educativas con perspectiva de género.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El análisis permitió identificar 16 Experiencias Subjetivas de Aprendizaje en Género y Ciencias, distribuidas de forma desigual entre las personas participantes. Estas experiencias incluyeron situaciones vinculadas a discriminación positiva, abuso de poder, conflictos culturales, referentes femeninos en ciencia, relaciones familiares y productos culturales (películas y obras de teatro) asociadas a temáticas de género. La diversidad observada sugiere que las experiencias significativas no dependen exclusivamente de la formación pedagógica, sino de trayectorias personales y profesionales específicas. Este hallazgo coincide con investigaciones que indican que las sensibilidades y posicionamientos docentes se configuran a partir de experiencias biográficas y profesionales significativas, más que por medio de procesos formales de formación (Martínez-Galaz et al., 2024b; Miralles-Cardona, 2025). En esta línea, McLean (2023) sostiene que la enseñanza con perspectiva de género requiere procesos de reflexión epistemológica y ética capaces de cuestionar supuestos naturalizados presentes en la enseñanza de las ciencias.

En cuanto al conocimiento sobre teorías de género y epistemologías, identificamos que este no opera exclusivamente como un saber conceptual, sino como un conocimiento teórico-práctico construido a partir de experiencias profesionales y aprendizajes subjetivos. Las ESAG-C actuarían como mediadoras en la construcción del conocimiento profesional, otorgando significados a conocimientos sobre género y epistemologías feministas. Así, las experiencias personales y profesionales, junto con la participación en espacios de formación continua, favorecen la construcción de posicionamientos pedagógicos y epistemológicos que orientan las prácticas educativas y contribuyen al desarrollo de una sensibilidad hacia las relaciones entre ciencia y género (Martínez-Galaz et al., 2024b; Miralles-Cardona, 2025).

Las entrevistas permitieron identificar que el conocimiento sobre la relación ciencia-género se expresa en tres ámbitos: una reflexión sistemática sobre las desigualdades y educación científica, una comprensión del género como construcción social dinámica que cuestiona modelos heteronormativos; y el reconocimiento de la diversidad del estudiantado y del rol del profesorado formador. Asimismo, aunque las personas participantes declararon no poseer una formación sistemática sobre teorías feministas, sus respuestas mostraron posicionamientos consistentes con diversas corrientes teóricas, observándose una mayor adhesión a teorías de la desigualdad, la opresión, la interseccionalidad y al feminismo posmoderno como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Nivel de acuerdo sobre teorías feministas y de género a partir de frases elicitadoras

PARTICIPANTE	Teorías de la diferencia	Teorías de la desigualdad	Feminismo liberal	Teorías de la opresión	Feminismo radical	Teorías de la interseccionalidad	Feminismo posmoderno	Teoría queer
Participante 1	De acuerdo	De acuerdo	Desacuerdo	De acuerdo	Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Desacuerdo
Participante 2	Desacuerdo	De acuerdo	Mediana-mente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
Participante 3	De acuerdo	De acuerdo	Mediana-mente de acuerdo	De acuerdo	Medianamente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo

En relación con las epistemologías feministas (Tabla 3), se identificó un distanciamiento del empirismo ingenuo y una mayor adhesión a perspectivas contextuales, al punto de vista feminista y a epistemologías posmodernas, sugiriendo una comprensión crítica y situada de la producción científica (Harding, 1996).

Tabla 3. Nivel de acuerdo sobre epistemologías feministas a partir de frases elicitadoras

PARTICIPANTES	Empirismo feminista o ingenuo	Empirismos feministas contextuales	Enfoque psicodinámico	Teoría feminista del punto de vista	Epistemologías posmodernas
Participante 1	De acuerdo	De acuerdo	Desacuerdo	De acuerdo	Desacuerdo
Participante 2	Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
Participante 3	Desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo

Estos posicionamientos, frente a frases elicitadoras de teorías feministas y de género como a epistemologías feministas, no parecen constituir adhesiones teóricas rígidas, sino elaboraciones híbridas construidas desde experiencias personales, trayectorias profesionales y procesos reflexivos vinculados a la práctica docente.

Los hallazgos permiten comprender que la articulación entre ESAG-C y conocimiento teórico-práctico no ocurre mediante una acumulación lineal de conceptos, sino que, a través de procesos de construcción de sentido donde las experiencias personales y profesionales median la apropiación y resignificación del conocimiento. Esta interacción contribuye a la configuración de una identidad docente sensible al género y orienta prácticas educativas dirigidas a promover formas más inclusivas y equitativas de enseñanza de las ciencias.

CONTRIBUCIONES DEL ESTUDIO

Los hallazgos sugieren que la incorporación de la perspectiva de género en la formación inicial docente requiere superar enfoques centrados exclusivamente en contenidos conceptuales sobre género. En este sentido, las ESAG-C emergen como un componente central del conocimiento subjetivo que sostiene las prácticas educativas con perspectiva de género en el profesorado formador de ciencias, mediando la relación entre el conocimiento teórico -sobre teorías feministas y epistemologías críticas- y la acción pedagógica. Los resultados muestran que la construcción de una identidad docente sensible al género no depende únicamente de la adquisición de conocimiento formal y profesional, sino también de procesos de reflexión sobre trayectorias personales, experiencias profesionales y sobre posicionamientos epistemológicos, permitiendo comprender cómo se articula la subjetividad, la identidad docente y los saberes teórico-prácticos en la docencia universitaria. Para la didáctica de las ciencias, estos resultados sugieren tres líneas de acción: (1) incorporar espacios sistemáticos de reflexión autobiográfica con el estudiantado; (2) integrar contenidos sobre epistemologías feministas y críticas en programas de formación inicial y continua docente; y (3) promover procesos de investigación y reflexión sobre la propia práctica pedagógica. Entre las limitaciones del estudio se encuentra el reducido número de participantes; no obstante, futuras investigaciones buscarán ampliar la participación y profundizar en cómo estos procesos se configuran en distintos contextos de formación inicial docente, particularmente en programas de formación inicial del profesorado de Educación Básica.

AGRADECIMIENTOS

El equipo de investigación agradece a ANID - FONDECYT REGULAR N° 1251595, y al profesorado formador de docentes participantes por su colaboración en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berland, L. K. y Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(1), 68– 94. https://doi.org/10.1002/tea.20446

Chávez, J., & Fauré, J. (2023). The role of experiences in the origin and development of theoretical and practical knowledge during teacher training. Professional Development in Education, 50(2), 360-371.Coll, C., Marchesi, Á., & Palacios, J. (2017). *Desarrollo psicológico y educación*. Alianza Editorial.

Cordero-Aliaga S. y Romero-López M. A. (2025). Perspectiva de género en la formación docente. Una revisión

sistemática. *Revista Complutense de Educación*, 36(1), 69-82. https://doi.org/10.5209/rced.93115

Guzmán, M. (2021) Teorías feministas, teorías de género. Una metateorización. *Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*. Nº 31, pp.1-19. DOI: https://doi.org/10.20932/barataria.v0i31.618

Guzmán, M. (2022). *Teoría feminista/Teoría de género. Lecturas de iniciación*. Universidad Autónoma de Sinaloa.

Harding, S. (1996) *Ciencia y feminismo*. Madrid: Ediciones Morata

Martínez-Galaz, C., Montenegro, M., Carvajal-Salamanca, J. L., & Palomera-Rojas, P. (2024a). Educational practices with gender perspective in science education: perceptions of teacher educators and pre-service teachers. International Journal of Science Education, 1–18. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2425871

Martínez-Galaz, C., Palomera-Rojas, P., Baquero-Mendieta, G., & Melo-Letelier, G. (2024b). Concepciones del profesorado sensible a la relación entre el género y la educación científica: un estudio exploratorio en formadores de formadores de profesores de ciencia. Formación universitaria, 17 (1), 33-44. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062024000100033

Maxwell, J. A. (2019). *Diseño de investigación cualitativa*. Editorial Gedisa.

McLean, L. (2023). Teaching about gender violence, with and for gender justice: epistemological, pedagogical and ethical dilemmas. *Gender and Education*, 35(5), 469–486. https://doi.org/10.1080/09540253.2023.2206848

Miralles-Cardona, C. (2025). Teaching gender equality in teacher education: does existing practice actually support gender mainstreaming implementation? *Frontiers in Education*, 10, 1-14 https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1570115

Siyez, D.M., Beycioglu, K. (2020). Gender Equality in Education from Kindergarten to Higher Education: Policies and Practices. In: Papa, R. (eds) *Handbook on Promoting Social Justice in Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14625-2_112

Vygotsky, L. S. (1987). *The collected works of LS Vygotsky: Problems of the theory and history of psychology* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications*. Los Angeles: SAGE.

Zavershneva, E., & Van der Veer, R. (2018). *Lev Vygotsky. Encyclopedia of evolutionary psychological science*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6_2391-1

Diseño y validación de una rúbrica para evaluar la perspectiva de género en prácticas de indagación científica del profesorado de ciencias en formación

Fabianna Otárola-Benavides[1,2], Carolina Martín-Gámez[1], Cristina García-Ruiz[1], Sylvia Moraga-Toledo[3], Carolina Martínez-Galaz[4].

[1]Universidad de Málaga, España.

[2]Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile.

[3]Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Chile

[4]Universidad Católica del Maule, Chile.

*Correspondencia: fabianna.otarola@uma.es

RESUMEN: Con el objetivo de promover una educación equitativa se plantea este estudio instrumental que consistió en el diseño, validación y análisis de confiabilidad de una rúbrica socioformativa para integrar la perspectiva de género en Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) en la formación inicial docente. Metodológicamente, se identificaron las dimensiones mediante una revisión bibliográfica en Scopus, Web of Science y Scielo, que además permitió establecer ítems basados en la taxonomía socioformativa de Tobón y principios de la sociedad del conocimiento. El instrumento se estructuró como una tabla de doble entrada que evalúa niveles de dominio y evidencias. La validez del contenido fue verificada mediante juicio de personas expertas con la escala Likert, obteniendo un coeficiente V de Aiken superior a 0.80, mientras que la confiabilidad se determinó a través de un pilotaje y el análisis del alfa de Cronbach. Los resultados proponen cuatro dimensiones clave: Contexto y Problemática, Lenguaje y Representación, Aspectos Metodológicos y Conceptualización de las Ciencias, permitiendo transitar desde visiones neutras hacia una integración profunda e interseccional. En conclusión, la rúbrica desarrollada constituye una herramienta diagnóstica y transformadora que facilita al profesorado en formación el desarrollo de un pensamiento crítico y la superación de barreras de género en el aula.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de las Ciencias, Perspectiva de Género, formación inicial docente.

ABSTRACT: This research addresses traditional science education, characterized by its abstract and androcentric nature, factors that perpetuate gender gaps in access to STEM careers. With the aim of promoting equitable education, this instrumental study consisted of the design, validation, and reliability analysis of a socioformative rubric to integrate a gender perspective into Teaching and Learning Sequences (TLS) in initial teacher training. Methodologically, dimensions were identified through a literature review in Scopus, Web of Science, and SciELO, and items were drafted based on Tobón's socioformative taxonomy and principles of the knowledge society. The instrument was structured as a two-dimensional table that assesses levels of mastery and evidence. Content validity was verified through expert judgment using the CIFE Likert scale (2014), yielding an Aiken's V coefficient greater than 0.80, while reliability was determined through a pilot study and Cronbach's alpha analysis. The results propose four key dimensions: Context and Problems, Language and Representation, Methodological Aspects, and Conceptualization of Science, allowing a shift from neutral perspectives toward a deep and intersectional integration. In conclusion, the rubric constitutes a diagnostic and transformative tool that facilitates the development of critical thinking and the overcoming of gender barriers in the classroom for pre-service teachers.

KEYWORDS: Science Education, Gender Perspective, Initial Teacher Training.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias en el sistema educativo desempeña un papel crucial en el desarrollo de habilidades críticas, el fomento del pensamiento científico y la preparación del estudiantado para abordar los desafíos del mundo moderno. El objetivo principal en la enseñanza de las ciencias es que cada persona adquiera y desarrolle competencias que le permitan comprender el mundo natural y tecnológico para poder participar, de manera informada, en las decisiones y acciones que afectan su propio bienestar y el de la sociedad (Ministerio de Educación [MINEDUC], 2015).

Sin embargo, a pesar de la contribución de la enseñanza de las ciencias a la formación de una ciudadanía competente (Asencio-Cabot, 2017), una de las principales dificultades radica en que tiende a ser lejana para el alumnado de educación secundaria y la sociedad en su conjunto, debido a su carácter abstracto y complejo (Izquierdo-Aymerich et al., 2004), lo que provoca mayor dificultad de su aprendizaje. Por otro lado, también se origina una falta de comprensión debido a una falta de adecuación a las motivaciones, necesidades e intereses del alumnado, resultando en una enseñanza de las ciencias que a veces está descontextualizada (Solís-Espallargas, 2018).

A estos antecedentes se suma una visión androcéntrica y tradicionalista del profesorado que hace ciencias con respecto a sus disciplinas (Martínez-Galaz et al., 2024), configurando un claro sesgo de género. En este contexto, los estudiantes masculinos son reconocidos como capaces de generar exitosamente su aprendizaje científico por ser inteligentes y autónomos, mientras que las estudiantes mujeres son consideradas buenas principalmente por ser responsables y con menor grado de autonomía (Camacho, 2013). Esto genera brechas de género, las cuales tienen consecuencias graves para mujeres y niñas, quienes tendrán menos herramientas que sus pares si no se aborda decididamente las consecuencias negativas para el desarrollo cognitivo y para las trayectorias educativas y de vida (Ministerio de Educación [MINEDUC], 2023). Tomar conocimiento de estas brechas en los aprendizajes es fundamental para trabajar en reducirlas y garantizar la igualdad de oportunidades entre niños y niñas (Contreras-Salinas et al., 2020).

Un aspecto clave para mitigar esta brecha de género reside en la formación inicial del profesorado. Una formación inicial docente con perspectiva de género, que integre la comprensión de las dinámicas de género y promueva la igualdad y la equidad (Miralles-Cardona et al., 2020), contribuye a la construcción de una sociedad más justa e inclusiva. Sin embargo, diferentes tensiones surgen a la hora de adoptar esta visión de la enseñanza de las ciencias.

Por una parte, históricamente, las mujeres han sido invisibilizadas en diferentes ámbitos de las ciencias, dominados tradicionalmente por hombres, donde ha sido complejo eliminar el sesgo de género (Camacho, 2013; 2018). Una mayor divulgación del trabajo de científicas podría motivar a más estudiantes a seguir carreras científicas, y por otra parte, el profesorado, especialmente el novel, tiende a replicar metodologías tradicionales observadas durante su formación, generando tensiones con nuevos paradigmas educativos (Jara, 2020).

La falta de experiencia y diversidad de espacios formativos dificulta el ajuste del saber docente (Tardif, 2004). El diseño de secuencias didácticas requiere definir contenidos, contextos, objetivos, orden, actividades, evaluación y recursos (Karlström y Hamza, 2021). No obstante, muchos problemas del profesorado se sitúan en el campo didáctico y en la toma de decisiones pedagógicas (Jara, 2020; Flórez-Nisperuza y González-Rivas, 2021). Una vía para enfrentar este desafío es la formación en el diseño de secuencias didácticas promoviendo la reflexión teoría-práctica (Rodríguez y Blanco, 2021).

De cara al diseño de secuencias didácticas inclusivas, una buena opción es promover la indagación como práctica científica, ya que permite al alumnado formular preguntas, hipótesis y revisar ideas emulando el proceso científico y complementar este enfoque con perspectiva de género para generar entornos inclusivos (Morón-Monge y Navarro, 2021).

En este sentido, incorporar la perspectiva de género mediante instrumentos como una rúbrica permitiría promover equidad, visibilizar el rol de mujeres científicas, cuestionar estereotipos y asegurar entornos

inclusivos. Además, fomentaría el pensamiento crítico sobre la construcción social del conocimiento científico y garantizaría calidad y coherencia en la implementación de esta perspectiva.

Por todo ello, el objetivo general de esta investigación es diseñar una rúbrica socioformativa que ayude a incorporar la perspectiva de género en el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEA) basadas en la indagación a profesorado en formación inicial de ciencias para promover la equidad de género en la educación científica.

Los objetivos específicos son:

1. Establecer las dimensiones, criterios y niveles de desempeño que permita promover la incorporación de la perspectiva de género en el diseño de SEA en la formación del profesorado de ciencias.
2. Determinar la validez y confiabilidad de contenido mediante revisión y juicio de personas expertas y grupo piloto.

METODOLOGÍA

Elaboración de la Rúbrica

El diseño del instrumento se desarrolló mediante una serie de etapas sistemáticas orientadas a garantizar su pertinencia. Este instrumento ha sido diseñado para evaluar la integración de la perspectiva de género con enfoque interseccional en el diseño y desarrollo de Secuencias de Actividades Científicas Escolares (SEA). Su objetivo principal es ir más allá de la mera mención de la diversidad y promover un análisis crítico de las estructuras de poder y los sesgos que históricamente han marginado a ciertos grupos en la ciencia.

En primer lugar, se realizó un análisis de los resultados del diseño de SEA elaborados por estudiantes de Pedagogía en Química y Ciencias y de Pedagogía en Física durante el año 2023, con el propósito de identificar de qué manera integraban la perspectiva de género en sus propuestas.

Posteriormente, se identificaron las dimensiones del instrumento a partir de una revisión bibliográfica en bases de datos académicas como Scopus, Web of Science y Scielo, centrada en prácticas de indagación científica con enfoque de género. Con base en estos antecedentes, se procedió a la redacción de los ítems considerando la taxonomía socioformativa y los principios de la sociedad del conocimiento.

Para la redacción de los ítems y descriptores, se aplicaron los siguientes marcos referenciales:

- Conceptos Clave: la estructura se articula en torno a la visión de las ciencias (Anatolievna, 2012), la percepción del género (Gómez, 2022) y las metodologías (Hernández et al., 2014).
- Taxonomía Socioformativa: se utilizó para establecer niveles de desempeño progresivos que van desde la ausencia de la dimensión hasta una integración profunda (Tóbon, 2014; 2017).

Realizadas las acciones descritas en el apartado sobre el proceso de elaboración, la rúbrica se organizó en cuatro dimensiones críticas, cada una diseñada para cuestionar las estructuras de poder y los sesgos androcéntricos en la ciencia, las cuales permiten evaluar las prácticas de indagación científica desde un enfoque de género e interseccionalidad (Otárola-Benavides et al., 2025) (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones y enfoque de evaluación del instrumento

DIMENSIÓN	ENFOQUE DE EVALUACIÓN
Contexto y Problemática	Evalúa si el problema científico se sitúa en una dimensión social e histórica que visibilice el impacto diferenciado en comunidades marginadas.
Lenguaje y Representación	Analiza el uso de lenguaje inclusivo y la visibilización crítica de aportes de mujeres y disidencias.

Aspectos Metodológicos	Examina la promoción de espacios horizontales y la integración de saberes diversos (feministas, indígenas, LGBTQ+).
Conceptualización de las Ciencias	Valora la presentación de la ciencia como práctica social y la profundidad de la reflexión metacognitiva.

Para cada una de estas dimensiones se definieron 3 niveles de desempeño que permiten categorizar la apropiación de la perspectiva de género en tres niveles:

- Nivel 3 (Integración Profunda e Interseccional): Caracterizado por una actitud activa, crítica y transversal que promueve el diálogo de saberes y cuestiona sesgos.
- Nivel 2 (Integración Parcial o Superficial): Existe un reconocimiento puntual de la diversidad, pero sin abordar las causas estructurales de la desigualdad.
- Nivel 1 (Ausencia o Refuerzo de Sesgos): El conocimiento se presenta como neutral y se refuerzan visiones binarias, sexistas o jerárquicas del conocimiento científico

Finalmente, se elaboró la primera versión de una rúbrica socioformativa estructurada como una tabla de doble entrada que articula criterios, niveles de dominio y evidencias de desempeño.

Proceso de validación

El proceso de validación del instrumento incluyó diversas estrategias. En primer lugar, se realizó una revisión por parte del equipo de investigación, integrado por tres doctoras en Didáctica de las Ciencias Experimentales y cuatro estudiantes de doctorado: una en Educación, dos en Didáctica de las Ciencias Experimentales y una en Ciencias Ambientales. Todas contaban con experiencia en formación inicial docente en el área de didáctica de las ciencias.

Además, se llevó a cabo un juicio de personas expertas conformado por cuatro docentes del área de ciencias: dos de ellas con grado de magíster en Evaluación, una con especialización en Didáctica de las Ciencias y otra con doctorado en Ciencias.Todas poseían experiencia tanto en formación inicial docente como en docencia escolar, obteniendo el análisis del coeficiente V de Aiken para determinar la validez de contenido, coeficiente de kappa para el acuerdo entre expertos y alfa de Cronbach para evaluar la calidad del contenido.

Para poder evaluar la consistencia interna del instrumento, durante los próximos meses se aplicará un cuestionario a un grupo piloto conformado por cuatro estudiantes en formación inicial docente de carrera pedagógica científica que se encuentre cursando una actividad formativa relacionada con la didáctica de las ciencias. Este proceso permitirá recoger sus percepciones sobre la comprensión y claridad de las indicaciones del instrumento y, a partir de los datos obtenidos, calcular el Alfa de Cronbach.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de validación del instrumento evidenció resultados favorables en relación con su claridad y pertinencia. En una primera etapa, se evaluó la confiabilidad interevaluador mediante el kappa de Cohen, con el propósito de determinar el grado de consistencia en la aplicación de la rúbrica entre cuatro evaluadores. El análisis arrojó un valor de $\kappa = 0{,}86$, lo que corresponde a un nivel de acuerdo “muy bueno” (de Ullibarri y Fernández, 1999), evidenciando una alta concordancia entre los jueces y, por tanto, una sólida confiabilidad del instrumento en su uso.

La validez de contenido del instrumento se evaluó mediante el coeficiente V de Aiken, considerando la valoración del panel de cuatro personas expertas en una escala de 1 a 5 (nada relevante/nada claro a muy relevante/muy claro). Los resultados evidenciaron valores entre 0,75 y 1,00, con un promedio global de 0,97, lo que indica un alto grado de adecuación, claridad y relevancia de los criterios. En particular, la mayoría de los criterios alcanzaron valores máximos, mientras que uno de ellos presentó un valor de 0,75, sugiriendo la necesidad de una revisión menor y ajustes en la redacción. Estos resultados respaldan la validez del contenido del instrumento en relación con los criterios y dimensiones propuestas.

CONCLUSIÓN

La enseñanza de las ciencias requiere una transformación urgente para mitigar las brechas de género y promover la igualdad y la equidad en la formación inicial docente. En este contexto, la rúbrica socioformativa desarrollada se posiciona como un instrumento pedagógico válido y confiable. Al articular dimensiones como el lenguaje inclusivo, la representación de colectivos marginados y el diálogo de saberes, esta herramienta permite evaluar la progresión del profesorado en formación desde visiones neutras hacia una integración profunda e interseccional de la perspectiva de género.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto INES Género código B-010 y la Unidad de Género de la Dirección General de Investigación INGE 220004 UPLA. La Dra. García-Ruiz agradece al programa RyC2020 (RYC2020-029033-I), financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por El FSE invierte en tu futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anatolievna, E. (2012). Herramientas del futuro investigador educativo: la ciencia moderna y sus funciones. *Innovación educativa*.

Asencio-Cabot, E. D. L. C. (2017). A educação científica: percepções e objetivos atuais. *Educación y Educadores*, *20*(2), 282-296.

Camacho, J. (2018). Educación científica no sexista: Aportes desde la investigación en Didáctica de las Ciencias. *Nomadías*, 25, 101-120.

Camacho, J. (2013). Concepciones sobre ciencia y género en el profesorado de química: Aproximaciones desde un estudio colectivo de casos. Ciência & Educação (Bauru), 19, 323-338.

Contreras-Salinas, Sylvia, Olavarría Aranguren, José, Celedón Bulnes, Roberto, & Molina Gutiérrez, Rodrigo. (2020). Factores asociados a la brecha de género en lectura entre estudiantes de establecimientos de enseñanza secundaria en Chile. *Perfiles educativos*, *42*(170), 60-76. Epub 04 de febrero de 2021.https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.170.59013

de Ullibarri Galparsoro, L., y Pita Fernández, S. (1999). Medidas de concordancia: el índice de Kappa. *Cad Aten Primaria*, *6*, 169-171.

Flórez-Nisperuza, E. P., y González-Rivas, M. S. (2021). Diseño de unidades didácticas mediante el aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de las ciencias. *Revista científica, 41*, 134-149.

Gómez, R. (2022). Género como constructo social: significado e implicaciones. Mentes abiertas Psicología.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.

Izquierdo Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modernizar. In *Anales de la Asociación Química Argentina* (Vol. 92, No. 4-6, pp. 115-136). Asociación Química Argentina.

Jara, R. (2020). El desempeño de los profesores noveles de ciencias: Las competencias profesionales que desarrollan durante los primeros años de ejercicio profesional. *Pensamiento educativo, 57*(1), 1-18.

Karlström, M., y Hamza, K. (2021). How do we teach planning to preservice teachers: A tentative model. *Journal of Science Teacher Education, 32*(6), 664-685.

Martínez-Galaz, C., Palomera-Rojas, P., Colicoy, N. J., Gutiérrez-López, J., & Morales-Garcés, S. (2024). Prácticas educativas en ciencias con perspectiva de género: Tendencias de investigación en educación científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 29(1), 353–371. doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n1p353

Miralles-Cardona, C., Cardona Moltó, M. C., & Chiner, E. (2020). La perspectiva de género en la formación inicial docente: Estudio descriptivo de las percepciones del alumnado.

Ministerio de Educación de Chile, Subsecretaría de Educación. (2023). Promover la igualdad de género en el aprendizaje. https://educacionsinbrechas.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/129/2025/03/Promover-la-Igualdad-de-Genero-en-el-aprendizaje.pdf

Ministerio de Educación. (2015). Bases curriculares. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-37136_bases.pdf

Morón-Monge, H., y Navarro, P. D. (2021). De la innovación docente universitaria a su transferencia a la escuela: Una experiencia educativa desde la perspectiva de género. *Revista Andina de Educación, 5*(1). doi.org/10.32719/26312816.2021.5.1.1

Otárola-Benavides, F., Moraga-Toledo, S., García-Ruiz, C., & Martín-Gámez, C. (2025). *Análisis sistemático de prácticas científicas con perspectiva de género.* En Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias (p. 484). València, España.

Rodríguez, F., y Blanco, A. (2021). Diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de competencias científicas en el contexto del consumo de agua envasada. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(1), 1803.

Solís-Espallargas, C. (2018). Inclusión del enfoque de género en la enseñanza de las ciencias mediante el estudio de biografías de mujeres científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *15*(3), 3602. doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3602

Tardif, M. (2004). Los saberes del docente y su desarrollo profesional. Narcea.

Tobón, S. (2017). Conceptual analysis of the socioformation according to the knowledge society. *Knowledge Society and Quality of Life (KSQL), 1*(1), 9-35.

Tobón, S. (2014). Proyectos formativos y desarrollo del talento humano para la sociedad del conocimiento. Horson Ediciones Escola.

La integración de las ciencias experimentales en proyectos STEAM. Análisis desde la perspectiva docente

Vanessa Ortega Quevedo[1], María Mercedes Martínez Aznar[1], Juan Fraile González[1], Belén Palop del Río[1], Irene Ortiz Nieto[1], Susana Sastre Merino[2], José Luis Martínez Núñez[2]

[1] Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid, España

[2] Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad Politécnica de Madrid, España.

* Correspondencia: vanessao@ucm.es

RESUMEN: El estudio analiza la integración de las ciencias experimentales en los proyectos diseñados por estudiantes del Máster en Innovación e Investigación en Didácticas de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, en el marco de la asignatura "Laboratorio STEAM", así como la utilidad de la bitácora docente como instrumento de seguimiento y análisis. La investigación adopta un enfoque cualitativo mediante estudio de caso. La muestra incluye siete docentes y documentos seleccionados. Se emplean técnicas como el análisis documental y la entrevista estructurada. El análisis se realiza a partir de un sistema de categorías generado de forma inductiva. Los resultados evidencian que la construcción del sentido científico del proyecto evoluciona paralelamente a la definición del propio proyecto, requiriendo reformulaciones sucesivas, la detección de dificultades en la comprensión conceptual y en el diseño de actividades de indagación. Sin embargo, los proyectos logran una integración auténtica de la ciencia dentro del enfoque STEAM. En cuanto a la bitácora se confirma como herramienta clave para la coordinación docente, la toma de decisiones compartida y la mejora continua de la asignatura, pero se detectan limitaciones para mejorar en el instrumento.

PALABRAS CLAVE: Educación STEAM; formación del profesorado; indagación científica; Aprendizaje Basado en Proyectos, coordinación docente.

ABSTRACT: The study analyses the integration of experimental sciences in projects designed by students of the Master's Degree in Innovation and Research in Experimental, Social and Mathematical Sciences Teaching, within the framework of the 'STEAM Laboratory' course, as well as the usefulness of the teaching log as a monitoring and analysis tool. The research adopts a qualitative approach through case studies. The sample includes seven teachers and selected documents. Techniques such as document analysis and structured interviews are used. The analysis is based on a system of categories generated inductively. The results show that the construction of the scientific meaning of the project evolves in parallel with the definition of the project itself, requiring successive reformulations and the detection of difficulties in conceptual understanding and in the design of inquiry activities. However, the projects achieve an authentic integration of science within the STEAM approach. The logbook is confirmed as a key tool for teacher coordination, shared decision-making and continuous improvement of the subject, but limitations for improvement in the instrument are detected.

KEYWORDS: Education; Teacher Trainning; Scientific Inquiry; Project-Based Learning; Teaching Coordination

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de una década la literatura científica muestra como la formación inicial del profesorado debe hacerse eco y favorecer una Educación-STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, y Matemáticas, STEM por sus siglas en inglés) integrada (Baran et al., 2016). Esta competencia se incluye en la legislación educativa vigente en España en 2022. Además, los contextos sociales y educativos sugieren incorporar, también, a las ciencias sociales como parte fundamental de una competencia STEAM (Kim y Chae, 2016).

A nivel universitario, los programas de los grados y los másteres de Educación que se relacionan, expresamente con las asignaturas escolares, deben superar la disciplinariedad para asumir planteamientos inter y transdisciplinares. Ello supone un nuevo reto para el profesorado universitario, aumentando la complejidad del trabajo docente más allá de la especialización que requiere la colaboración entre especialistas en las diferentes letras del acrónimo de STEAM e incluso, dentro de cada una de ellas. Como posible solución, estaría la colaboración de profesorado de diferentes especialidades de cara a la codocencia en base al aprendizaje basado en Proyectos y las metodologías ágiles, propias de la ingeniería (Ortega-Quevedo, 2025).

En el caso de las ciencias experimentales, más allá de su caracterización, es importante considerar las orientaciones curriculares escolares referidas a la indagación en sus distintas vertientes (Aguilera et al., 2018), para formar al futuro profesorado en una visión epistemológica y motivadora (Martínez-Aznar y Bárcena-Martín, 2013). Por ello, se destaca la forma de incorporar actividades de indagación manteniendo preceptos constructivistas y propios de la metodología científica que estén enfocadas en la finalidad del proyecto, contextualizadas y plenamente integradas con el resto de las actividades de las otras áreas involucradas, dentro de planteamientos de la ingeniería. Es cierto que la integración de las diferentes áreas es algo controvertido, pero consideramos que la ingeniería resulta imprescindible (Ortega-Quevedo et al., 2025).

OBJETIVOS

Lo objetivos planteados en este trabajo son:

- Explorar el modo en el que se integran las ciencias experimentales en los proyectos diseñados por los estudiantes.
- Evaluar el instrumento bitácora (diario de seguimiento docente) como herramienta de coordinación y análisis investigativo.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en una investigación más amplia sobre la formación de futuros investigadores y docentes en aplicación de la competencia STEAM, desarrollada en la asignatura de "Laboratorio de investigación e innovación STEAM" en el Máster de innovación e investigación en Didácticas de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas. En esta asignatura se está llevando a cabo un proceso de Investigación Basada en el Diseño que se ha implementado durante dos cursos y cuyo extracto se presenta en la comunicación. En concreto, este trabajo sigue un enfoque cualitativo basado en un diseño de estudio de caso con el fin de alcanzar los objetivos de investigación mediante la comprensión y el análisis en profundidad de: (1) los registros docentes (diario docente o "*bitácora*" y conversaciones por medio de mensajes) mediante *análisis documental* sobre cómo integra el alumnado las ciencias experimentales en proyectos STEAM desde la visión del profesorado de la asignatura (análisis documental); (2) el instrumento de seguimiento y análisis del profesorado sobre la asignatura, mediante *entrevistas* a los miembros del equipo.

"Laboratorio STEAM" es una asignatura de segundo cuatrimestre que plantea una visión práctica para consolidar e implementar los fundamentos teóricos desarrollados en la asignatura de primer cuatrimestre "Fundamentos para la Educación interdisciplinar STEAM". Es una materia de 9 créditos ECTS que se divide en tres fases: análisis de proyectos STEAM, vivencia de proyectos STEAM y diseño de proyectos STEAM. En el curso 2024-25 los participantes en la asignatura fueron 17 estudiantes distribuidos en 3 grupos. Un total de 7 profesores de 4 áreas de conocimiento (didáctica de las ciencias experimentales, sociales y matemáticas, e ingenierías) intervienen en la asignatura, siguiendo un calendario que entreteje sesiones de docencia individual con un mínimo de una sesión semanal en co-docencia.

En cada una de las distintas fases de la asignatura los estudiantes tuvieron que entregar diversas producciones, pero en esta comunicación la fase y entregas más relevantes son las asociadas a "diseño

de proyectos STEAM". En las últimas semanas de la asignatura (33 horas de docencia presencial) los alumnos diseñaron sus propias propuestas de proyectos STEAM para educación primaria titulados: "*Alimentación saludable y sostenible: de la ciencia al plato. Proyecto STEAM*" (denominado *grupo nutrición* por su núcleo temático), *"¿Cómo afecta la calidad del aire de la escuela a nuestra salud?*" (denominado *grupo contaminación* por su núcleo temático), "*Proyecto STEAM. Tu ropa, tu huella*" (denominado *grupo ropa* por su núcleo temático). El alumnado fue guiado en este diseño siguiendo los principios ágiles del desarrollo de software (Agile Alliance, 2026). Se centró así su mirada en un proceso de diseño-rediseño en el que se concretó (1) un núcleo temático; (2) un reto motivador y realista; (3) un conjunto de saberes; y (4) un conjunto de competencias; que se desarrollan a través de una (5) secuencia de actividades. Así se dio prioridad la calidad del producto sobre la documentación de este y se evitó el trabajo por fases secuenciadas que puede fomentar la resistencia al cambio y la mejora continua del producto final -la propuesta de proyecto STEAM-.

La *bitácora* es un instrumento de coordinación docente que se cumplimenta después de cada clase para reflejar los acuerdos, dudas, toma de decisiones y avances realizados por el alumnado, así como las observaciones y reflexiones globales respecto al proceso de construcción del proyecto. Una singularidad del calendario de esta asignatura es que se evita de manera deliberada que cada docente intervenga por fases o bloques temáticos. De hecho, se intercalan las intervenciones de manera que, en las 7,5 horas semanales, el alumnado haya estado en contacto con especialistas de, al menos, 3 de las áreas involucradas. En esta bitácora los docentes registran también, cuando lo consideran oportuno, las respuestas dadas a preguntas de su especialidad o preguntas generales sobre la tarea, facilitando -además de la coordinación- el aprendizaje entre pares y la coherencia entre disciplinas. Por consiguiente, la bitácora es esencial para mantener la coordinación y la coherencia durante el desarrollo y toma de decisiones, siendo responsable cada docente de revisar la bitácora de manera previa a cada sesión con el alumnado.

La muestra objeto del estudio está constituida por los siete docentes firmantes del trabajo y fuentes de información como "la bitácora" y otros mensajes intercambiados por los docentes.

Las impresiones y actuaciones docentes se analizan mediante un sistema de categorías, definidas de forma inductiva, a partir de la lectura en profundidad de los textos de análisis (bitácora, mensajes y transcripciones de entrevistas). Para ello se segmentaron los datos, se codificaron y posteriormente se asignaron a las categorías y subcategorías.

Tabla 1. Categorías y subcategorías de análisis

Categoría	Descripción
Definición del contenido y claridad en el problema planteado	Hace referencia a la inclusión de preguntas investigables con o de contenido científico y a su redefinición durante el proyecto, manteniendo la coherencia científica en los planteamientos.
Compresión conceptual y dominio del conocimiento científico	Recoge la identificación relativa a la comprensión conceptual de los contenidos científicos asociados al proyecto.
Diseño de actividades de indagación coherentes con el problema planteado	Analiza las dificultades en el planteamiento de las prácticas de indagación, variables consideradas y las pruebas relacionadas con el reto planteado.
Integración auténtica de la ciencia en el proyecto STEAM	Grado en que está presente la ciencia en el proyecto, si tienen un papel central o complementario.
Instrumento de seguimiento y análisis: Bitácora	Utilidad general del instrumento para la coordinación de la asignatura. Elementos útiles para registrar. Coordinación entre docentes de la misma área. Mejoras en el instrumento.

RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos mediante el sistema de categorías diseñado.

Definición del contenido y claridad en el problema planteado

En general, desde la visión del profesorado, la integración de las ciencias experimentales en los proyectos se ha mantenido paralela a la concreción de la propia idea o reto desencadenante del proyecto y la viabilidad de desarrollo de este. En las tres temáticas iniciales, lo que denominamos núcleo del proyecto, se ha identificado el contenido científico presente desde el inicio, a diferencia de otras áreas como las matemáticas que emergieron posteriormente. Estos núcleos tomaban una base temática que se acotaba en función del reto que podría reformularse en base a las limitaciones que iban detectando en el desarrollo del diseño.

Un ejemplo de esto se recogió en la bitácora donde se localizó la secuencia de evolución que clarifica el problema científico en el *grupo contaminación* pasando de una fase inicial "*determinar cómo influye la calidad del aire en la salud de las personas*" a una fase intermedia donde los estudiantes se replantearon la relación directa con la salud porque sólo contaban con un sensor de CO_2 para las medidas y eso limitaba cómo llevar esa asociación a la formulación e implementación del proyecto. Sobre esto los docentes anotaron que el proyecto en su fase intermedia "*está más dirigido hacia la observación que a la contaminación*" lo que redirigió la integración y clarificación de las ciencias experimentales hacia los procesos de observación científica. No obstante, al incorporar una nueva línea de conexión entre el humo y la salud pulmonar los estudiantes encontraron un nexo para volver a la relación inicial con la salud, tal y cómo se refleja en el título final del proyecto *"¿cómo afecta la calidad del aire de la escuela a nuestra salud?*".

En el caso del *grupo nutrición* se registró una sucesión similar. Los estudiantes partieron de "*Estudiar la pirámide alimentaria, criticar su falta de base científica*". Posteriormente, descartaron esta propuesta por su falta de rigor y se centraron en "*el plato de Harvard*". Sin embargo, este planteamiento no les terminó de servir, ya que no tenía una formulación como reto desencadenante. Finalmente, "*su reto termina siendo preguntar al alumnado: ¿Qué ceno hoy? en función de lo que he comido en el centro*".

Compresión conceptual y dominio del conocimiento científico

En los tres grupos de trabajo se detectó un nivel deficiente en la comprensión conceptual de los contenidos científicos asociados a las temáticas elegidas. Por ello, se asignaron como tarea la búsqueda autónoma de marcos teóricos en subgrupos y así profundizar en los contenidos y compartirlos con el resto de los componentes de los grupos. En muchos casos se pidió ayuda a las docentes para orientar estas construcciones.

Así, en la bitácora para el *grupo nutrición*, se recogió "*deben identificar por qué determinar la presencia de almidón en alimentos, relacionarlo con el Plato de Harvard, y con el control de calidad (un próximo experimento) dentro de la seguridad alimentaria*". No obstante, la documentación y pequeña formación que se impartió no desencadenó que el subgrupo de trabajo pudiera dar respuesta a las preguntas de sus compañeras ni solventase las dudas en cuanto al contenido: "*Desde mi punto de vista, las dos encargadas de desarrollar esta tarea no han "buscado más información sobre lo que iban a hacer" y no han sabido responder a las preguntas del resto de compañeras*".

Sin embargo, esta estrategia fue útil en el *grupo ropa* que identificó sus propias dudas y solicitó la información que necesitaban para continuar "*Duda: qué materiales usar en la prueba de conductividad. Quedan en escribir a XXX un email*". Tras recibir la información se trasladó a todos los miembros del grupo y fueron capaces de desarrollar un proceso indagativo.

Diseños de indagación y construcción teórica

Los tres grupos se plantearon diseñar una práctica científica de indagación para abordar los contenidos científicos de los proyectos con retos pertinentes con el objetivo del proyecto STEAM en coherencia con los presupuestos de la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

El *grupo contaminación* planteó una experiencia para medir CO_2 en distintos puntos de la facultad, también diseñó una experiencia para emular suciedad en los pulmones por respiración de humo. Los problemas más reseñables recogidos en la bitácora se centraron en el proceso de toma de decisiones sobre la práctica indagativa. Cabe destacar que se detecta un problema por parte del docente en relación con la programación de los sensores de CO_2. Inicialmente estos no estaban calibrados de modo que los datos recogidos eran erróneos. Tras la detección del problema tecnológico se trabajó en cómo realizar el calibrado "*el próximo día tendrán que calibrar este medidor y comparar resultados con el sensor*".

En el caso del *grupo nutrición*, los problemas relacionados con la conceptualización de los contenidos se trasladaron al diseño de una actividad de indagación relacionada con el análisis de alimentos. Así, se registró entre mensajes del profesorado "*no saben cómo realizar los análisis*" y en la bitácora "*Además, necesitan saber a qué reto/pregunta hay que dar respuesta y cómo hacerlo...*" incluso después de llevar a la práctica un protocolo que habían desarrollado con ayuda docente había problemas para comprender conceptualmente lo visto en el proceso: "*no han sabido explicar para qué hacen el experimento del almidón. Al preguntarles, se hacían un lío entre los carbohidratos de la patata y de la manzana*".

El *grupo ropa*, tal y como se registró en la bitácora, plantearon de forma correcta y sin problemas la situación indagativa: "*tenían todo bastante bien planificado. Habían pedido telas para hacer un experimento [...]. Llevaron unas latas de cerveza y las llenaron de agua caliente todas por igual. Cada lata la habían recubierto con un tipo de tela diferente y con unos termómetros fueron midiendo cada pocos minutos como iba bajando la temperatura*". Además, los docentes resaltan la conexión con la teoría y la corrección en la identificación de las variables.

Integración auténtica de la ciencia en el proyecto STEAM

En el planteamiento de la asignatura, se prestó gran importancia a un enfoque transdisciplinar de la Educación STEAM Integrada. Así, es relevante que la ciencia tenga una representación en igualdad al resto de áreas del acrónimo. En la reflexión final sobre esta consecución el profesorado de la asignatura especialista en didáctica de las ciencias en hilos de mensajería quedó conforme con la presencia de las ciencias experimentales en el diseño de los tres proyectos STEAM. Aunque resaltan aspectos de mejora para próximas ediciones de la asignatura sobre el trabajo de construcción de los contenidos del área o el desarrollo de aspectos de conocimiento didáctico del contenido.

Instrumento de seguimiento y análisis: Bitácora

La totalidad de los docentes destacan la utilidad del instrumento para la coordinación y la coherencia en la asignatura: "*en una asignatura con codocencia tiene que haber una bitácora o algún instrumento de comunicación diario*". Se resalta la necesidad de su lectura para la toma de decisiones "*sirve como un registro para tomar conciencia de lo que va sucediendo y segundo para tomar decisiones en función de ese registro*", lo que destaca la flexibilidad, el compromiso y la confianza del equipo docente. El equipo planificó la asignatura y mantiene una toma de decisiones diaria que recae en el o los docentes que están en el aula y que se registran para que el docente asignado a la próxima sesión pueda preparar esta con coherencia.

Los docentes resaltan como contenidos útiles que registrar en la bitácora "*la evolución del trabajo de los distintos grupos, también si ha habido algún tipo de conflicto dentro de los grupos ¿qué había pasado? **¿cómo se había abordado? Si se había solucionado**, quién tira más. Esas concepciones más subjetivas*". Siempre destacando un registro "*con la finalidad de que quede clara la idea de hacia donde tienen que seguir los del equipo docente*". Asimismo, el equipo destaca como la bitácora "*nos da una visión de cómo estamos construyendo esa educación STEAM y de las decisiones que tomamos, por ejemplo, qué exigimos que tenga un proyecto, cómo integran las áreas, qué metodologías de trabajo hay...*", "*es importante para que nosotros consensuemos*".

Los profesores de la misma área manifiestan hablar o escribirse entre ellos fuera de la bitácora "*nos contábamos cómo estaban los grupos, qué problemas habían tenido y ahí obteníamos mucha más información que a lo mejor no estaba en la bitácora. Era necesario para terminar de entender*". No obstante, hay acuerdo en que estas conversaciones podrían ser interesantes para el resto, por lo que

podría incluirse en este instrumento. Se destaca "*creo que todos nos miramos mucho más con las disciplinas de los otros y esto da pie a cruzar información*".

A pesar de las cuestiones positivas el equipo ve limitaciones en la construcción del instrumento que pueden influir en su potencial *"no teníamos una guía muy específica de cómo redactar*", que les llevan a propuestas de mejora "*tener una plantilla[... concretar qué es lo que hay que poner y ser lo más extensos posibles*". En esta plantilla el equipo parece coincidir en incluir "*un esquema de problemas, posibles soluciones y necesidades de los alumnos [...] y dónde ha acabado la sesión para ver más claramente por donde seguir en la siguiente*". También elementos más personales para la prevención de conflictos dentro de los grupos o el seguimiento individual de los estudiantes.

CONCLUSION Y DISCUSIÓN

En relación con el objetivo de explorar el modo en el que se integran las ciencias experimentales en los proyectos diseñados por los estudiantes, los resultados muestran que su incorporación se produce desde las fases iniciales de diseño de los proyectos y se articula en torno al núcleo temático que da origen al reto. Se destacan dificultades significativas en el dominio del conocimiento científico, lo que condiciona tanto la formulación de los problemas, como el diseño y justificación de las actividades de indagación. Dichas dificultades son similares a las destacadas por Aguilera et al. (2016) en lo referido a la indagación. No obstante, se identifica una integración de prácticas propias de la didáctica de las ciencias experimentales de forma transdisciplinar en el desarrollo de las propuestas STEAM.

En cuanto al objetivo de evaluar la "*bitácora*" como herramienta de coordinación y análisis investigativo, los resultados muestran que este instrumento facilita la comunicación entre el profesorado y contribuye a la coherencia en la toma de decisiones a lo largo de la asignatura. Asimismo, permite registrar la evolución de los grupos y reflexionar sobre el desarrollo de los proyectos STEAM. No obstante, su potencial y repercusión investigativa podría reforzarse mediante una mayor sistematización y extensión en los registros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agile Alliance. (s. f.). *12 principles behind the Agile Manifesto*. https://agilealliance.org/agile101/12-principles-behind-the-agile-manifesto/

Aguilera, D., Martín-Páez, T., Valdivia-Rodríguez, V., Ruiz-Delgado, A., Williams-Pinto, L., Vílchez-González, J. M., Perales-Palacios, F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación, 381*, 259-284.

Baran, E.,Canbazoglu Bilici, S.C., Mesutoglu, C y Ocak, C. (2016). Moving STEM beyond schools: Students' perception about an out-of-school STEM education program. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 41*(1), 9-19. DOI:10.18404/ijemst.71338

Kim, H. y Chae, D. H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*(7), 1925-1936. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a

Martínez-Aznar, Mª M. y Bárcena-Martín, A.I. (2013). Una actividad de indagación en el aula de diversificación: ¿Es beneficioso masticar bien para realizar una buena digestión?». Educació Química, 14, 19-2

Ortega-Quevedo, V., Martinéz Aznar, Mª.M., y Fraile González, (2025). El aislamiento acústico en el proyecto STEAM «¡Construir una Aneja!» para la formación inicial de maestros. Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025. Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática (pp. 2312-2315).

Desafíos organizativos y pedagógicos en la implementación de proyectos STEAM en Educación Secundaria

Verónica Guilarte[1], Ana Belén Montoro[2] , María del Carmen Romero-López[1], Juan Francisco Ruiz-Hidalgo[2]*

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

[2] Departamento de Didáctica de las Matemáticas, Universidad de Granada, España

* Correspondencia: veronicaguilarte@ugr.es

RESUMEN: El enfoque STEAM ha adquirido relevancia como un marco clave para el desarrollo de competencias del siglo XXI mediante el aprendizaje interdisciplinar y contextualizado. Sin embargo, su implementación en educación secundaria sigue siendo insuficientemente comprendida. Este estudio examina los desafíos organizativos, pedagógicos y profesionales asociados a la implementación de proyectos STEAM en centros de Educación Secundaria en España. Se adoptó un diseño cualitativo multinivel basado en entrevistas semiestructuradas a docentes, coordinadores de proyecto y equipos directivos. Los datos fueron analizados mediante análisis de contenido apoyado por el software NVivo. Los resultados identifican la falta de tiempo como la condición estructural central, estrechamente vinculada a la coordinación docente, la organización de proyectos y la carga de trabajo. Asimismo, se detectan barreras relacionadas con la formación insuficiente, la escasez de recursos y la gestión del aula. También se evidencia una brecha de percepción entre equipos directivos y docentes en relación con los recursos tecnológicos y las competencias pedagógicas. En conjunto, el estudio destaca la necesidad de apoyo institucional sostenido, formación pedagógica específica y mayor flexibilidad organizativa.

PALABRAS CLAVE: proyectos STEAM; desafíos; educación secundaria; implementación; investigación cualitativa

ABSTRACT: The STEAM approach has gained prominence as a key framework for fostering 21st-century competences through interdisciplinary and contextualized learning. However, its implementation in secondary education remains insufficiently understood. This study examines the organizational, pedagogical, and professional challenges associated with STEAM project implementation in Spanish secondary schools. Using a qualitative multi-level design, semi-structured interviews were conducted with teachers, project coordinators, and school principals. Data were analyzed through qualitative content analysis supported by NVivo software. Findings identify time constraints as the central structural condition, closely linked to challenges in teacher coordination, project organization, and workload. Additional barriers include insufficient professional development, limited resources, and classroom management difficulties. A perception gap was also identified between school principals and teachers regarding technological resources and pedagogical competences. Overall, the study highlights the need for sustained institutional support, targeted pedagogical training, and greater organizational flexibility to ensure sustainable STEAM project implementation in secondary education.

KEYWORDS: STEAM projects; challenges; implementation; qualitative research; secondary schools;

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El enfoque STEAM se ha consolidado globalmente como el paradigma educativo para fomentar las habilidades del siglo XXI, promoviendo la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico a través del aprendizaje interdisciplinario y contextualizado (Huang et al., 2022). Varias investigaciones muestran que su implementación produce un impacto moderado en el aprendizaje de los estudiantes, produciéndose también un aumento del interés, rendimiento y motivación cuando las asignaturas involucradas contextualizan el aprendizaje en problemas del mundo real (Breda et al.,

2023). La educación científica orientada desde STEAM se plantea como una vía para fortalecer la motivación del alumnado hacia las disciplinas científicas y favorecer un aprendizaje más profundo. Esta apuesta resulta especialmente crítica en la Educación Secundaria, etapa en la que se configuran muchas de las vocaciones y en la que la persistente fragmentación disciplinar exige nuevos enfoques más integrados (Kijima et al., 2021; Lin et al., 2021).

Pese a los beneficios atribuidos al enfoque STEAM, su puesta en marcha presenta diversos obstáculos. Muchas de las reformas educativas que se han llevado a cabo en diferentes países se han enfocado en la actualización de currículos disciplinares específicos o en el desarrollo de proyectos piloto aislados. Sin embargo, estas actuaciones puntuales no parecen favorecer una integración real del enfoque STEAM en los ecosistemas educativos existentes (Mazzeo-Ortolani, 2025). Esta insuficiencia estructural se manifiesta en varios tipos de desafíos interconectados:

1. Desafíos conceptuales: la literatura persiste en la dificultad para definir con precisión qué es STEAM y sus alcances, junto con la falta de estándares de calidad comunes (Aguilera y Ortiz-Revilla, 2021)
2. Barreras estructurales y organizativas que limitan su consolidación en los centros en parte por la rigidez de los marcos curriculares (Lin et al., 2025).
3. Deficiencias didácticas y de praxis. En el aula, las dificultades se traducen en la ausencia de una planificación didáctica y pedagógica lo suficientemente profunda como para generar un aprendizaje significativo y desarrollar competencias esenciales. Esto a menudo deriva en actividades prácticas totalmente desconectadas de conocimientos teóricos (Yeomans et al., 2025).

A todo esto, hay que sumarle la escasa implementación en la etapa de educación secundaria, centrándose principalmente este enfoque en educación superior (Amanova et al., 2025). En el contexto español, diversas administraciones educativas han adoptado políticas que promueven el desarrollo de proyectos STEAM en los centros escolares. En Andalucía, por ejemplo, la Consejería de Educación y Deporte impulsa, desde el año 2021, programas específicos para que los centros públicos de primaria y secundaria desarrollen proyectos STEAM, con el objetivo de formar tanto a docentes como a estudiantes, fomentando así un incremento en las vocaciones hacia este ámbito. Estas iniciativas incluían dotaciones económicas, equipamiento tecnológico y formación docente.

En este contexto el objetivo específico de este trabajo es describir las dificultades reales que perciben los docentes, coordinadores y equipos directivos de Educación Secundaria en la implementación de proyectos STEAM, atendiendo tanto a los aspectos pedagógicos y formativos como a los condicionantes organizativos y materiales del centro.

METODOLOGÍA

Para responder al objetivo planteado, proponemos un estudio descriptivo y exploratorio (León & Montero, 2003) en el que se analizan entrevistas realizadas a equipos directivos y docentes de 13 centros de educación secundaria que implementan proyectos STEAM. Concretamente, se entrevistó a 19 docentes que participaron en los proyectos, de los cuales 14 coordinaban alguno de los proyectos, y seis miembros del equipo directivo. Es decir, se realizaron un total de 25 entrevistas.

Estas entrevistas, de 30-40 minutos aproximadamente, están diseñadas para indagar la forma en que se ponen en práctica proyectos STEM en los centros educativos, por lo que recaban información sobre: la formación y experiencia docente del entrevistado; su concepción de STEM/STEAM y ejemplos de los proyectos que están llevando a cabo. Se les pregunta por el tiempo que llevan participando en estos proyectos, y los motivos que los llevaron a participar; así como la evolución de dichos proyectos y su impacto en el alumnado y el profesorado. También se obtiene información de los desafíos a los que se enfrentan durante el diseño e implementación de propuestas STEM/STEAM; y la formación recibida. Para los coordinadores, además, se incluyen preguntas sobre su papel en la gestión y organización de los proyectos STEM; y para el equipo directivo, cómo estos proyectos han influido en la estructura y funcionamiento del centro, en la planificación de horarios y recursos y en la dinámica interna.

Tras transcribir las entrevistas, se realizó un de análisis de contenido (Cohen et al., 2018). Se empleó empleo el software Nvivo (versión 14) para el tratamiento y organización de los datos cualitativos, facilitando la categorización y organización sistemática. Las categorías iniciales y emergentes fueron contrastadas y discutidas entre los autores para asegurar la consistencia interpretativa y la fiabilidad del proceso de codificación. Una vez agrupadas las distintas ideas en diferentes categorías y subcategorías, se determinó su importancia para los entrevistados, y se analizó las relaciones entre las distintas problemáticas (categorías).

RESULTADOS

Problemáticas y dificultades percibidas en la participación y coordinación de proyectos STEM

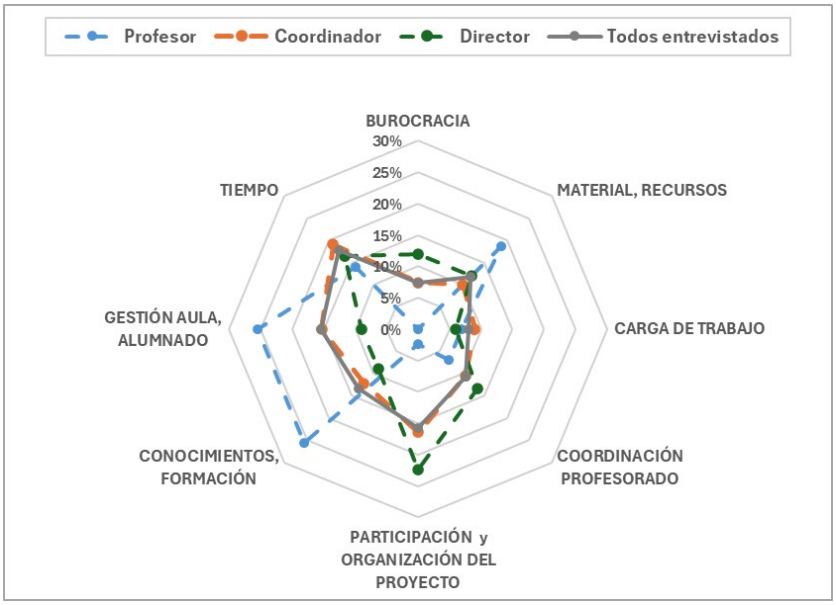
El análisis cualitativo de las entrevistas permitió identificar un conjunto de categorías analíticas que pueden agruparse en: (1) problemas logísticos y (2) problemas vinculados al profesorado (Tabla 1).

Tabla 1. Categorías analíticas obtenidas a partir del discurso de los entrevistados

NOMBRE CATEGORÍA/ SUBCATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
PROBLEMAS LOGÍSTICOS	Problemas relacionados con la burocracia y la falta de materiales y recursos que dificulta la implementación de un proyecto STEAM
Burocracia	Burocracia y papeleo asociado al proyecto.
Material, recursos	Material y recursos para el desarrollo e implementación del proyecto
PROBLEMAS DEL PROFESORADO	Problemas y dificultades asociadas al profesorado/coordinador
Carga de trabajo	Cantidad/volumen de trabajo
Coordinación docente	Coordinación del profesorado, de los distintos departamentos
Participación docente y organización del proyecto	Participación del profesorado y/o coordinador en el proyecto y organización/ implementación del proyecto
Gestión del aula, alumnado	Gestión del aula y el alumnado en el aula
Conocimientos, formación	Se incluye: 1) conocimientos y estrategias didácticas, 2) conocimientos tecnológicos y su potencialidad y 3) necesidad de formación.
Tiempo	Tiempo total del que se dispone y su organización. Se incluye tiempo para diseñar actividades, tiempo de coordinación y tiempo para formarse

La Figura 1 (línea gris) muestra que la principal problemática identificada por los entrevistados es la falta de tiempo, que representa el 18% de las referencias y aparece en el discurso de la mayoría de los participantes (17/25). En este ámbito se señalan, entre otras cuestiones, la falta de tiempo para desarrollar y coordinar el proyecto, el elevado tiempo requerido para el diseño de actividades y materiales, la necesidad de disponer de más tiempo con el alumnado para trabajar el proyecto y la falta de tiempo para formarse.

En segundo lugar, con un porcentaje del 16% y presente en 18 de las 25 entrevistas, se sitúan las dificultades para lograr la participación del profesorado y la organización del proyecto (Figura 1). Cabe destacar que esta problemática solo es reflejada por los directores y coordinadores, quienes afirman que es complicado implicar a profesores de áreas no directamente afines con STEAM, generalmente por falta de conocimientos o por ser reticentes a implicarse en proyectos nuevos que pueden perder fuerza en el tiempo. Esta dificultad se debe también en parte a encontrarse con una plantilla poco estable y con dificultades para trabajar por proyectos colaborativamente.



Nota: El eje vertical representa el porcentaje de referencias

Figura 1. Dificultades durante el diseño y desarrollo de propuestas STEAM, según su perfil.

Muy próxima a esta problemática aparece la gestión del aula y del alumnado (15% de las referencias, Figura 1). Los entrevistados indican la dificultad que supone trabajar con niños que no están acostumbrados al trabajo por proyectos e interdisciplinarmente, poco motivados por el aprendizaje y/o con poca confianza en sus habilidades para trabajar en STEAM. El profesorado también informa que se encuentra con estudiantes con distinto nivel de conocimientos tecnológicos y escasas competencias básicas, así como con una ratio elevada y escasez de recursos que complican la gestión del aula. En cuarto lugar, con un 13% de las referencias, se menciona la subcategoría falta de conocimientos y formación (Figura 1). Los entrevistados muestran preocupación por su escaso dominio de herramientas como la robótica, la programación o la impresión 3D. Esta inseguridad no se limita al manejo instrumental, sino que se extiende al desconocimiento de su potencialidad didáctica y su integración curricular, llegando a manifestar ansiedad o miedo ante el uso de estas nuevas tecnologías. Por otro lado, admiten carecer de conocimientos y estrategias didácticas para llevar estos proyectos al aula, señalando dificultades concretas para trabajar de forma interdisciplinar, para el diseño de actividades y materiales propios y para la organización/desarrollo del proyecto. Los participantes reclaman una capacitación general y una actualización técnica específica (programación, robótica y herramientas tecnológicas) así como una formación metodológica y didáctica en STEAM.

Estas dos últimas categorías, gestión de aula y falta de conocimientos, fueron las principales problemáticas para el profesorado, seguida de la falta de materiales y recursos (12% de las referencias) adecuados para el trabajo por proyectos, derivada de la falta de financiación, que implica un sobreesfuerzo para organizarlos y poder compartirlos entre los distintos profesores y aulas. La necesidad de coordinación docente está presente no solo en el uso de los recursos, sino que es un aspecto clave y complejo a la hora de implementar los proyectos (11% de las referencias, Figura 1). Son directores y coordinadores quienes mencionan las dificultades que surgen a la hora de coordinarse. Por un lado, destacan la inexistencia de tiempos comunes y espacios específicos para reuniones, agravada por una rigidez horaria (tanto de alumnos como de profesores) que impide la sincronización. Además, hay cierta reticencia al trabajo colaborativo entre docentes, especialmente cuando implica romper la estructura departamental tradicional.

Por último, la carga laboral y un exceso de burocracia fueron las problemáticas que tuvieron menor peso (8% y 7% respectivamente, Figura 1), si bien esta última fue señalada exclusivamente por directores y coordinadores. Afirman tener que esforzarse para el diseño, implementación y justificación del

proyecto. Además, indican que la burocracia es excesiva y cambiante, en muchas ocasiones requerida en momentos de gran cantidad de trabajo.

Por otro lado, el análisis del discurso de los participantes permitió elaborar un mapa conceptual (Figura 2) que sintetiza las principales dificultades percibidas y sus relaciones. Los resultados evidencian que el tiempo emerge como el eje central que articula la mayoría de las dificultades identificadas. La escasez de tiempo se vincula de forma directa con la participación del profesorado, la organización del proyecto, la coordinación docente, la elevada carga de trabajo, la gestión del aula y del alumnado, así como con la organización de materiales y recursos, configurándose como un factor transversal que condiciona la implementación de iniciativas STEM.

Figura 2. Mapa conceptual de las dificultades manifestadas por los entrevistados y su relación

Asimismo, la participación en los proyectos y su organización se consolidan como fuentes relevantes de dificultad, al generar, de forma asociada, problemas de coordinación entre el profesorado y un incremento de la carga de trabajo de los participantes implicados. De igual modo, la falta de conocimientos se identifica como un obstáculo que limita la implicación del profesorado en el proyecto y que, al mismo tiempo, genera una mayor necesidad de formación. La insuficiencia de materiales se asocia, a su vez, con dificultades tanto en la coordinación docente como en la gestión del alumnado, especialmente en contextos caracterizados por una elevada ratio alumnado/material, lo que dificulta el trabajo en el aula (Figura 2).

CONCLUSIONES

El presente estudio evidencia que la implementación de proyectos STEM/STEAM en los centros educativos enfrenta barreras que trascienden lo logístico para convertirse en problemas estructurales. Si bien la falta de tiempo y recursos son obstáculos recurrentes, nuestros hallazgos permiten concluir que la burocracia y la rigidez administrativa no actúan solo como limitantes temporales, sino como factores de desgaste profesional que desincentivan la innovación docente. El análisis de contenido y las relaciones entre categorías corrobora la centralidad de conceptos como tiempo, coordinación y formación. Sin embargo, se ha detectado una brecha de percepción significativa entre los distintos roles educativos: mientras que los equipos directivos tienden a asociar el éxito de los proyectos con la dotación tecnológica (robots, impresoras 3D), el profesorado identifica como necesidad crítica la carencia de competencias metodológicas y, especialmente, la dificultad para evaluar el aprendizaje interdisciplinar. En términos de implicaciones educativas, esta desconexión genera una presión desproporcionada sobre la figura del coordinador STEAM. Actualmente, la sostenibilidad de estos proyectos depende en exceso del voluntarismo docente y de la respuesta positiva del alumnado, cuya motivación actúa como principal factor de resiliencia frente a las dificultades organizativas.

Por tanto, es imperativo que las administraciones educativas reorienten su apoyo. No basta con

dotar de recursos materiales; es necesario reconocer horas lectivas específicas para la coordinación y ofrecer formación centrada en la didáctica y la evaluación, no solo en el uso de herramientas tecnológicas. Asimismo, los equipos directivos deben liderar estos proyectos como una estrategia de centro integrada en el currículo, y no como iniciativas "parche" superpuestas a una carga lectiva ya saturada, garantizando así que la competencia STEM se aborde de manera sistemática y no dependa exclusivamente del sobreesfuerzo individual del profesorado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences, 11*(7), 331. https://doi.org/10.3390/educsci11070331

Amanova, A. K., Butabayeva, L. A., Abayeva, G. A., Umirbekova, A. N., Abildina, S. K., & Makhmetova, A. A. (2025). A systematic review of STEAM education implementation in schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 21*(1), Article em2568. https://doi.org/10.29333/ejmste/15894

Breda, A., Neves, A., Santos, J. D., & Lavicza, Z. (2023). Utilising a STEAM-based approach to support calculus students' positive attitudes towards mathematics and enhance their learning outcomes. *Open Education Studies, 5*(1). https://doi.org/10.1515/edu-2022-0210

Huang, B., Jong, M. S. Y., King, R. B., Chai, C. S., & Jiang, M. Y. C. (2022). Promoting secondary students' twenty-first century skills and STEM career interests through a crossover program of STEM and community service education. *Frontiers in Psychology, 13*, 903252. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.903252

Kijima, R., Yang-Yoshihara, M., & Maekawa, M. S. (2021). Using design thinking to cultivate the next generation of female STEAM thinkers. *International Journal of STEM Education, 8*, Article 14. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00271-6

Lin, K.-Y., Lu, S.-C., Hsiao, H.-H., Kao, C.-P., & Williams, P. J. (2021). Developing student imagination and career interest through a STEM project using 3D printing with repetitive modeling. *Interactive Learning Environments, 31*(5), 2884–2898. https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1913607

Lin, K.-Y., Ku, C.-J., Wei, H.-T., Yu, K.-C., & Williams, P. J. (2025). Processes, challenges, and teacher roles in developing and implementing collaborative STEM curricula. *International Journal of STEM Education, 12*, Article 24. https://doi.org/10.1186/s40594-025-00545-3

Mazzeo-Ortolani, G. (2025). *STEM and STEAM education, and disciplinary integration: A guide to informed policy action* (JRC141438). Publications Office of the European Union. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC141438

Yeomans, L., Chappell, K., Hetherington, L., Bresciani, S., Unterfrauner, E., Fabian, C. M., & Koulouris, P. (2025). Practice or praxis? A theoretical classification system for STEAM education. *Education Sciences, 15*(2), 164. https://doi.org/10.3390/educsci15020164

Entre la expectativa y la práctica: tecnologías emergentes en la enseñanza STEM en Educación Secundaria Obligatoria (Melilla)

Alicia Benarroch Benarroch[1], Alejandra Ramírez Segado[2], María Rodríguez-Serrano[3].*

[1,2,3] Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte de Melilla. Universidad de Granada. España

* Correspondencia: mariarodriguez@ugr.es

RESUMEN: Este estudio aborda la integración de tecnologías emergentes en la enseñanza STEM desde la perspectiva del profesorado de Educación Secundaria en Melilla, prestando especial atención a la brecha entre las expectativas pedagógicas y su aplicación real en el aula. Se empleó un diseño cuantitativo, no experimental y transversal, basado en la aplicación de un cuestionario a 111 docentes de ciencias, tecnología y matemáticas. Los resultados muestran una valoración positiva del potencial didáctico de estas tecnologías y una clara disposición del profesorado a incorporarlas en su práctica docente. Sin embargo, su uso efectivo en el aula sigue siendo limitado, lo que evidencia una brecha entre actitud y aplicación. Los análisis indican que este uso se relaciona principalmente con la actitud docente, el conocimiento tecnológico y el uso habitual de herramientas digitales, mientras que la formación específica, la disponibilidad de recursos y el apoyo institucional continúan condicionando su implementación. En conjunto, los resultados subrayan la necesidad de reforzar la formación docente y mejorar las condiciones institucionales que favorecen la integración de estas tecnologías en la enseñanza STEM.

PALABRAS CLAVE: Tecnologías emergentes; STEM; competencia digital docente; Educación Secundaria; innovación educativa

ABSTRACT: This study examines the integration of emerging technologies in STEM education from the perspective of secondary education teachers in Melilla, paying particular attention to the gap between pedagogical expectations and their actual implementation in the classroom. A quantitative, non-experimental, and cross-sectional design was employed, based on the administration of a questionnaire to 111 science, technology, and mathematics teachers. The results reveal a positive perception of the educational potential of these technologies and a clear willingness among teachers to incorporate them into their teaching practice. However, their effective use in the classroom remains limited, highlighting a gap between attitudes and implementation. The analyses indicate that such use is mainly associated with teachers' attitudes, technological knowledge, and regular use of digital tools, whilst specific training, resource availability, and institutional support continue to shape their implementation. Overall, the findings underline the need to strengthen teacher training and improve the institutional conditions that support the integration of these technologies into STEM education.

KEYWORDS: Emerging technologies; STEM; digital competence in teaching; secondary education; educational innovation

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el sistema educativo español ha experimentado diversas reformas orientadas a mejorar la enseñanza científica. Sin embargo, evaluaciones internacionales como PISA siguen mostrando resultados modestos, especialmente en contextos como Melilla, donde se sitúan por debajo de la media nacional. Esta situación refleja el progresivo desinterés del alumnado por las ciencias y la disminución de vocaciones científico-tecnológicas, fenómeno asociado, entre otros factores, al predominio de metodologías tradicionales centradas en la memorización (Miller et al., 2018; Vázquez y Manassero, 2011). En este contexto, resulta necesario promover una educación científica orientada a la alfabetización científica de la ciudadanía.

La educación STEM se ha consolidado como una prioridad para el desarrollo de una alfabetización científica y tecnológica en la sociedad digital (Bybee, 2013; OECD, 2019). En este contexto, la integración de tecnologías emergentes (TE) se plantea como una vía para transformar la enseñanza STEM, favoreciendo metodologías activas, el aprendizaje basado en la experimentación y la resolución de problemas. Varios estudios (p.e. Ibáñez y Delgado-Kloos, 2018; Makransky y Petersen, 2019) ponen de manifiesto que las TE, como la realidad aumentada, la robótica educativa, la impresión 3D o las simulaciones virtuales pueden mejorar la comprensión de conceptos complejos, favorecer la experimentación y aumentar la motivación del alumnado, especialmente en Educación Secundaria Obligatoria (ESO).

La adopción tecnológica docente ha sido explicada por el *Technology Acceptance Model* (TAM), según el cual el uso de la tecnología depende de la percepción de utilidad y de su facilidad de uso (Teo, 2011). Sin embargo, otros autores contemplan que, aunque las actitudes suelen ser positivas, las barreras estructurales (recursos, tiempo, apoyo técnico…) continúan siendo los obstáculos principales para la integración tecnológica (Ertmer y Ottenbreit-Leftwich, 2010; Tondeur et al., 2017). En Educación Secundaria, estas dificultades se intensifican por factores organizativos como la presión curricular, la evaluación estandarizada y la estructura departamental (OECD, 2019).

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló mediante un diseño cuantitativo, no experimental y transversal basado en la aplicación de un cuestionario al profesorado de Educación Secundaria que imparte asignaturas STEM en la Ciudad Autónoma de Melilla. El instrumento utilizado fue un cuestionario (16 ítems tipo Likert de cinco puntos, algunos de ellos con varias subpreguntas o variables, recogidas en la Tabla 1) previamente validado, que presenta una alta consistencia interna (α de Cronbach =0 .946). La muestra estuvo compuesta por 111 docentes (49 mujeres y 62 hombres). Los ítems se agruparon en cinco dimensiones analíticas: conocimiento tecnológico, actitud hacia TE, uso e intención de uso, barreras de implementación y uso de tecnologías digitales para analizar de forma integrada las percepciones del profesorado y los factores que pueden influir en la incorporación de TE en el aula. Los datos se analizaron mediante estadísticos descriptivos, correlaciones de Pearson, regresión lineal múltiple y pruebas comparativas (t de Student y ANOVA), utilizando el software SPSS v30**,** con el fin de identificar tanto relaciones entre variables como posibles diferencias en función de las características sociodemográficas del profesorado.

Tabla 1. Agrupación de ítems en dimensiones

Dimensión	Ítems	Variables	Contenido
Conocimiento tecnológico	1	6	Conocimiento del uso educativo de TE: realidad aumentada, realidad virtual, robótica educativa, sensores, impresión 3D y simulaciones
Actitud hacia las TE	2	6	Interés por las TE
	8	6	Valor educativo de las TE para el aprendizaje
	10	5	Beneficios educativos (aprendizaje significativo, habilidades científicas, experimentación, motivación STEM, preparación digital)
	12	3	Contribución a la inclusión educativa
	14	1	Impacto de las TE en la mejora del aprendizaje STEM
	15	1	Influencia de las TE en el aumento de vocaciones o carreras STEM
	16	1	Contribución de las TE a la reducción de la brecha de género en estudios STEM

Dimensión	Ítems	Variables	Contenido
Uso e intención de uso de TE	5	1	Uso de TE en el ocio personal
	6	1	Uso de TE en el proceso de enseñanza
	7	1	Disposición a utilizar TE en el aula
Barreras de implementación	9	6	Facilidad de implementación de TE en el aula
	11	6	Barreras para la implementación
	13	4	Condiciones necesarias para utilizar TE
Uso de tecnologías digitales	3	1	Capacidad crítica ante contenidos digitales
	4	1	Autopercepción de la competencia digital

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis descriptivo de las dimensiones de estudio

La Tabla 2 presenta los estadísticos descriptivos de las cinco dimensiones analizadas (N = 111). La dimensión uso de tecnologías digitales presenta la media más alta (M = 3.61; DT = 0.96), lo que indica un uso relativamente frecuente por parte del profesorado. No obstante, la desviación típica cercana a 1 refleja una variabilidad moderada entre docentes.

La actitud hacia las TE muestra una media de 3.26 (DT = 0.87), lo que indica una predisposición favorable hacia su incorporación en el aula.

La dimensión barreras y condiciones de implementación presenta una media de 2.71 (DT = 0.43). Aunque se sitúa ligeramente por debajo del punto medio de la escala, la baja desviación típica indica una percepción relativamente homogénea de las dificultades asociadas a su implementación.

El uso e intención de uso de TE registra una media de 2.64 (DT = 1.04), lo que sugiere un nivel moderado-bajo de utilización o intención de uso. La desviación típica elevada refleja una considerable heterogeneidad entre docentes, posiblemente relacionada con diferencias en formación, experiencia o acceso a recursos.

Finalmente, el conocimiento tecnológico presenta la media más baja (M = 2.20; DT = 1.00), lo que indica un conocimiento limitado sobre TE. Este resultado podría explicar el reducido nivel de uso observado.

En conjunto, los resultados evidencian una brecha entre la actitud favorable del profesorado hacia las TE y su integración efectiva en la práctica docente, ya que, pese al uso relativamente frecuente de tecnologías digitales, el conocimiento específico y el uso real de TE siguen siendo limitados.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las dimensiones analizadas

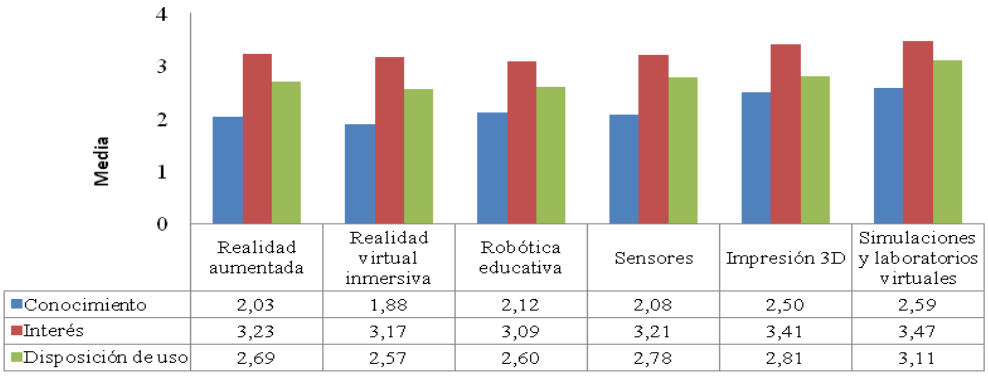
Dimensión	N	Media	Desv. típica	Mín	Máx
1. Conocimiento tecnológico	111	2.20	1.00	1	5
2. Actitud hacia las TE	111	3.26	0.87	1.06	5
3. Uso e intención de uso de TE	111	2.64	1.04	1	5
4. Barreras y condiciones de implementación	111	2.71	0.43	1.28	3.78
5. Uso de tecnologías digitales	111	3.61	0.96	1.50	5

Conocimiento, interés y disposición hacia tecnologías emergentes

El análisis de los ítems muestra que el conocimiento docente sobre TE es relativamente bajo**,** con medias entre 1.88 y 2.59 en una escala de cinco puntos. Entre las tecnologías analizadas, las simulaciones y laboratorios virtuales y la impresión 3D presentan los niveles de conocimiento más altos**,** mientras que la realidad virtual inmersiva y la realidad aumentada muestran valores inferiores (Figura 1).

Sin embargo, las variables relacionadas con el interés docente presentan medias más elevadas. Tecnologías como las simulaciones virtuales y la impresión 3D generan un interés considerable, lo que sugiere una predisposición favorable hacia su futura incorporación en la práctica docente (Figura 1).

Estos resultados indican que la limitada integración de TE en el aula no parece deberse a una falta de interés del profesorado, sino más bien a factores relacionados con el nivel de conocimiento tecnológico y con las condiciones institucionales necesarias para su implementación.



	Realidad aumentada	Realidad virtual inmersiva	Robótica educativa	Sensores	Impresión 3D	Simulaciones y laboratorios virtuales
Conocimiento	2,03	1,88	2,12	2,08	2,50	2,59
Interés	3,23	3,17	3,09	3,21	3,41	3,47
Disposición de uso	2,69	2,57	2,60	2,78	2,81	3,11

Figura 1. Comparación entre conocimiento, interés y disposición de uso

Análisis de correlaciones entre dimensiones

El análisis de correlaciones de Pearson (Tabla 3) muestra relaciones positivas y estadísticamente significativas entre todas las dimensiones analizadas ($p < 0.001$). La correlación más elevada se observa entre actitud hacia las TE y uso e intención de uso ($r = 0.587$), lo que indica que una actitud más favorable se asocia con una mayor integración de estas herramientas en la práctica docente.

Asimismo, el uso e intención de uso se relaciona significativamente con el conocimiento tecnológico ($r = 0.499$) y con el uso de tecnologías digitales ($r = 0.518$), lo que sugiere que la familiaridad con herramientas digitales y el conocimiento tecnológico favorecen la adopción de TE.

La dimensión barreras y condiciones de implementación presenta correlaciones moderadas con el resto de variables, especialmente con la actitud hacia la tecnología ($r = 0.508$) y con el uso de TE ($r = 0.427$). En conjunto, estos resultados indican que la integración de TE está estrechamente vinculada con actitudes, conocimiento tecnológico y prácticas digitales del profesorado**.**

Tabla 3. Correlaciones entre las dimensiones de estudio

Dimensión	1	2	3	4	5
1. Conocimiento tecnológico	—				
2. Actitud hacia TE	0.513**	—			
3. Uso e intención de uso de TE	0.499**	0.587**	—		
4. Barreras y condiciones de implementación	0.326**	0.508**	0.427**	—	
5. Uso de tecnologías digitales	0.352**	0.430**	0.518**	0.337**	—

Factores que explican el uso de tecnologías emergentes

Para identificar los factores que explican el uso de TE en el aula, se realizó una regresión lineal múltiple utilizando como variables predictoras el conocimiento tecnológico, la actitud hacia las TE, las barreras y condiciones de implementación y el uso de tecnologías digitales. El modelo resultó estadísticamente significativo ($F = 23.86$, $p < 0.001$) y explicó el 47.4 % de la varianza del uso de TE ($R^2 = 0.474$; R^2 ajustado = 0.454), lo que indica una capacidad explicativa moderada.

Los resultados muestran que la actitud hacia las TE ($\beta = 0.304$, $p = 0.001$), el uso de tecnologías digitales ($\beta = 0.277$, $p < 0.001$) y el conocimiento tecnológico ($\beta = 0.209$, $p = 0.014$) presentan relaciones positivas y significativas con el uso de TE. Por el contrario, barreras y condiciones de implementación no resultó significativa en el modelo ($p = 0.181$).

Estos resultados destacan el papel de las percepciones, competencias y prácticas digitales del profesorado

en la integración de TE en el aula, en línea con investigaciones previas que subrayan la influencia de las creencias docentes en la adopción de innovaciones educativas (Ertmer y Ottenbreit-Leftwich, 2010) y la importancia de la competencia digital docente para la integración tecnológica (Redecker, 2017; Tondeur et al., 2017).

Diferencias según variables sociodemográficas

Se analizaron posibles diferencias según variables sociodemográficas. La Tabla 4 presenta los resultados relativos al uso de TE**,** variable principal del estudio.

En relación con el género, la prueba t mostró diferencias significativas, con un mayor uso de TE en las mujeres que en los hombres. Este resultado coincide con estudios sobre integración tecnológica e innovación educativa (Tondeur et al., 2017; Cabero-Almenara et al., 2021).

Respecto a la edad, el ANOVA reveló diferencias significativas, con niveles más altos de uso entre el profesorado más joven y un descenso progresivo en los grupos de mayor edad, lo que sugiere un posible efecto generacional en la adopción tecnológica (Howard et al., 2021; Redecker, 2017). No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela debido al reducido tamaño de algunos grupos.

En cuanto a la materia impartida, el profesorado de Matemáticas presenta niveles significativamente más bajos de uso de TE, mientras que el profesorado de Tecnología muestra valores más altos, lo que sugiere que la familiaridad con herramientas digitales propias de determinadas disciplinas puede favorecer su integración docente (Mishra y Koehler, 2006; Tondeur et al., 2017).

En conjunto, los resultados indican que la integración de TE se asocia principalmente con factores generacionales, disciplinares y de género, destacando el mayor uso observado en profesorado joven, femenino y del área de Tecnología.

Tabla 4. Diferencias en el uso de tecnologías emergentes según variables sociodemográficas

Variable	Grupo	N	Media	DT	Prueba	p
Género	Femenino	49	2.87	1.02	t(109) = 2.09	0.039
	Masculino	62	2.46	1.02		
Edad	20–30	6	3.44	0.77	F(4,77) = 2.84	0.030
	31–40	23	2.95	1.11		
	41–50	36	2.41	1.01		
	51–60	15	2.26	1.15		
	61–70	2	1.50	0.71		
Materia	Matemáticas	40	2.15	0.84	t(109) = 4.03	< 0.001
	No matemáticas	71	2.92	1.04		
	Tecnología	21	3.11	1.07	t(109) = 2.33	0.022
	No tecnología	90	2.53	1.00		

Nota: Las variables de materia se recodificaron en comparaciones dicotómicas (imparte/no imparte cada materia).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran una brecha entre la actitud favorable del profesorado hacia las TE y su integración efectiva en la práctica docente. Aunque los docentes manifiestan una predisposición positiva y utilizan con cierta frecuencia tecnologías digitales, el conocimiento específico y el uso real de estas herramientas en el aula siguen siendo limitados, en línea con investigaciones previas (Ertmer y Ottenbreit-Leftwich, 2010; Tondeur et al., 2017).

Entre las tecnologías más conocidas destacan las simulaciones y los laboratorios virtuales**,** seguidas de la impresión 3D, mientras que la realidad aumentada y la realidad virtual inmersiva presentan menores

niveles de conocimiento. No obstante, el interés docente indica una predisposición favorable hacia su uso futuro, lo que sugiere que su limitada integración actual responde principalmente a factores formativos y contextuales.

Los análisis muestran que el uso de TE se relaciona principalmente con la actitud hacia estas herramientas, el conocimiento tecnológico y el uso habitual de tecnologías digitales, mientras que las barreras organizativas presentan menor peso explicativo. Asimismo, se observan diferencias según variables sociodemográficas, con mayor uso entre el profesorado más joven, las docentes y quienes imparten la asignatura de Tecnología.

En conjunto, estos resultados son coherentes con el modelo TPACK, que destaca la interacción entre conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar en la integración de la tecnología (Mishra y Koehler, 2006). Aunque las barreras organizativas no aparecen como un predictor directo del uso en el análisis realizado, los resultados ponen de manifiesto la necesidad de reforzar la formación docente en TE y de mejorar las condiciones institucionales que facilitan su implementación en la enseñanza STEM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.

Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Gutiérrez-Castillo, J. J, y Palacios-Rodríguez, A. (2021). The teaching digital competence of health sciences teachers: A study at Andalusian universities (Spain). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2552 https://doi.org/10.3390/ijerph18052552

Ertmer, P. A. y Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255–284. https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551

Howard, S. K., Tondeur, J., Siddiq, F. y Scherer, R. (2021). Ready, set, go! Profiling teachers' readiness for online teaching in secondary education. *Technology, Pedagogy and Education,* 30(1), 141–158. https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1839543

Ibáñez, M. B. y Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education,* 123, 109–123. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002

Makransky, G., y Petersen, G. B. (2019). Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 31, 785–818. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09499-8

Miller, K., Sonnert, G. y Sadler, P. (2018). The influence of students' participation in STEM programs on their interest in STEM careers. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0136-5

Mishra, P. y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record,* 108(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

OECD. (2019). Future of Education and Skills 2030: OECD learning compass 2030. OECD Publishing.

Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. European Commission, Joint Research Centre. https://doi.org/10.2760/159770

Teo, T. (2011). Factors influencing teachers' intention to use technology: Model development and test. Computers & Education, 57(4), 2432–2440. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.008

Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A. y Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: A systematic review of qualitative evidence. Educational Technology Research and Development, 65(3), 555–575. https://doi.org/10.1007/s11423-016-9481-2

Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2011). Actitudes y vocaciones científicas en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(2), 151–168. Recuperado a partir de https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3798

Agradecimientos: Esta publicación es parte del proyecto con Nº Ref: MEL-07-UGR25 financiado por la Ciudad Autónoma de Melilla en su compromiso con la investigación.

Diseño e implementación de propuestas didácticas STEM en Educación Infantil: efectos en la autoeficacia de docentes en formación inicial

Milagros Mateos Núñez[1], Guadalupe Martínez Borreguero[1], Francisco Luis Naranjo Correa[1] y Rosa Corral de la Torre[1]

[1]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: milagrosmateos@unex.es

RESUMEN: Diversos estudios han puesto de manifiesto el impacto positivo de los programas y actividades STEM en el desarrollo de las competencias docentes, tanto en profesorado en ejercicio como en formación inicial. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la evolución en la percepción de autoeficacia docente de 135 maestros de infantil en formación tras el diseño y desarrollo de talleres prácticos fundamentados en la integración STEM. El estudio se desarrolló durante los dos últimos cursos académicos. Los participantes, organizados en grupos, debían diseñar una propuesta de taller STEM dirigida a la etapa de Educación Infantil y elaborar un recurso educativo digital para su presentación. Se obtuvieron 30 proyectos STEM dirigidos a la etapa de Educación Infantil. Para evaluar el impacto de la experiencia, se recogieron datos antes y después de la intervención sobre la percepción de autoeficacia y las actitudes docentes asociadas a la enseñanza e integración de disciplinas científico-tecnológicas. La información se obtuvo mediante un cuestionario de elaboración propia y validado por expertos. Los resultados iniciales evidenciaron bajas percepciones de autoeficacia y actitudes poco favorables hacia la enseñanza de las ciencias desde un enfoque integrado. No obstante, tras el proceso de diseño, desarrollo y exposición de los talleres, se constató una mejora estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en prácticamente todas las variables analizadas. Los participantes manifestaron mayor confianza y disposición para incorporar e integrar contenidos STEM y mostraron una mayor predisposición a incorporar actividades y proyectos basados en este enfoque en su práctica docente tras la intervención.

PALABRAS CLAVE: Educación STEM; Aprendizaje basado en proyectos; Futuros maestros de infantil; Autoeficacia docente; actitud docente.

ABSTRACT: Several studies have highlighted the positive impact of STEM programmes and activities on the development of teaching skills, both in practising teachers and in initial training. In this context, the aim of this study is to analyse the evolution in the perception of self-efficacy teaching of 135 pre-school teachers in training following the design and development of practical workshops based on STEM integration. The study was carried out over the last two academic years. The participants, organised into groups, were asked to design a STEM workshop proposal aimed at the early childhood education stage and to develop a digital educational resource for its presentation. A total of 30 STEM projects aimed at the early childhood education stage were obtained. To evaluate the impact of the experience, data were collected before and after the intervention on the perception of self-efficacy and teaching attitudes associated with the teaching and integration of scientific and technological disciplines. The information was obtained through a questionnaire developed in-house and validated by experts. The initial results showed low perceptions of self-efficacy and unfavourable attitudes towards teaching science from an integrated approach. However, after the process of designing, developing and presenting the workshops, a statistically significant improvement ($p < 0.05$) was observed in practically all the variables analysed. Participants expressed greater confidence and willingness to incorporate and integrate STEM content and showed a greater predisposition to incorporate activities and projects based on this approach into their teaching practice after the intervention.

KEYWORDS: STEM education; Project-based learning; Future early childhood teachers; Teacher self-efficacy; Teaching attitude.

INTRODUCCIÓN

Estar alfabetizados científicamente no solo contribuye a comprender mejor los fenómenos naturales, sino que también favorece el desarrollo del pensamiento lógico, la capacidad de resolución de problemas y la toma de decisiones fundamentadas tal y como indican numerosos investigadores (Falloon et al., 2020). La formación en ciencias ayuda a formar individuos interesados, reflexivos y comprometidos con temas de especial interés en la actualidad como son la sostenibilidad, la tecnología clave o el bienestar colectivo (Genc, 2015). Sin embargo, en los últimos años se ha observado una disminución significativa del interés de los jóvenes por los ámbitos relacionados con la ciencia y la tecnología. Esta tendencia se refleja tanto en el aumento del número de estudiantes que finalizan su educación formal sin alcanzar un rendimiento adecuado en ciencias como en la reducción del personal cualificado en áreas científico-tecnológicas (Hodson, 2003). Ante esta situación, numerosos países han comenzado a impulsar iniciativas educativas orientadas al desarrollo de competencias STEM con el fin de fomentar vocaciones científico-tecnológicas entre las nuevas generaciones.

La educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) ha adquirido una presencia creciente en la investigación y en las políticas educativas, al considerarse un enfoque con potencial para promover la alfabetización científica y tecnológica, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la comprensión integrada de fenómenos del entorno (Stohlmann et al., 2013). Aunque durante mucho tiempo su desarrollo se ha asociado sobre todo a las etapas de Primaria y Secundaria, existe un interés cada vez mayor por explorar sus posibilidades en la Educación Infantil, etapa en la que se sientan bases relevantes para el desarrollo cognitivo, la curiosidad y la relación del alumnado con el mundo natural y material (McClure et al., 2017; Wan et al., 2021).

La conveniencia de introducir experiencias STEM desde edades tempranas se apoya en la idea de que los más pequeños aprenden mediante la exploración, la manipulación, el juego, la observación y la formulación de preguntas sobre su entorno. En este sentido, la Educación Infantil constituye un contexto especialmente adecuado para plantear propuestas de carácter integrado, ya que su tradición pedagógica se ha apoyado históricamente en enfoques globalizadores, en el aprendizaje experiencial y en la construcción de significados a partir de situaciones cercanas al alumnado. La literatura reciente ha puesto de manifiesto que las experiencias STEM tempranas pueden favorecer el desarrollo de habilidades vinculadas con la indagación, el razonamiento, la creatividad y la resolución de problemas, además de contribuir a generar disposiciones positivas hacia estas áreas desde las primeras edades (McClure et al., 2017; Wan et al., 2021; Ng & Chu, 2022).

Numerosos expertos reconocen que la educación integrada en STEM puede apoyar a que el aprendizaje resulte más relevante y significativo para el alumnado (Stohlmann et al., 2013), mejorar sus actitudes hacia las disciplinas científicas y tecnológicas (Martínez-Borreguero et al., 2022), favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior y potenciar el rendimiento académico (Stohlmann et al., 2013). Sin embargo, la consecución de estos beneficios depende en gran medida de una adecuada práctica docente. Con frecuencia, la formación del profesorado, tanto inicial como permanente, no favorece suficientemente el desarrollo de un conocimiento profesional práctico que integre de forma efectiva los fundamentos teóricos con modelos de enseñanza alternativos e innovadores (Porlán & Martín del Pozo, 2002). En este sentido, diversas investigaciones muestran cómo la participación en programas o actividades STEM puede mejorar las competencias docentes tanto en profesorado en ejercicio (Knezek et al., 2015) como en docentes en formación (Mateos-Núñez et al., 2024). A partir de este planteamiento, la pregunta de investigación que guía el estudio es la siguiente: *¿Qué efectos tiene una intervención formativa basada en el diseño e implementación de propuestas didácticas STEM en las expectativas sobre la enseñanza STEM y en la autoeficacia percibida de docentes en formación inicial de Educación Infantil?*

METODOLOGÍA

Diseño y participantes

El objetivo de la investigación ha sido valorar la posible evolución en las percepciones de la autoeficacia

docente de 135 maestros de infantil en formación tras el diseño y desarrollo de talleres prácticos basados en la integración de contenidos STEM. El diseño de la investigación desarrollada ha seguido un diseño de tipo cuasiexperimental, con pre-test y post-test, y análisis cuantitativo de los datos.

Instrumento de evaluación

El cuestionario fue aplicado antes y después del desarrollo de los proyectos, y estuvo compuesto por un total de 21 ítems, valorados mediante una escala tipo Likert de cinco puntos (de 1 "totalmente en desacuerdo" a 5 "totalmente de acuerdo"). De ellos, 11 ítems estaban orientados a evaluar la percepción de autoeficacia docente respecto a la integración del enfoque STEM en el aula, mientras que los 10 restantes se centraban en analizar la actitud del profesorado ante diversas situaciones relacionadas con la educación STEM.

El instrumento fue sometido a un proceso de validación de contenido mediante la revisión de expertos en didáctica de las ciencias experimentales, quienes evaluaron la claridad, pertinencia y adecuación de los ítems en relación con los objetivos del estudio. A continuación, en la tabla 1, se muestran algunos ejemplos de ítems para cada variable de estudio.

Tabla 1. Ejemplos de ítems para cada variable de estudio.

Variable de estudio	Ejemplo de ítem
Actitud docente (AD)	La insuficiente formación de los escolares en áreas STEM puede ser compensada/mejorada con una buena enseñanza integrada.
	Cuando el rendimiento de los alumnos en las materias STEM mejora, suele ser porque el profesor ha encontrado un enfoque pedagógico más eficaz.
Percepción de autoeficacia (PA)	Aunque me esfuerce mucho, no enseñaré las áreas STEM tan bien como otras áreas.
	Conozco los pasos necesarios para enseñar eficazmente los conceptos STEM.

Propuestas STEM desarrolladas

En el marco de la asignatura Conocimiento del Medio Natural en Educación Infantil, los participantes, organizados en grupos de trabajo, diseñaron y desarrollaron diferentes propuestas didácticas basadas en el enfoque STEM dirigidas al alumnado de Educación Infantil. En total se elaboraron 30 proyectos, cada uno de los cuales integraba contenidos de diversas disciplinas STEM mediante actividades de construcción y de resolución de problemas contextualizados. Las propuestas abordaron distintas temáticas científicas, entre las que se incluyen contenidos relacionados con la materia y sus propiedades, las mezclas, la energía y sus transformaciones, el agua y sus cambios de estado, la electricidad y los circuitos simples, así como aspectos vinculados con el medio natural y la sostenibilidad. Asimismo, los proyectos incorporaban elementos de ingeniería y diseño, proponiendo al alumnado la construcción de prototipos y la resolución de retos tecnológicos sencillos. La dimensión matemática se integró mediante la identificación de patrones, formas geométricas, la cuantificación de acciones, según fuera el objetivo docente. En la figura 1 se muestran algunos ejemplos de proyectos elaborados por los participantes.

Figura 1. Ejemplos de maquetas de los proyectos STEM para Educación Infantil

RESULTADOS

Con el fin de analizar el impacto de la intervención formativa basada en el diseño e implementación de propuestas didácticas STEM, se compararon las puntuaciones obtenidas por los participantes en el cuestionario administrado antes (pretest) y después (postest) de la intervención. El análisis se realizó considerando las dos dimensiones del instrumento, referidas a la Actitud Docente (AD) y expectativas sobre la eficacia de la enseñanza en STEM y a la percepción de autoeficacia personal para la enseñanza de STEM (PA). Previamente al análisis se invirtieron los ítems formulados en sentido negativo, de modo que puntuaciones más altas indicaran percepciones más positivas hacia la enseñanza STEM. Dado que las comparaciones se realizaron sobre puntuaciones compuestas obtenidas a partir de varios ítems agrupados en dimensiones, se consideró adecuado el uso de estadísticos descriptivos y de una prueba t de Student para muestras relacionadas para examinar los cambios entre pretest y postest.

Evaluación del nivel de las percepciones de autoeficacia docente ante la enseñanza STEM

En relación con la percepción de autoeficacia docente, los resultados obtenidos muestran una tendencia claramente positiva tras la elaboración y el diseño de los talleres didácticos basados en el enfoque STEM dirigidos al alumnado de Educación Infantil.

El análisis comparativo entre las mediciones realizadas antes y después de la intervención revela diferencias estadísticamente significativas (Sig. < 0,05) en casi la totalidad de los ítems analizados, lo que indica una mejora general en la confianza de los futuros docentes para abordar la enseñanza integrada de las disciplinas STEM. Únicamente uno de los ítems no presentó diferencias significativas entre el pretest y el postest. Por ejemplo, en el ítem 5 referido al conocimiento de los pasos necesarios para enseñar eficazmente los conceptos STEM, se observa un cambio claro en la tendencia de las respuestas, pasando de posiciones cercanas al desacuerdo en la medición inicial a valores próximos al acuerdo tras la intervención, con diferencias estadísticamente significativas. De manera similar, en el ítem 6 que plantea la afirmación negativa acerca de la eficacia futura en la implementación de actividades STEM, se aprecia un desplazamiento de las respuestas hacia posiciones de mayor desacuerdo en la medición posterior, lo que indica una reducción de las percepciones de inseguridad relacionadas con la propia capacidad para desarrollar este tipo de propuestas didácticas. Asimismo, en el ítem 11 relativo a la comprensión de los conceptos propios de las áreas STEM para su enseñanza integrada, los resultados muestran una evolución desde posiciones intermedias o próximas al desacuerdo hacia valores más cercanos al acuerdo tras la experiencia formativa. Finalmente, en el ítem 21 que hace referencia a la

posible dificultad para despertar el interés del alumnado por las materias STEM, se observa igualmente una tendencia hacia posiciones de desacuerdo en el postest, lo que sugiere una mayor confianza del profesorado en formación en su capacidad para motivar al alumnado en estas áreas. Estos resultados sugieren que la participación en el diseño y desarrollo de propuestas didácticas STEM contribuye a fortalecer las percepciones de autoeficacia de los maestros en formación, para implementar este tipo de enfoques en el aula de Educación Infantil, tal y como señalan estudios previos (Mateos-Núñez et al., 2024).

Evaluación del nivel de la actitud docente hacia la enseñanza STEM

En relación con la variable actitud docente hacia la educación STEM, los resultados obtenidos muestran una evolución positiva tras el desarrollo de los proyectos didácticos por parte de los participantes. El análisis comparativo entre las mediciones pretest y postest revela una mejora estadísticamente significativa en siete de los diez ítems analizados, lo que indica un cambio favorable en la disposición de los futuros docentes hacia la enseñanza integrada de las disciplinas STEM. De manera más específica, en aquellos ítems relacionados con la influencia de la práctica docente en el rendimiento del alumnado en áreas STEM, las respuestas evolucionan desde posiciones cercanas a la neutralidad o al acuerdo moderado hacia niveles de acuerdo más claros en el postest, lo que sugiere una mayor conciencia por parte de los participantes sobre el papel del profesorado en el aprendizaje de estas áreas. Asimismo, en el caso específico del ítem 2, referido a la intención futura de promover propuestas de enseñanza integrada STEM en el aula, las respuestas muestran una tendencia hacia posiciones de mayor acuerdo tras la experiencia formativa, lo que indica una mayor predisposición de los futuros maestros a incorporar actividades y proyectos basados en este enfoque en su práctica docente.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la participación de futuros maestros de Educación Infantil en el diseño y desarrollo de proyectos didácticos basados en el enfoque STEM podría mejorar significativamente tanto sus percepciones de autoeficacia docente como sus actitudes hacia la enseñanza integrada de las ciencias. La mejora significativa (Sig. > 0,05) observada en la mayoría de los ítems analizados tras la intervención sugiere que las experiencias formativas dirigidas a desarrollar proyectos integrados y experienciales favorecen una mayor confianza del profesorado en formación para abordar contenidos científico-tecnológicos en las primeras etapas educativas, coincidiendo así con estudios previos relacionados con la adecuación del enfoque STEM en la formación inicial (Mateos-Núñez et al., 2024).

En relación con las percepciones de autoeficacia, los participantes muestran mayor seguridad para comprender contenidos, planificar actividades, explicarlas al alumnado y desenvolverse con más confianza en situaciones de enseñanza relacionadas con estas áreas. En relación con la actitud docente hacia la enseñanza-aprendizaje de las disciplinas STEM, no se esperaban cambios especialmente pronunciados entre las mediciones pretest y postest, dado que este tipo de variable suele presentar una mayor estabilidad. No obstante, la participación en el diseño y desarrollo de proyectos didácticos STEM generó mejoras en la disposición del profesorado en formación hacia el uso de este enfoque educativo.

Estos resultados adquieren una especial relevancia en el contexto de la Educación Infantil, etapa en la que tradicionalmente la enseñanza de contenidos científico-tecnológicos ha tenido una presencia limitada y en la que, en muchas ocasiones, el profesorado en formación manifiesta inseguridad para abordar este tipo de propuestas didácticas. La mejora observada en las actitudes hacia la educación STEM sugiere que la participación en el diseño y desarrollo de proyectos integrados puede contribuir a que los futuros maestros perciban estas áreas como accesibles y adecuadas para su implementación en edades tempranas. De este modo, la incorporación de experiencias prácticas basadas en el enfoque STEM durante la formación inicial del profesorado de Educación Infantil puede favorecer una mayor disposición del profesorado a integrar actividades de carácter científico-tecnológico en el aula, promoviendo desde las primeras etapas educativas el desarrollo de la curiosidad, la exploración y el pensamiento científico en el alumnado.

AGRADECIMIENTOS

PID2022-140601OA-I00 (AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology, 29*(3), 369-385. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x

Genc, M. (2015). The effect of scientific studies on students' scientific literacy and attitude. *Ondokuz Mayis University Journal of Education Faculty, 34*(1), 141-152. https://doi.org/10.7822/omuefd.34.1.8

Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, *25*(6), 645-670. https://doi.org/10.1080/09500690305021

Knezek, G., Christensen, R., & Tyler-Wood, T. (2015) Teacher dispositions toward science, technology, engineering and mathematics (STEM). En D. Rutledgey D. Slykhuis (Eds.) *Proceedings of society for information technology and teacher education international conference 2015* (pp 1362–1368). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Martínez-Borreguero, G., Naranjo-Correa, F. L., & Mateos-Núñez, M. (2022). Cognitive and emotional development of STEM skills in primary school teacher training through practical work. *Education Sciences, 12*(7), 470. https://doi.org/10.3390/educsci12070470

Mateos-Núñez, M., Martínez -Borreguero, G. M., & Naranjo-Correa, F. L. (2024). Evaluación del aprendizaje y las emociones de maestros en formación tras el diseño de propuestas prácticas basadas en la educación STEM. *Revista Interacções, 20*(68), 1-21. https://doi.org/10.25755/int.35772

McClure, E. R., Guernsey, L., Clements, D. H., Bales, S. N., Nichols, J., Kendall-Taylor, N., & Levine, M. H. (2017). *STEM starts early: Grounding science, technology, engineering, and math education in early childhood*.

Ng, A., & Chu, S. K. W. (2022). Integrating and navigating STEAM in early childhood education: An integrative review and inSTEAM conceptual framework. *European Journal of Educational Research, 18*(7), em2133. https://doi.org/10.29333/ejmste/12174

Porlán, R., & Martín del Pozo, R. (2002). La formación del profesorado en un contexto constructivista. *Investigações em Ensino de Ciências, 7*(3), 271-281. http://hdl.handle.net/11441/25449

Stohlmann, M. S., Moore, T. J. & Cramer, K. (2013). Pre-service elementary teachers' mathematical content knowledge from an integrated STEM modelling activity. *Journal of Mathematical and Application, 1*(8), 18-31.

Wan, Z. H., Jiang, Y., & Zhan, Y. (2021). STEM education in early childhood: A review of empirical studies. *Early Education and Development, 32*, 940-962 https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1814986

Modelización e interdisciplinariedad: Ciencias y matemáticas en la formación del profesorado

Àngela Garcia-Lladó[1], Susana Vásquez[2] y Carolina Pipitone[1]*

[1] Departamento de Educación Lingüística, Científica y Matemática, Universitat de Barcelona, España

[2] Didácticas específicas, Universitat de Girona, España

*Correspondencia: angela.garcia@ub.edu

RESUMEN: La integración disciplinar en el contexto STEM atribuye con frecuencia a las matemáticas un papel meramente instrumental. Basándonos en la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD), investigamos cómo los Recorridos de Estudio e Investigación (REI) pueden contrarrestar este aplicacionismo mediante la redistribución de funciones epistémicas entre matemáticas y ciencias. Comparamos, a través de análisis praxeológicos y de mapas de preguntas-respuestas, la implementación de una práctica sobre energía que se realiza en una asignatura de didáctica de ciencias, con una implementación interdisciplinar de la misma compartida entre las asignaturas de didáctica de matemáticas y didáctica de ciencias. Los resultados muestran que las matemáticas no se limitan a apoyar la actividad científica, sino que actúan como motor de la indagación: los contrastes cuantitativos de los datos impulsan revisiones del modelo de energía —incluida la consideración de la disipación— y fortalecen los procesos de validación dentro de una práctica de modelización. El estudio evidencia que la articulación interdisciplinar puede generar avances conceptuales y metodológicos sin comprometer la coherencia e integridad de cada área, contribuyendo a propuestas formativas más equilibradas en el ámbito STEM.

PALABRAS CLAVE: Integración disciplinar; formación del professorado; STEM; indagación; modelización

ABSTRACT: Disciplinary integration in STEM contexts often assigns mathematics a merely instrumental role. Drawing on the Anthropological Theory of the Didactic (ATD), we investigate how Study and Research Paths (SRP) can counteract this applicative view by redistributing epistemic functions between mathematics and science. We compare, through praxeological analyses and questionanswer maps, the implementation of an activity on energy carried out in a science education course with an interdisciplinary implementation of the same activity jointly conducted in mathematics education and science educations courses. The results show that mathematics does not simply support scientific activity but acts as a driving force for inquiry: quantitative contrasts prompt revisions of the energy model —including the consideration of dissipation— and strengthen validation processes within modelling practice. The study demonstrates that interdisciplinary articulation can generate conceptual and methodological advances without compromising the coherence and integrity of each field, contributing to more balanced training approaches within STEM education.

KEYWORDS: Interdisciplinary integration; teacher education; STEM; inquiry; modelling

INTRODUCCIÓN

Revisiones sobre educación STEM integrada (Goos et al., 2023) coinciden en que las matemáticas siguen ocupando un lugar marginal y suelen limitarse a un papel instrumental, apoyando a otras disciplinas sin promover un planteamiento genuinamente matemático de problemas.

MARCO TEÓRICO

Este trabajo se enmarca en la TAD (Chevallard, 2019). Una noción clave en TAD es la "praxeología",

que describe la actividad humana a través de cuatro componentes: tipos de tareas (T), técnicas (τ), tecnologías (θ) que justifican y explican técnicas, y teorías (Θ) que fundamentan las tecnologías dentro de sistemas conceptuales más amplios. Esta estructura articula la práctica y el discurso dentro de una única unidad de análisis. En este trabajo, nos centramos en dos funciones institucionales de las praxeologías: disciplinares, que constituyen los objetos del proceso de estudio, y didácticas, que organizan las condiciones de estudio y la gestión del conocimiento (Miyakawa & García, 2022).

Dentro de TAD, la modelización se describe a través de la dialéctica sistema-modelo (Barquero, 2023). Un sistema es el objeto delimitado por las preguntas planteadas en un momento dado, mientras que un modelo es una organización del conocimiento que representa este sistema y permite la producción de nuevo conocimiento sobre él. Dos características clave de los procesos de modelización son la recursividad (un modelo puede convertirse posteriormente en el sistema a modelar) y la reversibilidad (la relación sistema-modelo puede invertirse para ampliar el poder explicativo) (Barquero, 2023).

La propuesta se complementa con aportes sobre modelización científica ya que el caso de estudio involucra un fenómeno físico. Esta perspectiva se centra en cómo los modelos se construyen, prueban, revisan y amplían mediante su confrontación con datos empíricos, entendiendo los modelos como representaciones que permiten pensar y actuar rigurosamente sobre un sistema (Gière, 1988) dentro de una relación dinámica entre mundo, datos, modelos y predicciones (Hestenes, 1987). En la ciencia escolar, la modelización se describe a menudo mediante ciclos que incluyen construcción, evaluación, aplicación y revisión (Gilbert et al., 2000), así como procesos iterativos de observación, predicción, experimentación y revisión (Halloun, 2007). Integrar estas perspectivas permite analizar qué praxeologías se movilizan, cómo se reorganizan y hasta qué punto la modelización científica avanza más allá de un uso instrumental de las matemáticas.

Proponemos los Recorridos de Estudio e Investigación (REI) (Bosch, 2018) como recurso didáctico para redistribuir funciones epistémicas, organizar el estudio en torno a preguntas y situar la construcción y validación de modelos en el centro de la actividad. Estudios previos del proyecto IDENTITIES (https://identitiesproject.eu/) muestran que, en la formación docente, los REI destacan la modelización como objetos frontera y activador de cruces entre disciplinas.

PREGUNTAS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Nuestro objetivo es caracterizar el impacto de un REI interdisciplinar entre matemática y ciencias, basada en enfoques de modelización, dentro de la formación inicial del profesorado de educación primaria. Este objetivo se aborda a través de la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las principales consecuencias de la implementación para cada disciplina (matemáticas y ciencias) y para el trabajo interdisciplinar en su conjunto?

La propuesta fue diseñada y analizada según la propuesta de Ingeniería Didáctica (Artigue, 2014), entendida como un proceso iterativo de diseño, implementación y análisis que confronta las expectativas teóricas con resultados empíricos. El estudio comprendía tres ciclos de experimentación.

El estudio se desarrolló en la Universidad de Barcelona a lo largo de tres cursos académicos consecutivos (2022-23, 2023-24 y 2024-25), en el marco de un proyecto de investigación liderado por especialistas en didáctica de las matemáticas y de las ciencias. El equipo diseñó, implementó y analizó un Recorrido de Estudio e Investigación (REI) integrado en dos asignaturas obligatorias del Grado de Maestro/a en Educación Primaria: Didáctica de las Ciencias (DC) y Didáctica de las Matemáticas (DM). Este REI partía de una actividad en DC en la que se estudiaba un fenómeno físico en una práctica para trabajar la energía: el movimiento de bolas que descienden por un plano inclinado y colisionan contra un tope. A esta actividad la llamaremos pre-REI.

A lo largo de la implementación intervinieron cuatro docentes de matemáticas, diez de ciencias y cerca de 450 estudiantes en total. Ambos cursos, impartidos simultáneamente en el segundo semestre del segundo año del grado, articularon un REI común centrado en el estudio del mismo fenómeno físico que el pre-REI.

Los datos incluían informes intermedios y finales elaborados por equipos de estudiantes de un grupo de DM en cada año, presentaciones finales colectivas de estudiantes y entrevistas semiestructuradas con dos profesores de matemáticas que participaron en diferentes ediciones de la propuesta.

Se realizó un análisis sistemático de las preguntas formuladas durante las implementaciones a lo largo de los tres años. Estas preguntas permitieron construir y actualizar, tras cada ciclo, un mapa de preguntas-respuestas (QA), con el fin de seguir la progresión del estudio, la evolución de la indagación y el grado de integración disciplinaria. El mapa de QA se complementó con un análisis praxeológico que distinguía las praxeologías disciplinares movilizadas (matemáticas y científicas), así como las praxeologías didácticas vinculadas a la organización, regulación y validación del proceso de estudio. El impacto del REI se caracterizó comparando las praxeologías de las secuencias pre-REI y REI interdisciplinar.

En el análisis praxeológico disciplinario (Chevallard, 2019) comparamos el conocimiento de referencia en ambas disciplinas con la manera en las que aparecía en las producciones del alumnado. Analizamos la selección, simplificación y reorganización del conocimiento experto, la retroalimentación disciplinar (¿qué ocurre cuando el conocimiento matemático entra en física y viceversa?), e identificamos las zonas de cruce de fronteras, aquellas en donde el trabajo del alumnado no puede atribuirse a una única disciplina.

El análisis praxeológico didáctico combinó visiones complementarias de modelización: un ciclo de modelización científico adaptado de Halloun (2007) y Gière (1988) para caracterizar las fases de modelización científica, y la dialéctica sistema-modelo TAD (Barquero, 2023) para tener en cuenta los roles evolutivos de sistemas y modelos a lo largo de la investigación.

IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Para empezar el REI, en DC el alumnado realizó un experimento con bolas de diferentes masas rodando por una rampa desde dos alturas (h y 1/2h). Dejando caer las bolas reiteradamente, registraron la distancia recorrida tras el impacto de la bola con un tope. Los datos de todos los grupos se compartieron mediante una hoja de cálculo y se discutieron a partir de una interpretación inicial cualitativa basada en energía (energía potencial y cinética, transformación, transferencia, conservación y disipación). En DM, el REI continuó mediante el trabajo sistemático de datos, incluyendo la limpieza, discusión de valores atípicos, estadísticas descriptivas y representaciones gráficas, seguido de ajuste lineal e interpretación de parámetros (pendiente, intersección y coeficiente de determinación).

Esta secuenciación permitió que los modelos matemáticos funcionaran como instrumentos para contrastar expectativas ideales con resultados experimentales, abriendo preguntas sobre el error de medición y la necesidad de revisar o ampliar el modelo físico.

Análisis preliminar: análisis praxeológico de la secuencia pre-REI

El análisis praxeológico de la secuencia pre-REI muestra un cambio progresivo hacia una interpretación cualitativa del fenómeno en términos de transferencia, transformación y conservación de energía. En el ciclo de modelización-aprendizaje (Figura 1), el trabajo suele alcanzar la Fase 6 (organización de las ideas del modelo), pero el ciclo no se cierra dentro de la actividad: la reformulación y extensión a nuevos contextos (Fases 7-8) no están estructuralmente soportadas y se posponen a tareas posteriores del curso. La interpretación y la validación se basan en gran medida en la actividad dialógica dirigida por el profesorado, en la que las discrepancias se ponen de relieve de forma dialógica, en lugar de producirse por tensiones entre el modelo y los datos. Como resultado, el modelo carece de autonomía epistémica para forzar la revisión a través del entorno, y la actividad se estabiliza en la fase 6.

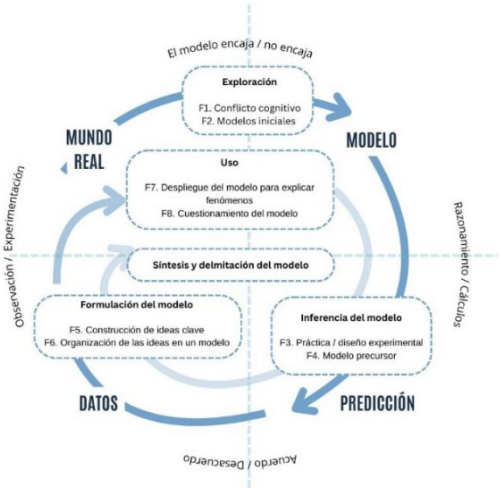


Figura 1: Ciclo de modelización del aprendizaje científico adaptado de Gière (1988) y Halloun (2007)

Esto también nos permite explicar lo superficial que es para el alumnado, la idea de disipación de energía. Aunque se menciona la disipación como plausible, su conceptualización sigue siendo débil porque no se basa en evidencia empírica producida y explotada dentro de la situación del estudio. Esta idea entra principalmente a través de la discusión más que como una necesidad derivada de los contrastes modelo-datos.

Las matemáticas están presentes, pero son esencialmente instrumentales (registro, organización de datos, cálculos básicos), sin generar nuevas preguntas o retroalimentar el modelo físico.

RESULTADOS: ANÁLISIS PRAXEOLÓGICO DEL REI INTERDISCIPLINAR

El análisis praxeológico disciplinario y didáctico del REI interdisciplinar muestra un cambio sustancial en la forma en que se regula la indagación y cómo progresa la modelización. Un primer resultado clave es que el REI sostiene una extensión interna del proceso de modelización: las fases relacionadas con la reformulación del modelo y la introducción de nuevas variables explicativas ya no se posponen para tareas posteriores, sino que surgen dentro de la misma situación de estudio debido a la confrontación del modelo inicial con los datos empíricos que se trabaja en DM (Figura 1).

Este cambio está estrechamente relacionado con la activación de un conjunto más amplio de praxeologías disciplinares. Junto a las praxeologías científicas centradas en la transferencia y transformación de energía, el REI moviliza praxeologías matemáticas vinculadas al tratamiento sistemático de datos, estadística descriptiva, representaciones gráficas y la construcción de modelos funcionales mediante ajuste lineal e interpretación de parámetros. Es importante destacar que esto no es una simple "adición" de matemáticas: el análisis revela zonas que cruzan fronteras donde la actividad no puede atribuirse exclusivamente a ninguna de las dos disciplinas. Objetos matemáticos como la pendiente, la intersección o el coeficiente de determinación abren nuevas cuestiones físicas, mientras que consideraciones físicas como la fricción, la incerteza de la medición o la variabilidad experimental adquieren significado a través de herramientas matemáticas, produciendo retroalimentación disciplinar funcional.

En esta configuración, las matemáticas contribuyen a una redistribución de las funciones epistémicas dentro del proceso de estudio. La validación y la revisión ya no dependen principalmente de la confrontación dialógica liderada por el docente, ya que los contrastes cuantitativos proporcionan criterios adicionales de coherencia que ayudan a regular la investigación. La discusión dialógica sigue presente, pero está respaldada por mecanismos basados en datos que refuerzan la autonomía del entorno e institucionalizan prácticas de validación, contraste y revisión sistemática. Esto se refleja en la aparición de prácticas explícitas de modelización, incluyendo prácticas de modelado paramétrico: los estudiantes construyen modelos funcionales, interpretan parámetros y revisan modelos en respuesta a discrepancias, introduciendo iteraciones internas que no estaban disponibles en la versión científica inicial. Una consecuencia visible de este cambio es el de la idea de disipación de energía: en el REI,

la disipación se convierte en un constructo motivado internamente que responde a una tensión de modelización revelada por desviaciones cuantitativas respecto al modelo idealizado, en lugar de un tema introducido externamente. De forma más amplia, la propuesta evidencia la dinámica de recursividad y reversibilidad característica de la dialéctica sistema-modelo, ya que los modelos se convierten en objetos de evaluación frente a un sistema en evolución y las discrepancias conducen a redefinir el sistema incorporando nuevas variables y elecciones de modelización (Figura 2).

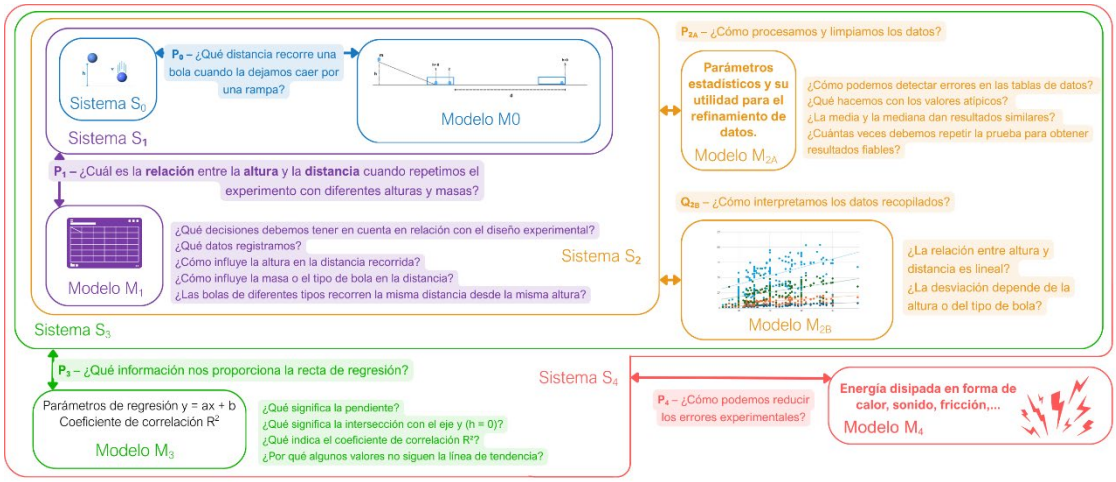


Figura 2: Dialéctica de sistemas y modelos en el REI

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis comparativo entre la secuencia científica inicial (pre-REI) y el REI interdisciplinar muestra que la implementación reconfigura la organización del conocimiento en ambas disciplinas y transforma la interdisciplinariedad: las matemáticas dejan de tener un rol instrumental, pasan a regular la indagación y a impulsar la revisión de modelos científicos.

En ciencias, el REI modifica tanto el modo de modelizar el fenómeno como los criterios de validación. En la secuencia pre-REI, el alumnado avanza hacia una interpretación cualitativa del fenómeno en términos de transferencia y transformación de energía, típicamente alineada con la fase 6 del ciclo de modelización-aprendizaje. En cambio, en el REI interdisciplinar la necesidad de revisar el modelo surge dentro de la propia actividad: las discrepancias entre los datos experimentales y el modelo funcional construido en matemáticas generan tensiones internas que respaldan el trabajo de modelización posterior, de modo que la reformulación no es un añadido externo sino un resultado del proceso de estudio. En particular, la disipación de energía pasa de ser una idea plausible débilmente fundamentada a un constructo motivado internamente: se vuelve relevante como respuesta a desviaciones cuantitativas respecto a las expectativas idealizadas, y así adquiere una función epistémica más clara dentro de la indagación. Al mismo tiempo, la validación de las explicaciones científicas ya no se sostiene principalmente por la confrontación dialógica del docente. Aunque la discusión sigue siendo importante, el REI introduce criterios estructurales adicionales derivados del análisis cuantitativo. Interpretar pendientes, intercepciones, dispersión o bondades de ajuste genera nuevas demandas de coherencia que conectan afirmaciones explicativas con los datos y con las limitaciones de los supuestos de modelización.

Para la disciplina matemática, el REI implica un cambio importante en las praxeologías movilizadas y en el estatus epistémico del trabajo matemático. En la secuencia solo científica, las matemáticas siguen siendo mayormente instrumentales, con una activación limitada de saberes matemáticos. En el REI interdisciplinar, el alumnado moviliza la modelización estadística y funcional, estas prácticas se convierten en recursos centrales para la validación y para la generación de nuevas preguntas sobre el sistema físico. En este sentido, las matemáticas dejan de desempeñar un papel meramente subordinado y pasan a operar como un sistema de conocimiento capaz de identificar incoherencias, poner de relieve la incerteza y las restricciones, y orientar el proceso de modelización.

La implementación muestra que la interdisciplinaridad no se logra yuxtaponiendo contribuciones disciplinares, sino creando zonas que crucen fronteras donde la actividad no pueda atribuirse a una sola disciplina, manteniendo al mismo tiempo espacios disciplinares. Objetos matemáticos como la pendiente, la intersección o la bondad del ajuste requieren interpretación física, mientras que fenómenos como la fricción, el error de medición o la variabilidad experimental adquieren significado a través de herramientas matemáticas. Esta retroalimentación bidireccional redistribuye las funciones epistémicas: el proceso deja de depender únicamente del discurso docente y se apoya también en mecanismos basados en datos que institucionalizan el contraste, la validación y la revisión. Así, el REI interdisciplinar reorganiza las praxeologías disciplinarias y didácticas, permitiendo una modelización en la que las tensiones entre sistema y modelo impulsan la indagación.

Los resultados indican la necesidad de implementar propuestas de indagación que preserven espacios disciplinares propios, a la vez que posibiliten una retroalimentación recíproca entre disciplinas. En nuestro estudio, los REI favorecen un cambio epistemológico en el papel de las matemáticas: pasan de ofrecer herramientas al servicio de la ciencia a actuar como motor de la indagación mediante criterios de modelización basados en datos. Además, el REI genera zonas de cruce donde los contrastes cuantitativos enfrentan expectativas con datos experimentales y desencadenan revisiones del modelo de energía. Desde la formación del profesorado, este resultado muestra que la integridad de las matemáticas en propuestas STEM integradas depende de condiciones didácticas específicas y de arreglos institucionales que los futuros docentes deben aprender a reconocer y gestionar para sostener una indagación regulada tanto por el discurso como por la validación empírica.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Universidad de Barcelona a través del Programa de Investigación Docente REDICE, dentro del Proyecto REDICE24-3460.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artigue, M. (2014). Didactic engineering in mathematics education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 159-162). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_44

Barquero, B. (2023). Mathematical modelling as a research field: Transposition challenges and future directions. En P. Drijvers, C. Csapodi, H. Palmér, & E. Kónya (Eds.), *Proceedings of the Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13)* (pp. 6-30). Alfréd Rényi Institute of Mathematics and ERME.

Bosch, M. (2018). Study and Research Paths: A model for inquiry. En B. Sirakov, P. N. de Souza, & M. Viana (Eds.), *International Congress of Mathematicians* (pp. 4001-4022). World Scientific Publishing.

Chevallard, Y. (2019). Introducing the anthropological theory of the didactic: An attempt at a principled approach. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, *12*, 71-114. https://doi.org/10.24529/hjme.1205

Gière, R. N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. University Chicago Press.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. En J. K. Gilbert & C. . J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3-17). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_1

Goos, M., Carreira, S., & Namukasa, I. K. (2023). Mathematics and interdisciplinary STEM education: Recent developments and future directions. *ZDM – Mathematics Education*, *55*, 1199-1217. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z

Halloun, I. A. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, *167*(7-8), 653-697. https://doi.org/10.1007/s11191-006-9004-3

Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, *55*(5), 440-454. https://doi.org/10.1119/1.15129

Miyakawa, T., & García, F. J. (2022). Teacher learning in collaborative settings: Analysis of an open lesson. En Y. Chevallard, B. Barquero, M. Bosch, I. Florensa, J. Gascón, P. NIcolás, & N. Ruiz-Munzón (Eds.), *Advances in the Anthropological Theory of the Didactic* (pp. 165-171). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76791-4_15

Expectativas de Docentes en una Comunidad de Aprendizaje Profesional Interdisciplinaria

Rubén Montecinos[1], *Ignacio J. Idoyaga*[2], *Marcela Best*[1], *Carla Hernández*[1].

[1] Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile, Chile.
[2] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid, España.

* Correspondencia: ruben.montecinos@usach.cl

RESUMEN: Este estudio analiza las expectativas de docentes de ciencias respecto de su participación en una Comunidad de Aprendizaje Profesional (CAP) centrada en el uso de astronomía de frontera como contexto para la enseñanza de las ciencias a nivel escolar. La investigación adoptó un enfoque cualitativo exploratorio en la fase inicial de una CAP interdisciplinaria integrada por cinco docentes de educación secundaria, una astrónoma y dos investigadores en didáctica. La información, recolectada mediante entrevistas semiestructuradas, se analizó mediante análisis de contenido y método comparativo constante. Se identificaron 282 unidades de significado organizadas en seis categorías vinculadas al desarrollo profesional docente, actualización del conocimiento científico, integración didáctica del contenido, uso de datos reales, motivación estudiantil y condiciones contextuales de implementación. Los resultados evidencian que la CAP es percibida como un espacio clave para la actualización disciplinar y la reflexión pedagógica desde el marco del Conocimiento Didáctico del Contenido.

PALABRAS CLAVE: Comunidad de Aprendizaje Profesional; Conocimiento Didáctico del Contenido; ciencia de frontera; desarrollo profesional docente.

ABSTRACT: This study analyzes science teachers' expectations regarding their participation in a Professional Learning Community (PLC) centered on the use of frontier astronomy as a context for school science education. The research adopted an exploratory qualitative approach in the initial phase of an interdisciplinary PLC composed of five secondary education teachers, an astronomer, and two science education researchers. Data, collected through semi-structured interviews, were analyzed using content analysis and the constant comparative method. A total of 282 meaning units were identified and organized into six categories related to teacher professional development, updating of scientific knowledge, pedagogical integration of content, use of real data, student motivation, and contextual implementation conditions. The results show that the PLC is perceived as a key space for disciplinary updating and pedagogical reflection within the framework of Pedagogical Content Knowledge (PCK).

KEYWORDS: Professional Learning Community; Pedagogical Content Knowledge; frontier science; teacher professional development.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo profesional docente es entendido como un proceso continuo construido mediante la reflexión sobre la práctica y la interacción con otros docentes (Sims & Fletcher-Wood, 2021). En educación científica, estos procesos son relevantes por la complejidad conceptual de los contenidos y la necesidad de tomar decisiones didácticas situadas (Ravanal Moreno & López-Cortés, 2016; Shulman, 1987). En este escenario, las Comunidades de Aprendizaje Profesional (CAP) han sido reconocidas como una modalidad de desarrollo profesional basada en el trabajo colaborativo y la reflexión compartida sobre la enseñanza (Stoll et al., 2006). En la educación científica, se ha destacado su potencial para favorecer discusiones sobre contenidos disciplinares, estrategias didácticas e innovaciones educativas (Van Driel & Berry, 2012).

En algunas experiencias recientes de enseñanza de las ciencias se han incorporado contextos científicos

contemporáneos como una estrategia para enriquecer el sentido formativo de los contenidos escolares. En este enfoque, la ciencia de frontera se entiende como un contexto que permite situar el aprendizaje en problemas y prácticas vinculadas con la investigación contemporánea (Herrington et al., 2014). La incorporación de estos contextos plantea desafíos para el profesorado, particularmente en relación con la selección del contenido, su adaptación a formatos escolares y su articulación con el currículo y las características del estudiantado.

Este conjunto de decisiones puede analizarse desde el marco del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC), entendido como el conocimiento profesional que permite transformar el conocimiento disciplinar en formas enseñables y pedagógicamente significativas (Park & Oliver, 2008; Shulman, 1987). Desde esta perspectiva, el CDC se configura como un sistema de conocimiento integrado que articula distintas dimensiones del saber docente, entre ellas el conocimiento del contenido, las estrategias de enseñanza, el conocimiento de los estudiantes y la comprensión del contexto educativo.

En este marco, las interacciones en comunidades desempeñan un papel relevante para explicitar y reorganizar el CDC, pues permiten contrastar perspectivas, analizar experiencias y discutir colectivamente decisiones didácticas (Van Driel & Berry, 2012). Estos procesos se asocian con la emergencia del CDC colectivo, entendido como un conocimiento profesional compartido, construido mediante el diálogo y el análisis conjunto de problemas de enseñanza, sin reemplazar el saber individual docente (Carlson & Daehler, 2019).

En este contexto, el presente estudio se propone analizar las expectativas de docentes de ciencias respecto de su participación en una CAP centrada en el uso de la astronomía de frontera como contexto para la enseñanza. A partir del análisis cualitativo de entrevistas realizadas en la fase inicial de la comunidad, el estudio busca caracterizar las proyecciones docentes en relación con su desarrollo profesional y con las dimensiones generales del CDC.

METODOLOGÍA

El estudio adopta un enfoque cualitativo exploratorio orientado a analizar las expectativas de docentes al integrarse a una CAP centrada en el uso de astronomía de frontera como contexto para la enseñanza escolar. Al situarse en la fase inicial de la CAP, permite examinar expectativas que los docentes construyen respecto de su participación. Estas interpretaciones se analizan de manera exploratoria en relación con el desarrollo profesional docente y dimensiones generales del CDC.

La investigación se llevó a cabo en una CAP interdisciplinaria dedicada al diseño de propuestas didácticas basadas en datos reales de formación planetaria y exoplanetas para la enseñanza de las ciencias en educación secundaria. La comunidad está integrada por cinco docentes de enseñanza media (dos de matemática, uno de química y biología y dos de física), una especialista en astronomía y dos investigadores en didáctica. La CAP se desarrolla mediante reuniones periódicas destinadas al análisis de contenidos curriculares, decisiones didácticas y adaptación de datos astronómicos de frontera para su uso en el aula. La información se recolectó mediante entrevistas semi estructuradas, diseñadas con preguntas abiertas (Tabla 1) validadas por juicio de expertos.

Tabla 1. Preguntas del instrumento utilizado.

PREGUNTAS	PROPÓSITO ANALÍTICO
P1. ¿Crees que impactará en tu práctica docente el participar en esta comunidad?, ¿por qué y/o en qué forma?	Analizar expectativas de transformación de la práctica docente asociadas a la participación en la CAP.
P2. ¿Crees que impactará en el aprendizaje de tus estudiantes si incorporas la astrofísica de frontera en tus clases?, ¿por qué y/o en qué forma?	Explorar el impacto esperado en el aprendizaje al incorporar astrofísica, en relación con dimensiones del CDC vinculadas a estudiantes y estrategias.
P3. ¿Qué desafíos crees que se pueden presentar durante tu participación en la comunidad?	Analizar dificultades asociadas a la participación en la CAP y su relación con el desarrollo profesional docente.

P4. ¿Qué desafíos crees que se pueden presentar en tus clases al implementar las secuencias didácticas basadas en el uso de la astronomía de frontera, co-diseñadas en la comunidad?	Analizar desafíos de implementación en el aula en relación con dimensiones contextuales y curriculares del CDC.
P5. ¿Cuál es tu interés para participar de esta comunidad de aprendizaje?	Identificar motivaciones y sentido atribuido a la participación.
P6. ¿Cuál es tu expectativa sobre esta comunidad?, ¿Qué esperas de esta experiencia?	Explorar expectativas sobre el funcionamiento e impacto de la CAP.
P7. ¿Qué piensas sobre el uso de la astronomía de frontera para la enseñanza de las ciencias y la matemática en tus clases?	Analizar concepciones sobre el contenido y su potencial didáctico en relación con dimensiones del CDC vinculadas al contenido y sus representaciones.
P8. ¿Qué aspectos de tu formación y de tu trayectoria profesional crees que podrían facilitar o dificultar tu participación en la comunidad?	Analizar factores de la trayectoria profesional que inciden en la participación en la CAP, en relación con la dimensión contextual del CDC.

Las entrevistas se realizaron de manera individual, fueron registradas en audio con consentimiento informado y posteriormente transcritas íntegramente para su análisis. La información se analizó mediante análisis de contenido cualitativo (Bardin, 1986) y el método comparativo constante (Glaser & Strauss, 1967). La unidad de análisis correspondió a la unidad de significado (U), definida como un segmento del discurso docente.

La codificación se realizó de manera inductiva por tres investigadores de forma independiente utilizando el software Atlas.ti (v. 24.1.1). Con el fin de estimar la consistencia del proceso de codificación, se calculó el coeficiente κ de Cohen como indicador de confiabilidad intercodificador. Posteriormente, las codificaciones fueron contrastadas mediante triangulación de investigadores hasta alcanzar consenso, a partir de lo cual se construyó el sistema categorial final con subcategorías (Tabla 2).

Tabla 2. Sistema categorial y sub-categorial.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
C1. Desarrollo profesional en comunidad Concepciones que presentan la Comunidad de Aprendizaje Profesional como un espacio de desarrollo profesional docente basado en la colaboración, el intercambio de experiencias y la reflexión compartida sobre la enseñanza.	C1.1 Intercambio profesional entre pares
	C1.2 Reflexión sobre la práctica docente
	C1.3 Construcción colectiva del conocimiento didáctico
	C1.4 Interacción con expertos científicos
C2. Actualización del conocimiento científico Expectativas de ampliación del conocimiento disciplinar mediante el contacto con avances e investigaciones recientes de la ciencia.	C2.1 Actualización disciplinar
	C2.2 Profundización conceptual del contenido
	C2.3 Comprensión del quehacer científico contemporáneo
C3. Integración didáctica de la ciencia de frontera Adaptación pedagógica de contenidos de ciencia contemporánea, articulados con el currículo y transformados en propuestas didácticas para el aula.	C3.1 Articulación con el currículo escolar
	C3.2 Diseño de actividades o secuencias didácticas
	C3.3 Innovación metodológica en la enseñanza
C4. Uso de datos reales y prácticas científicas Incorporación de datos reales en la enseñanza y procedimientos propios de la investigación científica, aproximando al estudiantado a prácticas auténticas.	C4.1 Análisis e interpretación de datos científicos
	C4.2 Participación en prácticas científicas escolares
C5. Motivación y participación estudiantil Expectativas relacionadas con el impacto del contenido y de las actividades en el interés, curiosidad, participación y disposición hacia el aprendizaje por parte del estudiantado.	C5.1 Curiosidad e interés por la astronomía
	C5.2 Participación activa en el aprendizaje
	C5.3 Aprendizaje significativo percibido
C6. Condiciones contextuales de implementación Factores institucionales, curriculares o materiales que afectan la implementación de propuestas didácticas basadas en ciencia de frontera en el contexto escolar.	C6.1 Restricciones curriculares y temporales
	C6.2 Condiciones institucionales
	C6.3 Disponibilidad de recursos y tecnología

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis permitió identificar 282 unidades de significado (U1 a U282). De estas, 223 unidades presentaron concordancia inicial entre los codificadores. El nivel de acuerdo inicial alcanzó un κ de Cohen de 0.79, indicando concordancia sustancial.

La categoría C1 Desarrollo profesional en comunidad (77 unidades) presenta a la CAP como un espacio de aprendizaje basado en la colaboración y la reflexión compartida. En C1.1 Intercambio profesional entre pares, los docentes valoran el diálogo con colegas para incorporar "distintas miradas" (U154) que enriquecen la práctica. En C1.2 Reflexión sobre la práctica docente, la participación se proyecta como una instancia para revisar decisiones pedagógicas, pues "la reflexión docente va más allá de un contenido y te lleva a cambiar aspectos que no estás haciendo bien" (U176). En C1.3 Construcción colectiva del conocimiento didáctico, los participantes identifican la comunidad como un espacio para elaborar propuestas conjuntas, señalando que "construir algo nuevo aporta a mi desarrollo profesional" (U165); estas proyecciones sugieren la configuración progresiva de un CDC colectivo mediante el diseño compartido. Finalmente, C1.4 Interacción con expertos científicos evidencia la valoración del intercambio con especialistas al ser "totalmente distinto y muy enriquecedor" (U175).

De manera complementaria, la categoría C2 Actualización del conocimiento científico (43 unidades) reúne expectativas sobre el fortalecimiento del conocimiento disciplinar docente mediante el contacto con avances recientes de la ciencia. En C2.1 Actualización disciplinar, los docentes expresan interés por acceder a nuevos desarrollos científicos, señalando que "yo también voy a tener que leer más, informarme más" (U234). En C2.2 Profundización conceptual del contenido, se evidencia la necesidad de fortalecer la comprensión conceptual para abordar estas temáticas en el aula, reconociendo que "no puedo aplicar si desconozco el contenido y cómo se van analizando esos datos" (U103). Finalmente, C2.3 Comprensión del quehacer científico contemporáneo destaca la importancia de aproximar al estudiantado a la ciencia actual como práctica real, señalando que "estas cosas no sean ciencia ficción sea conocimiento concreto" (U190).

En continuidad con este interés por la actualización disciplinar, la categoría C3 Integración didáctica de la ciencia de frontera (55 unidades) reúne referencias a la adaptación pedagógica de contenidos científicos contemporáneos y su articulación con el currículo escolar. En C3.1 Articulación con el currículo, los docentes destacan la necesidad de vincular estos contenidos con los objetivos de aprendizaje, señalando la importancia de "ver cómo aterrizarlo a la sala de clases" (U42) y "que se pueda vincular también con el currículum" (U46). En C3.2 Diseño de actividades o secuencias didácticas, las unidades muestran la preocupación por transformar estos contenidos en propuestas pedagógicas concretas, indicando que el trabajo de la comunidad consiste en "armar la clase y el material de manera bien específica" (U214). Finalmente, C3.3 Innovación metodológica evidencia la intención de modificar formas tradicionales de enseñanza, planteando la necesidad de "salir un poco de lo convencional… y potenciar habilidades de orden superior" (U196). Estas unidades muestran un proceso de transformación didáctica del contenido, en relación con dimensiones del CDC vinculadas a las estrategias de enseñanza y representación del contenido.

En el plano de las prácticas de aula, la categoría C4 Uso de datos reales y prácticas científicas (24 unidades) reúne referencias a la incorporación de datos científicos reales en actividades de aula. En C4.1 Análisis e interpretación de datos científicos, los docentes destacan el valor de trabajar con evidencia empírica para abordar fenómenos científicos, señalando que "los datos duros generan también un proceso de análisis, de reflexión profunda" (U97). En C4.2 Participación en prácticas científicas escolares, las unidades muestran la intención de aproximar al estudiantado al quehacer científico, indicando que es relevante "que ellos se den cuenta igual que pueden hacer ciencia" (U48). Estas referencias muestran que el uso de datos reales se vincula con la dimensión de estrategias de enseñanza del CDC, orientadas al análisis de información y al desarrollo de prácticas científicas.

Desde la perspectiva del aprendizaje estudiantil, la categoría C5 Motivación y participación estudiantil (45 unidades) reúne expectativas docentes sobre el impacto de la ciencia de frontera en el interés y aprendizaje del estudiantado. En C5.1 Curiosidad e interés por la astronomía, los docentes reconocen su

potencial motivador, señalando que "todo lo que con respecto a universo, estrellas, planetas, llama mucho la atención". En C5.2 Participación activa en el aprendizaje, se espera que las propuestas didácticas promuevan un rol más protagónico del estudiantado, destacando que "ellos sean los principales agentes en esta práctica" (U159). En C5.3 Aprendizaje significativo percibido, las unidades sugieren que estas experiencias favorecen una comprensión más profunda de los contenidos, indicando que los estudiantes "logran conectar más con el contenido" (U80). Estas expectativas muestran que la ciencia de frontera es percibida como un recurso que favorece el aprendizaje, lo cual se vincula con la dimensión del CDC sobre el conocimiento de los estudiantes.

Finalmente, la categoría C6 Condiciones contextuales de implementación (38 unidades) reúne referencias a factores institucionales y materiales que inciden en la incorporación de propuestas basadas en ciencia de frontera en el contexto escolar. En C6.1 Restricciones curriculares y temporales, los docentes mencionan limitaciones asociadas al tiempo disponible y a la organización escolar, señalando que "el tiempo es escaso" (U232) y que "las planificaciones ya están hechas y enviadas" (U267). En C6.2 Condiciones institucionales, las unidades evidencian la influencia del contexto escolar, destacando oportunidades como "tener harta flexibilidad en el colegio como para poder aplicarlo" (U122) y desafíos asociados a distintos contextos educativos. En C6.3 Disponibilidad de recursos y tecnología, se mencionan limitaciones en el acceso a herramientas tecnológicas, indicando que "tenemos algunos computadores, pero no son para todos" (U222). Estas referencias muestran que el conocimiento del contexto, como dimensión del CDC, condiciona la viabilidad de las propuestas didácticas.

En conjunto, los resultados evidencian que las expectativas docentes se organizan en seis dimensiones que vinculan el desarrollo profesional con la actualización científica y su integración didáctica. Las unidades analizadas muestran que el profesorado concibe la CAP como un espacio de aprendizaje capaz de fortalecer tanto el conocimiento del contenido como el CDC colectivo, favoreciendo la transformación de temas contemporáneos en propuestas de aula situadas. Asimismo, se reconoce el potencial de la ciencia de frontera para movilizar estrategias de enseñanza y representaciones que acerquen al estudiantado a prácticas científicas auténticas. Finalmente, este proceso aparece condicionado por el conocimiento del contexto escolar, dimensión que actúa como mediadora en la viabilidad y sostenibilidad de la innovación pedagógica en la educación secundaria.

CONCLUSIÓN

Los resultados sugieren que las CAP constituyen un espacio valorado por el profesorado para el desarrollo de conocimientos pedagógicos y disciplinares asociados a la enseñanza de contenidos científicos. En particular, la interacción e intercambio de experiencias entre docentes y especialistas aparecen como elementos centrales para la configuración de un CDC colectivo. Este conocimiento compartido permite no solo la actualización disciplinar, sino también la construcción de estrategias de enseñanza comunes que integran la astronomía de frontera en el diseño de aula, fortaleciendo así las diversas dimensiones del CDC.

Asimismo, los hallazgos muestran que la ciencia de frontera permite enriquecer las prácticas mediante datos reales y motivación estudiantil. No obstante, las restricciones institucionales evidencian que el desarrollo profesional debe articularse con el conocimiento del contexto escolar. En definitiva, este trabajo aporta al uso del CDC como lente analítico para comprender cómo la colaboración entre científicos y docentes en comunidades de aprendizaje permite proyectar un saber profesional situado, capaz de conectar la investigación de frontera con la realidad del aula.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bardin, L. (1986). *Análisis de contenido*. Akal.

Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. En A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77-92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5895-1_5

Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine.

Herrington, J., Reeves, T. C., & Oliver, R. (2014). Authentic learning environments. En M. J. Spector, D. M. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4th ed., pp. 401–412). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_32

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261-284. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6

Ravanal Moreno, E., & López-Cortés, F. (2016). Mapa del conocimiento didáctico y modelo didáctico en profesionales del área biológica sobre el contenido de célula. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 13*(3), 725-742. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.15

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1-23. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Sims, S., & Fletcher-Wood, H. (2021). Identifying the characteristics of effective teacher professional development: A critical review. *School Effectiveness and School Improvement*, *32*(1), 47-63. https://doi.org/10.1080/09243453.2020.1772841

Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M., & Thomas, S. (2006). Professional learning communities: A review of the literature. *Journal of Educational Change*, *7*(4), 221-258. https://doi.org/10.1007/s10833-006-0001-8

Van Driel, J. H., & Berry, A. (2012). Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge. *Educational Researcher, 41*(1), 26-28. https://doi.org/10.3102/0013189x11431010

Competencias AI-TPACK en docentes universitarios: diagnóstico y brechas

Cristian Merino[1], *Jaime Solís-Pinilla*[1] *y Fernando Meneses*[1]

[1] Dirección Programa Desarrollo Docente, Vicerrectoría Académica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
* Correspondencia: dir.desadoc@pucv.cl

RESUMEN: Este estudio analiza el perfil de competencias docentes en Inteligencia Artificial (IA) en 45 profesores universitarios que participaron en una jornada institucional de formación en IA. Se aplicó el cuestionario AI-TPACK, que evalúa siete dimensiones en escala Likert de 1 a 5. Los resultados muestran que las competencias pedagógicas y disciplinares son sólidas (CK: 4,54; PCK: 4,41; PK: 4,40), mientras que las dimensiones vinculadas a IA presentan medias significativamente inferiores (AI-TPK: 3,61; AI-TCK: 3,69; AI-TK: 3,79). Pruebas t identifican una brecha de género estadísticamente significativa en conocimiento tecnológico de IA (p=0,023), pero no diferencias por área disciplinar en ninguna dimensión vinculada a IA. Los ítems con puntuaciones más bajas corresponden al conocimiento de aplicaciones de IA en dominios académicos específicos (M=3,07) y su uso para evaluación de aprendizajes (M=3,38). Los hallazgos sugieren necesidad de formación docente orientada a la integración pedagógica de la IA, con énfasis en aplicaciones disciplinares y evaluación.

PALABRAS CLAVE: AI-TPACK; competencias docentes; Inteligencia Artificial; educación superior; formación del profesorado de ciencias.

ABSTRACT: This study analyzes the profile of Artificial Intelligence (AI) teaching competencies in 45 university faculty who participated in an institutional AI training event. The AI-TPACK questionnaire was administered, assessing seven dimensions on a 1-5 Likert scale. Results show that pedagogical and disciplinary competencies are solid (CK: 4.54; PCK: 4.41; PK: 4.40), while AI-related dimensions present significantly lower means (AI-TPK: 3.61; AI-TCK: 3.69; AI-TK: 3.79). T-tests identify a statistically significant gender gap in AI technological knowledge (p=0.023), but no disciplinary area differences in any AI-related dimension. The lowest-scoring items correspond to knowledge of AI applications in specific academic domains (M=3.07) and its use for learning assessment (M=3.38). Findings suggest the need for teacher training oriented toward pedagogical integration of AI, with emphasis on disciplinary applications and assessment.

KEYWORDS: AI-TPACK; teaching competencies; Artificial Intelligence; higher education; science teacher professional development.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación superior ha dejado de ser una tendencia futura para convertirse en un desafío cotidiano. Herramientas como los modelos de lenguaje de gran escala, los sistemas de tutoría inteligente o los asistentes de retroalimentación automática están llegando a las aulas universitarias con una velocidad que muchas veces supera la capacidad institucional de acompañar ese proceso. El problema no es tecnológico: es formativo.

En la enseñanza de las ciencias, esta situación adquiere un matiz particular. La IA ofrece oportunidades concretas para enriquecer prácticas epistémicas centrales de la educación científica: modelización computacional, análisis de datos experimentales, simulaciones adaptativas y retroalimentación formativa en resolución de problemas. Sin embargo, aprovechar esas oportunidades exige que los docentes no solo conozcan las herramientas, sino que sepan articularlas con el contenido disciplinar y con estrategias pedagógicas adecuadas. Como han señalado Park et al. (2023), los profesores de ciencias que integran IA en sus clases enfrentan tensiones específicas entre las posibilidades de la tecnología y los objetivos de aprendizaje propios de cada disciplina.

Digitalización y currículo de Biología en Paisajes de Aprendizaje en la formación inicial de maestros/ asiento tecnológico propio de estas herramientas, su relación con el contenido disciplinar y su articulación con las estrategias pedagógicas (Celik, 2023). Investigaciones recientes han explorado este marco en la formación de profesores de ciencias y STEM, mostrando que la dimensión tecnológica vinculada a la IA requiere un tratamiento diferenciado respecto a otras tecnologías digitales (Feldman-Maggor et al., 2025).

Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre AI-TPACK se han desarrollado en educación secundaria o en contextos anglosajones, con escasa evidencia desde la educación superior latinoamericana (Paidicán y Arredondo, 2024). Este estudio busca aportar datos situados sobre el perfil de competencias en IA de docentes universitarios que ya han dado un primer paso hacia la formación en estas tecnologías.

Preguntas de investigación

Este estudio aborda las siguientes preguntas: (1) ¿Cuál es el perfil de competencias AI-TPACK en docentes universitarios que participan voluntariamente en formación institucional sobre IA?; (2) ¿Existen diferencias estadísticamente significativas en las competencias AI-TPACK según género y área disciplinar?; (3) ¿Qué dimensiones y competencias específicas presentan mayores vacíos formativos, particularmente en el contexto de la enseñanza de las ciencias?

METODOLOGÍA

Participantes

El estudio se desarrolló con 45 docentes universitarios (PUCV, Chile) que participaron en jornada institucional de formación en IA: 53,3% femenino, 46,7% masculino; 55,6% con >11 años experiencia docente; 55,6% doctorado, 31,1% magíster; distribuidos equitativamente entre Artes y Humanidades (n=23) y Ciencias e Ingeniería (n=22). El 88,9% declaró familiaridad con IA y 97,8% contacto previo. Esto es relevante: no se trata de una muestra de docentes ajenos a la IA, sino de profesionales que ya han tenido algún nivel de exposición y que acudieron voluntariamente a una instancia formativa. Esta característica de la muestra —intencional y autoseleccionada— constituye una limitación que debe considerarse al interpretar los resultados, ya que el perfil medio de la población docente universitaria podría presentar competencias aún más bajas que las aquí reportadas.

Instrumento

Se utilizó la escala AI-TPACK adaptada y validada por Lin et al. (2023), compuesta por 42 ítems distribuidos en siete dimensiones: CK (6 ítems), PK (6 ítems), PCK (6 ítems), AI-TK (6 ítems), AI-TCK (6 ítems), AI-TPK (6 ítems) y AI-TPACK (6 ítems). Los ítems se valoraron en escala Likert de 5 puntos (1 = muy en desacuerdo; 5 = muy de acuerdo). Dos ítems fueron redactados en sentido inverso (CK, ítem 6: “Me resulta difícil establecer conexiones entre el conocimiento de la asignatura que enseño y el de otras disciplinas”; AI-TK, ítem 24: “Carezco de los conocimientos para resolver problemas relacionados con las tecnologías de IA cuando surgen”) y recodificados antes del análisis mediante la transformación 6 – valor_original. El instrumento fue administrado mediante Google Forms durante la jornada.

Análisis de datos

Se calcularon estadísticos descriptivos (media, desviación típica, mínimo y máximo) para cada dimensión del AI-TPACK. Para examinar diferencias por género y área disciplinar, se aplicaron pruebas t de Student para muestras independientes. Dado el tamaño muestral (N=45), se optó por un análisis puramente descriptivo complementado con pruebas de significación estadística, reconociendo que la potencia estadística es limitada para detectar efectos pequeños o moderados. Se utilizó un nivel de significación de $\alpha = 0,05$. El análisis se realizó en Python 3.11 utilizando las librerías pandas, numpy y scipy.stats.

RESULTADOS

Perfil general de competencias AI-TPACK

La Tabla 1 muestra los estadísticos descriptivos para las siete dimensiones del marco AI-TPACK. El patrón más evidente es la brecha entre las competencias pedagógicas y disciplinares —todas con medias superiores a 4,40— y las dimensiones específicamente vinculadas a la IA, que oscilan entre 3,61 y 3,93. Las desviaciones típicas son notablemente mayores en las dimensiones AI (entre 0,63 y 0,83) que en las dimensiones pedagógicas y disciplinares (entre 0,41 y 0,50), lo que indica mayor heterogeneidad en el dominio de las herramientas de IA entre los participantes.

Tabla 1. Medias y desviaciones típicas por dimensión AI-TPACK (N = 45)

DIMENSIÓN	MEDIA	DT
CK – Conocimiento del Contenido	4,54	0,41
PK – Conocimiento Pedagógico	4,40	0,50
PCK – Conocimiento Pedagógico del Contenido	4,41	0,49
AI-TK – Conocimiento Tecnológico en IA	3,79	0,63
AI-TCK – Conocimiento Tecnológico Contenido IA	3,69	0,80
AI-TPK – Conocimiento Tecnológico Pedagógico IA	3,61	0,83
AI-TPACK – Conocimiento completo AI-TPACK	3,93	0,71

El conocimiento del contenido disciplinar (CK: 4,54) y el conocimiento pedagógico del contenido (PCK: 4,41) alcanzan las puntuaciones más altas, seguidos del conocimiento pedagógico general (PK: 4,40). Esto indica que los docentes participantes poseen una base sólida en sus disciplinas y en estrategias de enseñanza. Sin embargo, las dimensiones que integran la IA obtienen puntuaciones marcadamente inferiores: AI-TPK (3,61) es la dimensión más débil, seguida por AI-TCK (3,69) y AI-TK (3,79). Incluso la dimensión integradora AI-TPACK, que representa el conocimiento más complejo al articular contenido, pedagogía y tecnología de IA, alcanza solo 3,93 puntos.

Diferencias por área disciplinar y género

Se realizaron pruebas t de Student para muestras independientes con el fin de examinar si existen diferencias estadísticamente significativas en las competencias AI-TPACK según área disciplinar y género. Los resultados se presentan en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Comparación de medias por área disciplinar (prueba t de Student)

DIMENSIÓN	Artes y Humanidades (n=23)	Ciencias e Ingeniería (n=22)	Diferencia	t	p
CK	4,47	4,62	+0,15	-1,25	0,218
PK	4,54	4,24	-0,30	2,12	0,040*
PCK	4,52	4,29	-0,23	1,65	0,107
AI-TK	3,83	3,75	-0,08	0,40	0,692
AI-TCK	3,72	3,65	-0,07	0,30	0,763
AI-TPK	3,67	3,54	-0,14	0,54	0,590
AI-TPACK	4,00	3,86	-0,14	0,68	0,502

Nota: * p<0,05. Valores positivos de diferencia indican puntajes más altos en Ciencias e Ingeniería.

No se observan diferencias estadísticamente significativas entre áreas disciplinares en ninguna de las dimensiones vinculadas a la IA (todas p>0,05). La única diferencia significativa se encuentra en el conocimiento pedagógico (PK), donde Artes y Humanidades presenta una media superior (4,54 vs. 4,24; t=2,12; p=0,040). Este hallazgo sugiere que la familiaridad con tecnologías de IA y las competencias para integrarlas pedagógicamente no están determinadas por el área disciplinar de origen de los docentes, al menos en esta muestra.

Tabla 3. Comparación de medias por género (prueba t de Student)

DIMENSIÓN	Femenino (n=24)	Masculino (n=21)	Diferencia	t	p
CK	4,50	4,60	+0,10	-0,78	0,439
PK	4,33	4,47	+0,13	-0,91	0,368
PCK	4,37	4,45	+0,08	-0,58	0,567
AI-TK	3,59	4,02	+0,43	-2,36	0,023*
AI-TCK	3,49	3,92	+0,43	-1,87	0,068
AI-TPK	3,39	3,86	+0,47	-1,94	0,059
AI-TPACK	3,78	4,10	+0,33	-1,56	0,126

Nota: * p<0,05. Valores positivos de diferencia indican puntajes más altos en hombres.

Se identifica una diferencia estadísticamente significativa en el conocimiento tecnológico en IA (AI-TK), donde los hombres obtienen una media de 4,02 frente a 3,59 de las mujeres (t=-2,36; p=0,023). Esta dimensión se refiere al conocimiento sobre herramientas de IA, su funcionamiento y su potencial educativo. Las dimensiones AI-TCK y AI-TPK muestran diferencias en la misma dirección (0,43 y 0,47 puntos respectivamente), pero no alcanzan significación estadística al nivel del 5% (p=0,068 y p=0,059).

ÍTEMS CON PUNTUACIONES MÁS BAJAS

Los tres ítems con las medias más bajas del cuestionario corresponden a: 1) AI-TCK, ítem 25 (M=3,07): "Estoy familiarizado/a con la IA en dominios académicos específicos (por ejemplo, sistemas de tutoría inteligente matemática)"; 2) AI-TPK, ítem 34 (M=3,38): "Puedo aplicar IA para evaluar los resultados de aprendizaje de los estudiantes"; 3) AI-TK, ítem 24 (M=3,42): "Carezco de los conocimientos para resolver problemas relacionados con las tecnologías de IA cuando surgen" (recodificado desde formulación inversa). Los dos primeros ítems señalan vacíos concretos en las competencias docentes: el desconocimiento de aplicaciones de IA específicas del dominio disciplinar y la falta de capacidad para integrar IA en procesos de evaluación formativa. Ambos aspectos son críticos para una integración pedagógica efectiva de la IA en la enseñanza de las ciencias.

PERFIL DEL SUBGRUPO DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Dado el enfoque de este congreso en la didáctica de las ciencias, se analizó específicamente el perfil de competencias del subgrupo de docentes de Ciencias e Ingeniería (n=22). La Tabla 4 presenta los descriptivos para este grupo.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos para el subgrupo de Ciencias e Ingeniería (n=22)

DIMENSIÓN	MEDIA	DT
CK – Conocimiento del Contenido	4,62	0,31
PK – Conocimiento Pedagógico	4,24	0,50
PCK – Conocimiento Pedagógico del Contenido	4,29	0,60
AI-TK – Conocimiento Tecnológico en IA	3,75	0,70
AI-TCK – Conocimiento Tecnológico Contenido IA	3,65	0,74
AI-TPK – Conocimiento Tecnológico Pedagógico IA	3,54	0,70
AI-TPACK – Conocimiento completo AI-TPACK	3,86	0,62

Este subgrupo presenta un conocimiento del contenido ligeramente superior al promedio general (4,62 vs. 4,54), pero mantiene el mismo patrón de brechas en las dimensiones vinculadas a la IA. El AI-TCK —conocimiento para usar IA en contextos disciplinares específicos— obtiene 3,65 puntos, siendo la segunda dimensión más débil para este grupo. Esto indica que incluso docentes con sólida formación disciplinar en ciencias no transfieren automáticamente ese conocimiento hacia el uso de IA en la enseñanza de sus materias.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados documentan una paradoja formativa: docentes con competencias pedagógicas y disciplinares sólidas (medias >4,40) enfrentan vacíos sistemáticos al intentar integrar IA en sus prácticas de enseñanza (medias <3,80). Esta brecha no es meramente técnica —dominar una herramienta nueva— sino epistémica: requiere articular la IA con las formas de pensar, argumentar y construir conocimiento propias de cada disciplina. Los cuatro hallazgos principales merecen análisis diferenciado.

1. **AI-TCK como cuello de botella.** El ítem más bajo (M=3,07) revela que docentes desconocen cómo usar IA en contextos disciplinares. Los de ciencias presentan CK=4,62 pero AI-TCK=3,65: formación disciplinar sólida no transfiere automáticamente hacia integración de IA. Esto coincide con Feldman-Maggor et al. (2024): ingeniería de prompts en educación científica constituye nuevo conocimiento profesional. Desarrollo profesional debería incluir diseño de actividades de indagación y modelización mediadas por IA, atendiendo a delegación cognitiva y sesgos (Haraldsrud y Odden, 2025). Si el AI-TCK señala el desconocimiento de aplicaciones disciplinares de IA, el segundo vacío crítico apunta a un proceso pedagógico aún más complejo: la evaluación.

2. **Evaluación mediada por IA**. El segundo ítem más bajo (M=3,38) señala falta de preparación para usar IA en evaluación. La evaluación formativa es central en enseñanza de ciencias (Furtak et al., 2012), y la IA ofrece posibilidades para retroalimentación automatizada. El problema es conceptual y ético: docentes necesitan criterios para decidir cuándo delegar retroalimentación a IA y conocer sesgos que modelos introducen al evaluar razonamiento científico. Los dos vacíos anteriores —aplicaciones disciplinares y evaluación— afectan a toda la muestra. Sin embargo, el análisis por género revela que estas brechas no se distribuyen uniformemente.

3. **Brecha de género en conocimiento de la IA**. La diferencia significativa en AI-TK (p=0,023) muestra patrón preocupante: mujeres 3,59 vs. hombres 4,02. Esta brecha no aparece en competencias pedagógicas ni disciplinares, descartando explicaciones generales. Aunque AI-TCK (p=0,068) y AI-TPK (p=0,059) no alcanzan significación, su proximidad al umbral sugiere manifestación en muestras mayores. Programas de formación deben abordar estas diferencias explícitamente para evitar reproducir desigualdades (Chai et al., 2021). Mientras género muestra diferencias significativas, el área disciplinar presenta un hallazgo diferente que desafía expectativas comunes sobre formación en IA.

4. **Ausencia de diferencias disciplinares e implicancias para la formación**. Contra lo esperable, no hay diferencias significativas entre áreas en dimensiones IA. Implicación práctica: programas de formación no necesitan segregarse por áreas inicialmente. Necesidades básicas son transversales; diferenciación disciplinar debe ocurrir al trabajar aplicaciones específicas (AI-TCK). Esto tiene implicaciones prácticas: los programas de formación en IA para docentes universitarios no necesitan segregarse por áreas disciplinares en las etapas iniciales. Las necesidades formativas básicas —qué es la IA generativa, cómo funciona, qué puede y qué no puede hacer, cómo redactar prompts efectivos— son transversales. La diferenciación disciplinar debe ocurrir en etapas posteriores, cuando se trabaje específicamente sobre aplicaciones de IA en contextos de enseñanza de contenidos específicos.

LIMITACIONES Y DIRECCIONES FUTURAS

Este estudio tiene limitaciones importantes que deben considerarse al interpretar los hallazgos. La muestra es intencional y autoseleccionada: son docentes que asistieron voluntariamente a una jornada de formación en IA, lo que sugiere un sesgo de motivación. El perfil medio de la población docente universitaria podría estar aún más alejado de los resultados aquí presentados. Además, el instrumento captura autopercepción de competencias, no desempeño efectivo. Un docente puede reportar alta competencia en AI-TPACK sin que esto se traduzca necesariamente en prácticas pedagógicas efectivas al usar IA en el aula. El tamaño muestral (N=45) limita la potencia estadística para detectar diferencias pequeñas o moderadas, especialmente en los análisis por subgrupos (n=22-24). Las diferencias en AI-TCK y AI-TPK por género, que se aproximan al umbral de significación (p=0,068 y p=0,059), requieren

replicación con muestras mayores para confirmar o descartar su relevancia práctica.

Futuras investigaciones deberían complementar estos datos con observaciones de prácticas reales de integración de la IA en la enseñanza de ciencias. ¿Qué decisiones toman los docentes cuando diseñan una actividad con IA? ¿Qué criterios usan para evaluar si la herramienta está cumpliendo objetivos de aprendizaje? ¿Cómo manejan situaciones donde la IA genera información incorrecta o sesgada? Estas preguntas requieren metodologías cualitativas que capturen la complejidad del razonamiento profesional docente en contextos reales.

AGRADECIMIENTOS

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Vicerrectoría Académica y VINCI, DI-Regular 044.776/2026.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior,* 138, 107468. https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468

Chai, C. S., Lin, P. Y., Jong, M. S. Y., Dai, Y., Chiu, T. K. F., y Qin, J. (2021). Perceptions of and behavioral intentions towards learning artificial intelligence in primary school students. *Educational Technology & Society*, 24(3), 89–101. https://www.jstor.org/stable/48629230

Feldman-Maggor, Y., Blonder, R., y Alexandron, G. (2024). Perspectives of generative AI in chemistry education within the TPACK framework. *Journal of Science Education and Technology*, 33, 1–16. https://doi.org/10.1007/s10956-024-10147-3

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., y Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Haraldsrud, A., y Odden, T. O. B. (2025). Bridging artificial intelligence and real intelligence: Self-scaffolding computational modeling with generative AI in chemistry. *Journal of Chemical Education*. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00657

Lin, P. Y., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Dai, Y., Guo, Y., y Qin, J. (2023). Modeling the structural relationship among primary students' motivation to learn artificial intelligence. *Computers in Human Behavior Reports*, 6, 100211. https://doi.org/10.1016/j.chbr.2022.100211

Mishra, P., Warr, M., y Islam, R. (2023). TPACK in the age of ChatGPT and generative AI. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 39(4), 235–251. https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2247480

Paidicán, M., y Arredondo, P. (2024). Artificial intelligence in technical pedagogical content knowledge (TPACK) contexts: A literature review. *Panorama*, 18(35). https://doi.org/10.15765/pkjpwv56

Park, J., Teo, T. W., Teo, A., Chang, J., Huang, J. S., y Koo, S. (2023). Integrating artificial intelligence into science lessons: Teachers' experiences and views. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 61. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00454-3

Progresiones incorporando en el aula la ciencia presente en la sociedad por futuros docentes en formación

Campillos Ladero, Rafael[1], Vílchez, José Eduardo[2], Vílchez-González, José Miguel[3], Fernández Fuertes, José María[1], Reina Vázquez, Marta[2], Ceballos Aranda, Marta[2], Barbosa da Silva Paiva, Viviane[4], Ezquerra, Ángel[1].

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid.

[2] Universidad CEU Fernando III, CEU Universities, Sevilla

[3] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada

[4] Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

* Correspondencia: rcampillos@ucm.es

RESUMEN: La investigación en didáctica de las ciencias ha abordado habitualmente el modo de progresar en los distintos conocimientos especializados que deben poseer los profesores de ciencias. En este trabajo analizamos la progresión del aprendizaje de docentes de Primaria en formación durante la implementación de un programa formativo orientado a incorporar en las aulas la ciencia presente en la sociedad. La muestra estuvo compuesta por 494 estudiantes de cuatro universidades españolas, organizados en grupos de trabajo. Se realizó un análisis para explorar el contenido de sus diseños creados, tanto al inicio como al final del curso. Se observó que la mayoría (66 %) mejoró en algunas de las dimensiones analizadas, aunque de forma desigual. Los mejores avances se obtuvieron en los aspectos metodológicos y en la orientación de las actividades. Estos resultados deberían permitir anticipar las necesidades de formación de futuros docentes, incluyendo la identificación de la ciencia presente en la sociedad e incorporándola en sus diseños de situaciones de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento Didáctico del Contenido; Ciencia y sociedad; Formación inicial de profesorado; Educación Primaria.

ABSTRACT: Research in science education has frequently addressed means of developing the various specialist knowledge that science teachers need to know. In this study, we analyse the learning progression of in-training primary school teachers during the implementation of a formative programme aimed at incorporating the science present in society into the classroom. The sample comprised 494 students from four Spanish universities, organised into working groups. An analysis was performed to explore the content of the lesson plans they created, both at the start and at the end of the course. It was observed that the majority (66%) improved in some of the dimensions analysed, although in an unevenly distributed manner across them. The greatest progress was made in methodological aspects and in activity orientation. These results should enable us to anticipate the training needs of future teachers, including identifying science present in society and incorporating it into their learning activity designs.

KEYWORDS: Pedagogical Content Knowledge; Science and society; Pre-service teacher training; Elementary education.

MARCO TEÓRICO

El papel esencial que la ciencia y la tecnología desempeñan en nuestra forma de vida exige una formación adecuada de la ciudadanía. De ahí que uno de los objetivos del sistema educativo sea alcanzar un adecuado nivel de alfabetización científica (Feinstein 2011). Esto implica prestar atención tanto a los elementos curriculares, como a la propia formación del profesorado (Rivero et al. 2017). El conocimiento específico que debe tener el profesorado de ciencias en formación ha sido objeto de numerosos estudios, así como de informes internacionales (European Commission 2022; National

Research Council 2007; Rocard et al. 2007). Es evidente que una buena formación en las áreas de la ciencia es necesaria, pero además se deben considerar otros elementos que participan en el proceso. El concepto del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC, o PCK en inglés) fue introducido por Shulman (1987) como un constructo para caracterizar y analizar el conocimiento experto y específico de los docentes. Durante las siguientes décadas se ha desarrollado una investigación prolija en torno al CDC y sus elementos. Magnusson et al. (1999) definieron cinco dimensiones para el CDC: i) conocimiento del currículo; ii) conocimiento didáctico de las ciencias; iii) conocimiento del alumnado, incluyendo concepciones y dificultades; iv) estrategias de enseñanza; y v) evaluación en ciencias. Estos saberes que conforman el CDC están a su vez influenciados por las experiencias previas del docente como estudiante, su formación continua, su trayectoria profesional y sus propias creencias (Vázquez-Bernal et al., 2019). Todo ello cobra especial relevancia cuando se pretende enseñar ciencias en su contexto social, ya que las concepciones y vivencias del profesorado condicionan la práctica docente.

La relación entre la ciencia y la sociedad ha sido motivo de preocupación para la educación científica durante mucho tiempo, como lo demuestran los enfoques Ciencia, Tecnología y Sociedad (Solomon y Aikenhead, 1994) o de comprensión pública de la ciencia. Más recientemente, se ha abordado el papel que la ciencia puede desempeñar en la educación ciudadana y en la formación inicial del profesorado (Ezquerra et al., 2022; Franco-Mariscal et al., 2021). En este sentido, la forma en que la ciencia se muestra y se percibe por la sociedad también debe formar parte del conocimiento profesional de los docentes (Vílchez et al., 2024; Ezquerra et al., 2026).

En esta línea, otro de los focos de la investigación educativa se centra en cómo evoluciona el aprendizaje del profesorado en formación y qué factores lo influyen (Duschl et al., 2011). Esto debería ayudar a orientar el diseño, la implementación y la evaluación de los programas formativos. Para analizar la progresión de los docentes, Talanquer (2014) propone tener en cuenta los conocimientos sobre el aprendizaje de la disciplina, las pautas para la enseñanza y la evaluación. Este autor también ha destacado como factores que influyen en este desarrollo profesional: la importancia de las creencias del docente sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje, sobre la naturaleza de la ciencia y sus propias experiencias personales.

En términos generales, la progresión a niveles más avanzados por parte de los docentes implica que las actividades propuestas contengan una mayor parte centrada en la práctica, integrando el conocimiento y favoreciendo los procesos de discusión. En la práctica docente, esto significa evolucionar de una aproximación transmisiva del proceso de enseñanza-aprendizaje a otros marcos más acordes con enfoques constructivistas (Rivero et al., 2017). Hamed et al. (2020) sugieren que, mediante el análisis de la progresión del conocimiento, se puede formar a los docentes para que comprendan su propia progresión.

En consonancia con esto, el objetivo de este trabajo es evaluar la progresión del conocimiento didáctico de docentes de educación primaria en formación, antes y después de una acción formativa centrada en cómo incluir en el aula la ciencia con la que convivimos en la sociedad. A partir de este objetivo general, se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué progresiones experimentan las propuestas elaboradas tras la intervención formativa? ¿En qué dimensiones se producen? ¿Existe relación entre las progresiones de las distintas dimensiones analizadas?

METODOLOGÍA

El estudio utiliza un diseño mixto preexperimental comparativo con una muestra por conveniencia, combinando el análisis cualitativo de contenido con análisis cuantitativo. La muestra estuvo compuesta por 494 docentes de educación primaria en formación, organizados en 107 equipos de trabajo (de 3 a 5 miembros), procedentes de cuatro universidades españolas (UCM, CEU, UGR, UVa). Todos ellos participaron en el programa formativo «*Aprendiendo a buscar Ciencia. Ideas para su enseñanza*» (Ezquerra et al., 2022) durante el primer semestre del curso 2019-2020. Cada equipo diseñó dos propuestas didácticas sobre cómo enseñar contenidos científicos en la educación primaria: una antes de la formación y otra después.

Programa formativo y creación de las propuestas educativas.

El programa constó de cinco sesiones integradas en una asignatura del Grado en Educación Primaria. Este programa incluía el análisis de encuestas públicas, tareas de reflexión y debate, familiarización con modelos de enseñanza, revisión del plan de estudios, y análisis de la presencia y la imagen de la ciencia en la sociedad (Ezquerra et al., 2022). Al inicio, se les pidió elaborar una propuesta educativa de manera grupal (PD1) para trabajar la ciencia en su contexto social con estudiantes de Educación Primaria. Posteriormente, se desarrollaron diversas sesiones formativas (Figura 1) en las que se combinó el análisis de la percepción pública de la ciencia con la reflexión didáctica, el estudio del currículo y el uso de herramientas de investigación educativa. Tras una revisión crítica de la propuesta inicial (PD1), el alumnado elaboró una segunda propuesta mejorada (PD2), mientras continuaba el programa.

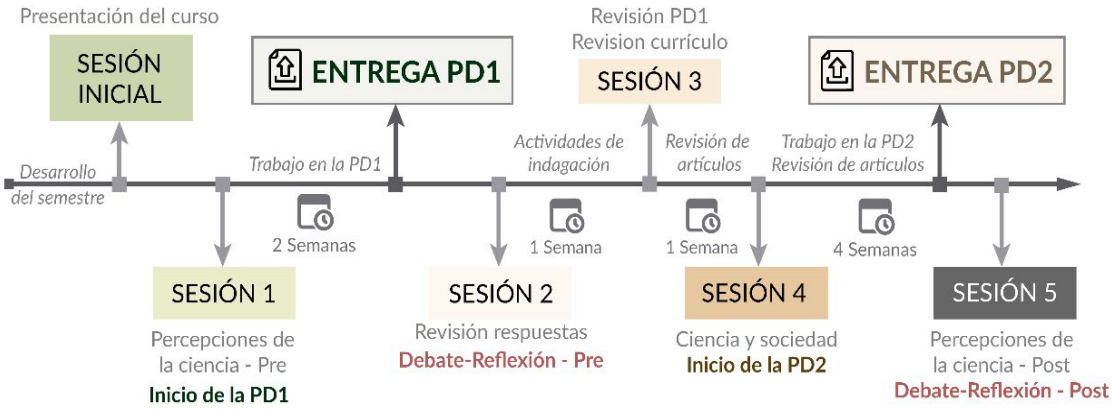


Figura 1. Estructura temporal del curso

Análisis de las propuestas

Los 107 pares de propuestas (PD1 y PD2) fueron analizadas para evaluar el efecto del programa formativo en la progresión del contenido. Para evaluar esta progresión, se elaboró un sistema de dimensiones para el análisis de ambas propuestas. Aunque el modelo de Magnusson et al. (1999) contempla múltiples componentes del CDC, este estudio se centra en dimensiones relacionadas con las orientaciones de enseñanza, las estrategias metodológicas y la contextualización sociocientífica (ver referencias en Tabla 1). Por ello se realizó una operacionalización parcial del CDC basada en investigaciones previas (Hamed et al. 2020; Zembal-Saul et al. 2002), así como en los resultados de una prueba piloto del curso mencionado (Vílchez-González et al. 2020). Para poder evaluar cada dimensión se detallaron distintos niveles (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones y niveles empleados para la evaluación de las propuestas

DIMENSIÓN	NIVELES
Temática	Tema elegido libremente. Sin niveles establecidos
Tipo de propuesta (Feinstein, 2011)	1. Disciplinar (académica y disciplinar) · 2. Contextualizada (académica) · 3. Transversal (problema sociocientífico)
Justificación (Kolstø, 2006)	1. Sin justificar · 2. Impuesta · 3. Social · 4. Curricular · 5. Bibliográfica · 6. Mediática · 7. Prospectiva
Orientación formativa (Rivero et al., 2017)	1. Contenido académico · 2. Contenido científico no académico · 3. Análisis de la ciencia en sociedad
Metodología empleada (Rivero et al., 2017)	1. No declarada · 2. Disciplinar · 3. Desde las ideas del alumnado · 4. Participación activa
Orientación de las actividades (Rivero et al., 2017)	1. Sin actividades · 2. Conceptual · 3. Procedimental · 4. Preguntas de investigación · 5. Cuestiones sociocientíficas

Los niveles inferiores representan enfoques más transmisivos y centrados en contenidos disciplinares, mientras que los superiores implican una mayor contextualización sociocientífica, participación activa del alumnado y reflexión crítica sobre la ciencia en sociedad. El análisis de datos se realizó mediante triangulación entre investigadores para garantizar la fiabilidad y reducir sesgos, alcanzando un nivel de acuerdo casi unánime. Para explorar relaciones entre variables categóricas y ordinales, se aplicaron pruebas no paramétricas: chi-cuadrado Wilcoxon para muestras pareadas y correlación de Spearman.

RESULTADOS

Las propuestas iniciales priorizaron *medio ambiente* (26%), seguidos de *ciencia interdisciplinar* (14%), *objetos y máquinas* (12%) y *cambios en la materia* (9%). En las propuestas finales destacó el aumento de *ciencia interdisciplinar* (hasta 20%) y *objetos y máquinas* (16%), mientras *que medio ambiente* (22%) y *cambios en la materia* (5%) descendieron. El aumento de propuestas de ciencia integrada refleja una visión más interdisciplinar de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se realizó una prueba chi-cuadrado para confirmar que la elección temática no influyó en la progresión de las demás dimensiones ($p > 0.05$ en todos los casos).

Tabla 2. Síntesis de la evolución de las propuestas en las dimensiones analizadas.

DIMENSIÓN	NIVELES DESTACADOS PD1	NIVELES DESTACADOS PD2	CAMBIOS P1→P2	PROGRESIÓN***
Tipo de propuesta	1- Disciplinar 23 %, 2-Contextualizada 70 %, 3- Transversal 7 %	1- Disciplinar 9 %, 2-Contextualizada 68 %, 3- Transversal 23 %	Transversal ▲16 %, Disciplinar ▼14 %	27% progresó un nivel; 2% dos niveles; 1% retrocedió un nivel.
Justificación	2 - Impuesta 41 %, 3 -Social 32 %, 4 - Curricular 15 %	2- Impuesta 26% 3- Social 30% 4- Curricular 14% 5- Bibliográfica: 12%	Impuesta ▼15 %, Bibliográfica ▲ 12 %, Mediática ▲11 %,	7% progresó un nivel; 29% dos niveles o más; 4% retrocedió un nivel.
Orientación formativa	1- Académico 48 %, 2- No académico 43 %, 3- Sociocientífico 9 %	1- Académico 27 %, 2- No académico 42%, 3- Sociocientífico 31 %.	Académico ▼ 27 %, Sociocientífico ▲ 31 %	22% progresó un nivel; 10% dos niveles
Metodología empleada	1- Sin declarar 55 %, 2- Disciplinar 21 %, 3- Ideas del alumnado 22 %	1- Sin declarar 33 %, 2- Disciplinar 8 %, 3- Ideas del alumnado 45 %, 4- Participación activa 14 %	Sin declarar ▼22 %, Disciplinar ▼13 %, Ideas del alumnado ▲13 %, Participación activa ▲ 12 %	25% progresó un nivel; 18% dos niveles; 4% tres niveles
Orientación de las actividades	2- Conceptual 31 %, 3- Procedimental 34 %, 4- Investigación 23 %, 5- Sociocientífico 4 %	2- Conceptual 16 %, 3- Procedimental 18 %, 4- Investigación 45 %, 5- Sociocientífico 20 %	Conceptual ▼15 %, Procedimental ▼16 %, Investigación ▲ 22 %, Sociocientífico ▲16 %	21% progresó un nivel; 27% dos o tres niveles

Nota. ***$p < 0.001$ para todas las progresiones

Solo el 33% de los grupos no experimentó cambios, mientras que el 66% progresó en una o más dimensiones, y el 53% además lo hizo en dos o más niveles. De forma notable, un 10% de las propuestas progresaron en al menos cinco niveles. Además, en ninguna dimensión evolucionaron menos de un 50% de los grupos. Para analizar si estas progresiones medidas en niveles (Tabla 2) fueron estadísticamente significativas, se realizó una prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En todas las dimensiones, la variación en los niveles resultó ser estadísticamente significativa ($p < 0.001$), indicando de forma clara que las progresiones de las propuestas didácticas no se debieron al azar.

Dado que las distintas dimensiones evaluadas representan componentes interrelacionados, se exploró si las progresiones observadas tendían a producirse conjuntamente. Para ello, se realizó una matriz de correlaciones (ρ de Spearman, Tabla 3).

Tabla 3. Matriz de correlaciones entre las dimensiones evaluadas en las propuestas.

DIMENSIÓN	Tipo de propuesta	Justificación	Orientación formativa	Metodología empleada	Orientación de las actividades
Tipo de propuesta	—	ρ = 0.361**	ρ = 0.346**	ρ = 0.215*	ρ = 0.431**
Justificación		—	ρ = 0.385**	ρ = 0.178	ρ = 0.491**
Orientación formativa			—	ρ = 0.332**	ρ = 0.498**
Metodología empleada				—	ρ = 0.391**
Orientación de las actividades					—

Nota. * $p < 0.05$ / ** $p < 0.01$

Las correlaciones de Spearman revelan una correlación positiva generalizada entre variables, especialmente entre tipología, justificación, orientación de metas y actividades ($p < 0.001$). La metodología correlaciona significativamente con metas y actividades, lo que sugiere que el alumnado mejora metodológicamente sin llegar aún a articular su fundamentación. Esta carencia argumentativa no impide que las mejoras en la propuesta didáctica sean coherentes en la práctica, y que incluso su tipología sea de naturaleza más interdisciplinaria. Sin embargo, en este momento del proceso el alumnado aún no ha desarrollado una capacidad reflexiva suficiente para justificar y motivar sus propuestas, ya que este nivel de autoconocimiento del proceso previsiblemente requiere mayor tiempo de desarrollo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En cuanto a qué enseñar (justificación y orientación), los cambios más significativos fueron el uso de medios de comunicación, recursos bibliográficos y prospectivos para legitimar las propuestas. Además, se observó una mayor orientación hacia las cuestiones sociocientíficas. Es importante destacar que las trayectorias de progresión fueron independientes del tema elegido inicialmente.

En cuanto a cómo enseñar (tipo de propuestas, metodología, actividades), se encontraron progresiones muy significativas. La búsqueda de la interdisciplinariedad llevó a los participantes a diseñar actividades más conectadas con la realidad social y a adoptar enfoques metodológicos basados en la investigación y centrados en el estudiante (Franco-Mariscal et al., 2021). Estos avances son notables, ya que el profesorado en formación no suele reconocer las ideas previas de los alumnos ni utilizar estrategias activas (Martín del Pozo et al., 2011; Talanquer, 2014).

En resumen, se observó que a los participantes les resultó más fácil modificar el «cómo» que el «qué»; modificaron más fácilmente actividades específicas que proporcionaron una justificación teórica adecuada para sus propuestas. Esto sugiere que la capacidad de articular la coherencia metodológica requiere más tiempo y más andamiajes adicionales (Kubsch et al., 2022).

Estos resultados respaldan la necesidad de incluir la identificación de la ciencia en el contexto social, así como la reflexión sobre cómo la sociedad percibe la ciencia, como componentes esenciales del CDC de los profesores de ciencias (Vílchez et al., 2024; Ezquerra et al., 2026; Schneider y Plasman, 2011).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Duschl, R., Maeng, S., y Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education*, *47*(2), 123–182.

European Commission, European Education and Culture Executive Agency. (2022). Increasing achievement and motivation in mathematics and science learning in schools. Publications Office.

Ezquerra, A., Fernández-Carro, R., Vílchez, J. E., y Vílchez-González, J. M. (2022). Aprendiendo a buscar ciencia en la sociedad: Recursos didácticos para el profesorado. Pirámide.

Ezquerra, A., Vílchez-González, J. M., Fernández-Carro, R., & Vílchez, J. E. (2026). Confidence in science among pre-service primary teachers: Pedagogical implications. *European Journal of Science and Mathematics Education, 14*(2), 171-186.

Feinstein, N. (2011). Salvaging science literacy. *Science Education*, *95*(1), 168–185.

Franco-Mariscal, A. J., Blanco, A., y Lupión, T. (2021). Enseñanza basada en el contexto, prácticas científicas y educación STEM: Propuestas estratégicas para promover el pensamiento crítico desde la enseñanza de las ciencias. *Boletín ENCIC*, *5*(2), 70–79.

Hamed, S., Ezquerra, A., Porlán, R., y Rivero, A. (2020). Exploring pre-service primary teachers' progression towards inquiry-based science learning. *Educational Research*, *62*(3), 357–374.

Kolstø, S. D. (2006). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, *28*(14), 1689–1716.

Kubsch, M., Czinczel, B., Lossjew, J., Wyrwich, T., Bednorz, D., Bernholt, S., Fiedler, D., et al. (2022). Toward learning progression analytics — Developing learning environments for the automated analysis of learning using evidence centered design. *Frontiers in Education*, *7*.

Magnusson, S., Krajcik, J., y Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95–132). Kluwer Academic Publishers.

Martín del Pozo, R., Porlán, R., y Rivero, A. (2011). The progression of prospective teachers' conceptions of school science content. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(4), 291–312.

National Research Council. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. National Academies Press.

Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, E., Azcárate, P., y Porlán, R. (2017). Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *35*(1), 29–52.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Heriksson, H., y Hemmo, V. (2007). Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe. European Communities.

Schneider, R. M., y Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: A review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research*, *81*(4), 530–565.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–23.

Solomon, J., y Aikenhead, G. (1994). STS education: International perspectives on reform. Teachers College Press, Columbia University.

Talanquer, V. (2014). Conocimiento didáctico del contenido y progresiones de aprendizaje. En A. Garritz, G. Lorenzo, y S. Daza-Rosales (Eds.), *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana* (pp. 206–225). Editorial Académica Española.

Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., y Mellado-Jiménez, V. (2019). El conocimiento didáctico del contenido (CDC) de una profesora de ciencias: Reflexión y acción como facilitadores del aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *37*(1), 25–53.

Vílchez, J.E., Vílchez-González, J.M., Campillos, R., y Ezquerra, A. (2024). Pre-service Teachers' Progression in Incorporating Science in Social Context in the Classroom. *Science & Education*, *34*(5), 3531 - 3549.

Vílchez-González, J. M., Vílchez, J. E., Benéitez-Villamor, A. E., Fernández-Carro, R., y Ezquerra, A. (2020). Análisis de las progresiones de las propuestas sobre la ciencia presente en la sociedad en un grupo de maestros en formación inicial. En *29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 384–391). Universidad de Córdoba.

Zembal-Saul, C., Haefner, L. A., Avraamidou, L., Severs, M., y Dana, T. (2002). Web-based portfolios: A vehicle for examining prospective elementary teachers' developing understandings of teaching science. *Journal of Science Teacher Education*, *13*(4), 283–302.

La colaboración bidireccional interuniversitaria en la formación inicial del profesorado de Física y Química: análisis de prácticas, recursos y enfoques formativos

Manuel Mora Márquez [1], Eva María Terrado Sieso [2], Alicia Jurado López [1] y María Esther Cascarosa Salillas[2]

[1] Departamento Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza, España
[2] Departamento Didácticas Específicas, Universidad de Córdoba, España

* Correspondencia: manuel.mora@uco.es

RESUMEN: La presente comunicación analiza un conjunto de estancias académicas bidireccionales desarrolladas entre dos universidades españolas en el marco del Máster de Profesorado en la especialidad de Física y Química. Estas estancias, realizadas en ambos sentidos, han implicado la participación mutua en docencia, el intercambio de prácticas formativas y el desarrollo compartido de proyectos de innovación educativa. El objetivo del estudio es analizar cómo este modelo de colaboración contribuye al desarrollo de la competencia reflexiva e investigadora del profesorado en formación, así como a la mejora de los procesos formativos. Se adopta un enfoque cualitativo-comparativo basado en el análisis documental de guías docentes, el estudio de actividades formativas y la evaluación de producciones del alumnado. Los resultados evidencian la existencia de marcos formativos convergentes centrados en la reflexión sobre la práctica, la indagación didáctica y el diseño de propuestas innovadoras, así como diferencias en la implementación metodológica y en los sistemas de evaluación. Asimismo, se identifican prácticas transferibles y se constata el valor de la colaboración interinstitucional como motor de desarrollo profesional docente. Se concluye que las estancias académicas bidireccionales constituyen un dispositivo formativo relevante para integrar docencia, innovación e investigación en la formación inicial del profesorado de ciencias.

PALABRAS CLAVE: formación del profesorado; didáctica de las ciencias; colaboración interuniversitaria; innovación educativa; práctica reflexiva

ABSTRACT: This paper analyzes a set of bidirectional academic stays developed between two Spanish universities within the framework of the Master's degree in Secondary Education Teacher Training, specializing in Physics and Chemistry. These stays involved mutual participation in teaching, exchange of educational practices, and joint development of innovation projects. The aim of the study is to examine how this collaborative model contributes to the development of reflective and research competencies among pre-service teachers, as well as to the improvement of training processes. A qualitative-comparative approach was adopted, based on document analysis, examination of teaching activities, and evaluation of student productions. Results reveal convergent training frameworks focused on reflective practice, inquiry-based approaches, and the design of innovative proposals, alongside differences in methodological implementation and assessment systems. Transferable practices are identified, highlighting the relevance of interinstitutional collaboration for teacher professional development. The study concludes that bidirectional academic stays constitute a valuable strategy for integrating teaching, innovation, and research in initial science teacher education.

KEYWORDS: teacher education; science teaching; interuniversity collaboration; educational innovation; reflective practice

INTRODUCCIÓN

La formación inicial del profesorado de ciencias ha experimentado una transformación significativa en las últimas décadas, orientándose hacia modelos que integran la reflexión sobre la práctica, la investigación educativa y la innovación como componentes esenciales del desarrollo profesional docente (Cochran-Smith y Lytle, 1999; Schön, 1983; Zeichner y Liston, 1996;). En este contexto, la colaboración interuniversitaria emerge como un elemento clave para enriquecer los procesos formativos, favoreciendo el intercambio de conocimientos, prácticas y enfoques didácticos (Avalos, 2011; Darling-Hammond et al., 2017).

Las estancias académicas del profesorado constituyen un dispositivo particularmente relevante en este sentido, al permitir la inmersión en contextos formativos diversos, el análisis comparado de prácticas docentes y la construcción compartida de conocimiento profesional (Putnam y Borko, 2000; Opfer y Pedder, 2011). En el ámbito de la didáctica de las ciencias, este tipo de experiencias contribuye a superar enfoques aislados y promueve el desarrollo de comunidades de práctica orientadas a la mejora de la enseñanza (Lave y Wenger, 1991; Wenger, 1998).

La presente comunicación analiza un conjunto de estancias bidireccionales desarrolladas entre dos universidades españolas que comparten docencia en el Máster de Profesorado en la especialidad de Física y Química, con el fin de explorar su potencial formativo y su contribución al desarrollo de competencias profesionales docentes.

MARCO TEÓRICO

La formación del profesorado de ciencias se sitúa actualmente en el cruce entre la práctica reflexiva, la investigación educativa y la innovación didáctica. Desde la perspectiva del profesional reflexivo (Schön, 1983), el docente es concebido como un agente que analiza críticamente su práctica y toma decisiones fundamentadas en contextos complejos.

Este enfoque se ve reforzado por la noción de *"teacher as researcher"*, que plantea la investigación como parte constitutiva de la práctica docente (Cochran-Smith y Lytle, 1999; Latorre, 2015). En la enseñanza de las ciencias, diversos trabajos han subrayado la importancia de formar docentes capaces de identificar problemas didácticos relevantes, diseñar propuestas innovadoras y evaluar su impacto (Abell, 2007; Mellado et al., 2018; Vilches y Gil-Pérez, 2004).

Asimismo, la literatura destaca el papel de las comunidades de práctica en el aprendizaje profesional docente, donde el conocimiento se construye de manera social y situada (Lave y Wenger, 1991; Wenger, 1998). En este sentido, las colaboraciones interinstitucionales y las estancias académicas pueden entenderse como contextos privilegiados para el desarrollo de dichas comunidades (Vescio et al., 2008).

Por otro lado, la investigación sobre desarrollo profesional docente señala que los procesos más efectivos son aquellos que integran la práctica, la reflexión y la colaboración sostenida en el tiempo (Darling-Hammond et al., 2017; Desimone, 2009), características que se alinean con el modelo de estancias analizado en este estudio.

METODOLOGÍA

Se adopta un enfoque cualitativo-comparativo, adecuado para el análisis de procesos formativos complejos en contextos naturales y para la comprensión de prácticas educativas en profundidad (Denzin y Lincoln, 2018). Este enfoque permite interpretar las colaboraciones bidireccionales como fenómenos situados, atendiendo tanto a sus características estructurales como a sus dinámicas de implementación.

Diseño de la investigación

El estudio se configura como un diseño de estudio de casos múltiples (Stake, 2006; Yin, 2018), en el que cada contexto universitario constituye un caso, y las colaboraciones bidireccionales actúan como unidad de análisis transversal. Este diseño posibilita la identificación de patrones comunes y

diferencias significativas entre contextos, así como la exploración del potencial de transferencia de prácticas formativas. Las colaboraciones analizadas se caracterizan por:

- Participación mutua del profesorado en la docencia de asignaturas vinculadas a la innovación e investigación educativa en Física y Química
- Intercambio sistemático de enfoques didácticos y estrategias metodológicas
- Desarrollo compartido de actividades y proyectos de innovación educativa.

Diseño de la investigación

Se han considerado múltiples fuentes de información con el fin de garantizar la representatividad y profundidad del análisis:

- Documentos institucionales: guías docentes, programas de asignatura, criterios de evaluación y materiales didácticos
- Prácticas de aula: actividades desarrolladas en contextos de docencia compartida, incluyendo tareas de innovación e investigación educativa
- Producciones del alumnado: proyectos de innovación, informes reflexivos y trabajos académicos elaborados en el marco de las asignaturas

Procedimiento de análisis

El análisis de la información se llevó a cabo mediante un análisis de contenido de carácter manual, apoyado en el uso de escalas de valoración cualitativa diseñadas específicamente para este estudio. Dichas escalas, que contenían los ítems e indicadores clave de las prácticas formativas, fueron validadas previamente por el equipo investigador para asegurar su pertinencia.

Para garantizar el rigor, la validez y la fiabilidad de la investigación, se aplicó una estrategia de triangulación de investigadores y fuentes. El hecho de que tres de los cuatro autores fueran los propios profesores implicados en las estancias facilitó un proceso continuo de *member checking* (validación por los participantes), donde las interpretaciones y categorías identificadas fueron discutidas y consensuadas por la totalidad del equipo, asegurando la consistencia interna de los hallazgos y minimizando los sesgos individuales.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

El análisis conjunto de las guías docentes, la implementación real de las asignaturas y las actividades de innovación desarrolladas permite identificar un modelo formativo compartido, articulado en torno a la integración de innovación, investigación y práctica docente, así como diferencias en su concreción.

Convergencias en el enfoque formativo

Tanto en la planificación docente como en la práctica, ambas asignaturas comparten un enfoque centrado en el desarrollo de la competencia reflexiva e investigadora del profesorado en formación. En ambos contextos se promueve:

- El análisis crítico de la práctica docente
- El diseño de propuestas de innovación educativa
- La utilización de herramientas básicas de investigación educativa

En la Universidad de Zaragoza [anónimizado para revisión], este enfoque se explicita en el objetivo de "formar docentes capaces de mejorar continuamente su práctica mediante el diseño y evaluación de proyectos de innovación". De forma coherente, en la Universidad de Córdoba [anónimizado para revisión] se plantea el desarrollo de competencias vinculadas a la investigación educativa y la innovación docente en Física y Química. Además, en ambos contextos se observa una clara integración entre innovación, evaluación e investigación como dimensiones interdependientes del desarrollo profesional docente, tal como se representa en el diseño de la asignatura de la Universidad de Zaragoza.

Metodologías activas y diseño de proyectos

Uno de los elementos más relevantes identificados es la centralidad del diseño de proyectos como eje metodológico.

En la Universidad de Zaragoza, la implementación concreta de la asignatura se basa en un enfoque de aprendizaje basado en diseño de proyectos de innovación e investigación, integrando estrategias como el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el *design thinking*. Este enfoque se traduce en:

- Talleres de diseño de proyectos
- Procesos iterativos (empatizar, definir, idear, prototipar, evaluar)
- Producciones diversas (memorias, vídeos y audioinfografías, auto- y co-evaluaciones)

Asimismo, se incorporan dinámicas de aprendizaje cooperativo desde el inicio, como actividades de diagnóstico del grupo mediante herramientas digitales (p. ej., *Wooclap*) y debates reflexivos a través de foros alojados en el curso Moodle de la asignatura, que favorecen la implicación del alumnado en su propio proceso formativo.

En la Universidad de Córdoba, aunque el diseño metodológico aparece menos explicitado en términos de modelos concretos, se observa una orientación similar basada en:

- Análisis de investigaciones educativas
- Diseño de propuestas de innovación
- Trabajo práctico y reflexión sobre la enseñanza

Recursos y materiales para el desarrollo de competencias docentes

Un aspecto especialmente relevante es el uso de recursos y contextos auténticos como mediadores del aprendizaje docente.

En el caso de la Universidad de Zaragoza, los materiales de enseñanza-aprendizaje, las tareas entregables y los productos finales (memorias, constructos audiovisuales, informes de auto- y co-evaluación mediante instrumentos construidos y consensuados por el grupo-clase) constituyen herramientas clave para desarrollar competencias relacionadas con la reflexión, la comunicación y la evaluación de la práctica docente.

Por su parte, en la Universidad de Córdoba se identifican experiencias de innovación que amplían el escenario formativo más allá del aula universitaria. Un ejemplo relevante es la actividad "Ciencia en el parque", desarrollada en las jornadas de innovación educativa, en la que el alumnado participa en experiencias prácticas de enseñanza de la física mediante juegos y contextos informales. Este tipo de actividades:

- Favorecen la conexión entre teoría y práctica
- Promueven el uso de materiales didácticos contextualizados
- Desarrollan competencias docentes vinculadas a la divulgación, la creatividad y la adaptación a diferentes contextos educativos

Diferencias en la concreción metodológica y evaluativa

A pesar de las convergencias, se identifican también diferencias relevantes:

- Grado de explicitación metodológica: en Universidad de Zaragoza se presenta un modelo didáctico claramente estructurado (ABP + *design thinking*), mientras que en Universidad de Córdoba el enfoque es más abierto y flexible.
- Tipos de productos finales: Universidad de Zaragoza incorpora formatos diversos (vídeos, infografías, generación de imágenes mediante IA, instrumentos de evaluación), mientras que Universidad de Córdoba mantiene un mayor peso de producciones académicas más tradicionales.

- Contextualización de las actividades: Universidad de Córdoba integra en mayor medida experiencias en contextos reales o no formales, mientras que Universidad de Zaragoza enfatiza el trabajo de diseño en el aula universitaria, combinando seminarios participativos y talleres prácticos.

Síntesis interpretativa y contraste

El análisis conjunto muestra que las colaboraciones bidireccionales han permitido articular un modelo formativo compartido basado en:

- La integración de innovación, investigación y evaluación
- El aprendizaje activo mediante el diseño de proyectos
- El uso de recursos y materiales como herramientas para el desarrollo de competencias docentes

Al mismo tiempo, las diferencias identificadas enriquecen el modelo, aportando complementariedad entre enfoques más estructurados y experiencias más contextualizadas. En conjunto, los resultados evidencian que estas colaboraciones bidireccionales contribuyen a configurar entornos formativos más complejos y completos, favoreciendo el desarrollo de un profesorado de ciencias capaz de diseñar, implementar y analizar propuestas didácticas fundamentadas:

Tabla 1. Comparación de los enfoques formativos en las asignaturas de innovación e investigación educativa en Física y Química

Dimensión	Universidad de Zaragoza	Universidad de Córdoba
Enfoque de la innovación educativa	Integración explícita de innovación, investigación y evaluación como ejes interrelacionados del proceso formativo	Relación estrecha entre innovación e investigación, con énfasis en el análisis de prácticas y diseño de propuestas didácticas
Metodología didáctica	Aprendizaje basado en diseño de proyectos (ABP + *design thinking*), con estructura metodológica claramente definida	Metodología interactiva y flexible basada en análisis de investigaciones, diseño de innovaciones y trabajo práctico
Actividades de aprendizaje	Talleres de diseño, coevaluación, uso de herramientas digitales (Wooclap), elaboración de productos multimodales	Análisis de investigaciones, diseño de propuestas didácticas y participación en actividades de innovación educativa
Recursos y materiales	Uso de materiales digitales, tareas entregables, vídeos, infografías y herramientas de evaluación formativa	Uso de contextos reales y materiales didácticos contextualizados (p. ej., actividades como "Ciencia en el parque")
Nivel de reflexión crítica	Integración de autoevaluación, coevaluación y reflexión sobre el proceso de diseño de proyectos	Reflexión crítica a partir del análisis de prácticas, experiencias y propuestas de innovación
Coherencia teoría-práctica	Articulación mediante el diseño iterativo de proyectos y su evaluación	Vinculación a través de actividades aplicadas y experiencias en contextos educativos reales
Desarrollo de competencias investigadoras	Introducción a herramientas de investigación y análisis de artículos, integradas en el diseño de proyectos	Formación en investigación educativa y diseño de propuestas fundamentadas en didáctica de las ciencias
Sistema de evaluación	Evaluación diversificada: informes, proyecto, presentación, coevaluación y productos multimodales	Evaluación basada en producciones del alumnado, proyectos y participación, con distribución equilibrada de instrumentos

Como se observa en la Tabla 1, ambas propuestas comparten un marco formativo común, aunque presentan diferencias en la concreción metodológica y en el uso de recursos, lo que evidencia el carácter complementario de las colaboraciones bidireccionales analizadas.

La comparativa evidencia que, aunque las metodologías de implementación difieren, ambos modelos convergen en la importancia de la reflexión sobre la acción. Estos resultados convergen con investigaciones previas que señalan que el desarrollo profesional docente es más efectivo cuando se basa en la colaboración sostenida y el intercambio de experiencias (Darling-Hammond et al., 2017). La complementariedad detectada entre el enfoque estructurado de una de las instituciones y el contexto de aplicación real de la otra refuerza la tesis de Wenger (1998) sobre las comunidades de práctica:

el crecimiento profesional no surge de la uniformidad, sino de la creación de marcos de referencia compartidos que permiten la transferencia de innovaciones entre contextos diversos.

CONCLUSIONES

El análisis realizado evidencia que las colaboraciones bidireccionales entre ambas universidades configuran un marco formativo coherente para la formación inicial del profesorado de Física y Química, basado en la integración de innovación, investigación y reflexión sobre la práctica.

Se observa una clara convergencia en los enfoques formativos, centrados en el desarrollo de la competencia reflexiva e investigadora mediante el diseño de propuestas de innovación. Al mismo tiempo, las diferencias en la concreción metodológica y en el uso de recursos aportan complementariedad entre contextos, enriqueciendo el proceso formativo.

Asimismo, los recursos y materiales didácticos, junto con las experiencias en contextos reales, desempeñan un papel relevante en el desarrollo de competencias docentes.

En conjunto, los resultados ponen de manifiesto el valor de las colaboraciones interuniversitarias como estrategia para mejorar la formación del profesorado de ciencias y favorecer la construcción compartida de conocimiento didáctico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Routledge.

Avalos, B. (2011). Teacher professional development in Teaching and Teacher Education. *Teaching and Teacher Education, 27*, 10–20.

Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (1999). Relationships of knowledge and practice. *Review of Research in Education, 24*, 249–305.

Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). Effective teacher professional development. Learning Policy Institute.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development. *Educational Researcher, 38*(3), 181–199.

Latorre, A. (2015). *La investigación-acción*. Graó.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning*. Cambridge University Press.

Mellado, V. (2011). Las concepciones del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 29*(3), 289–304.

Mellado, V., Borrachero, A. B., & Dávila, M. A. (2018). Formación del profesorado de ciencias. *Revista Eureka, 15*(1), 1103–1120.

Opfer, V. D., & Pedder, D. (2011). Conceptualizing teacher professional learning. *Review of Educational Research, 81*(3), 376–407.

Putnam, R. T., & Borko, H. (2000). What do new views say? *Educational Researcher, 29*(1), 4–15.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner*. Basic Books.

Vescio, V., Ross, D., & Adams, A. (2008). A review of research on professional learning communities. *Teaching and Teacher Education, 24*, 80–91.

Vilches, A., & Gil-Pérez, D. (2004). Formación del profesorado de ciencias. *Educación Química, 15*(1), 43–51.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice*. Cambridge University Press.

Zeichner, K. M., & Liston, D. P. (1996). *Reflective teaching*. Lawrence Erlbaum Associates.

Percepciones del profesorado sobre la implementación de metodologías activas en la enseñanza de las Ciencias Naturales

Marcela Openheimer[1], Marcelo Alves Barros[2] y Carme Grimalt Álvaro[3]

[1] Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Brasil

[2] Instituto de Física, Universidade de São Paulo, Brasil

[3] Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales, Universitat Autònoma de Barcelona, España

* Correspondencia: marcela-openheimer@outlook.com

RESUMEN: Este estudio tuvo como objetivo investigar las percepciones de los docentes de ciencias de educación básica respecto a la implementación de metodologías de aprendizaje activo en la enseñanza, dentro de un contexto de educación continua. La investigación se desarrolló a partir de un curso en el que participaron estudiantes de pregrado y profesores de la Universidad de São Paulo, analizando los informes de cuatro docentes que planificaron y aplicaron secuencias didácticas basadas en metodologías activas en escuelas públicas. Los datos se recopilaron mediante presentaciones grabadas y posteriormente transcritas, y se analizaron utilizando técnicas de análisis de contenido. Los docentes reportaron mayor participación estudiantil, desarrollo de habilidades argumentativas y ampliación de posibilidades pedagógicas, así como cambios en sus concepciones de enseñanza y aprendizaje. Se concluye que la educación continua, cuando se lleva a cabo de manera reflexiva y contextualizada, puede contribuir significativamente a la implementación de metodologías activas, aunque su consolidación depende del apoyo institucional y de mejores condiciones laborales para los docentes.

PALABRAS CLAVE: Metodologías activas; formación continua del profesorado; enseñanza de las ciencias.

ABSTRACT: This study aimed to investigate the perceptions of science teachers in basic education regarding the implementation of active learning methodologies in teaching, within a continuing education context. The research was developed from a course in which undergraduate students and professors from the University of São Paulo participated, analyzing the reports of four teachers who planned and applied teaching sequences based on active methodologies in public schools. Data were collected through recorded and subsequently transcribed presentations, and analyzed using content analysis techniques. The teachers reported greater student participation, development of argumentative skills, and expansion of pedagogical possibilities, as well as changes in their conceptions of teaching and learning. It is concluded that continuing education, when conducted in a reflective and contextualized manner, can significantly contribute to the implementation of active methodologies, although its consolidation depends on institutional support and better working conditions for teachers.

KEYWORDS: active methodologies; continuing teacher training; science education.

INTRODUCCIÓN

El creciente interés por las metodologías de enseñanza activas ha movilizado a diferentes segmentos de la educación brasileña, especialmente después de la implementación de la Base Curricular Común Nacional (BNCC), que refuerza la centralidad del protagonismo del estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Brasil, 2017). Estas metodologías, entendidas como estrategias que favorecen la autonomía, la resolución de problemas y el aprendizaje significativo (Ausubel, 2003; Bacich y Moran, 2018), se presentan como una alternativa a la enseñanza tradicional y exigen nuevas formas de actuación docente.

Sin embargo, como señalan Penna (2024) y Nascimento et al. (2021), la implementación efectiva de estas metodologías en la Educación Básica enfrenta desafíos concretos en la vida diaria de los docentes, tales como limitaciones de infraestructura, capacitación insuficiente y falta de tiempo para la planificación de actividades. Investigaciones recientes indican que muchos docentes se sienten presionados a adoptar metodologías activas sin la preparación necesaria, lo que a menudo resulta en la simple reproducción de propuestas prefabricadas, poco adaptadas a las especificidades de sus realidades escolares (Penna, 2024).

Esto limita el potencial de estas propuestas y puede dificultar su adopción en el contexto escolar. En este contexto, la formación continua se revela como un factor determinante. Cuando se ofrece de manera reflexiva, contextualizada y colaborativa, puede contribuir al desarrollo de conocimientos docentes orientados a la innovación (Fernandes et al., 2021; Penna, 2024).

Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo investigar las percepciones del profesorado, que participa en formación continua, de Ciencias Naturales en Educación Básica respecto a la implementación de metodologías activas en un contexto de formación continua. Estas percepciones permiten comprender cómo el profesorado interpreta los procesos formativos y los desafíos presentes en su práctica cotidiana. De esta manera, comprender estas percepciones permite identificar vías para la construcción de procesos de formación orientados a la reflexión crítica, la autonomía profesional y el fortalecimiento de la calidad de la educación pública.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Las metodologías activas se entienden como enfoques de enseñanza que sitúan al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje, valorando su participación activa, la resolución de problemas, la investigación y la colaboración (Bacich y Moran, 2018). Según Ausubel (2003), estas metodologías contribuyen a un aprendizaje significativo al alentar a los estudiantes a construir conocimiento a partir de experiencias previas y la interacción con el entorno. En este sentido, estas metodologías buscan superar modelos centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos.

Sin embargo, la incorporación significativa de metodologías activas en el contexto escolar depende en gran medida de la formación docente. En este sentido, la formación continua se presenta como un espacio privilegiado para la (re)construcción del conocimiento y las prácticas pedagógicas. Se trata de un proceso de reflexión sobre la práctica docente orientado al desarrollo profesional (Tardif, 2002). A diferencia de la formación inicial, la formación continua debe respetar el contexto del docente, su conocimiento experiencial, sus condiciones laborales y sus necesidades de formación. La formación continua eficaz es aquella que reconoce y potencia este conocimiento, promoviendo un espacio para la capacitación colaborativa y dialógica, como argumentan Fernandes et al. (2021). Esta articulación favorece una participación más activa de los docentes en la elaboración de sus prácticas pedagógicas.

Los cambios pedagógicos implican no solo nuevas estrategias, sino también transformaciones en las creencias docentes. Los datos de este trabajo muestran que, al experimentar la capacitación con metodologías activas, los docentes reformularon sus concepciones y comenzaron a vislumbrar nuevas posibilidades pedagógicas.

Sin embargo, incluso con una buena capacitación, la implementación de prácticas innovadoras encuentra resistencia. Las barreras son diversas: desde infraestructuras precarias hasta la resistencia de estudiantes y colegas, pasando por currículos rígidos y la falta de tiempo para la planificación. Penna (2024) sostiene que la promoción de metodologías activas, a menudo bajo el discurso de la innovación, exige que el docente sea responsable del cambio sin el apoyo adecuado.

Por lo tanto, es fundamental comprender que la formación docente no puede disociarse de las condiciones objetivas de trabajo. Nascimento et al. (2021) destacan que la falta de infraestructura, tiempo y apoyo institucional dificulta la implementación de metodologías activas. Esto subraya la necesidad de condiciones materiales y simbólicas que respalden las propuestas innovadoras.

Para que la práctica docente tenga una base teórica, las metodologías activas deben fundamentarse en teorías del aprendizaje. El constructivismo de Piaget (1973) sostiene que el conocimiento es construido activamente por el sujeto, mientras que Vygotsky (1992) enfatiza la mediación social y el lenguaje en el aprendizaje, especialmente a través del concepto de la zona de desarrollo próximo.

Estas contribuciones teóricas convergen en la idea de que el aprendizaje es un proceso activo, social y reflexivo. Las metodologías activas, al movilizar estos principios, tienen el potencial de transformar la relación del estudiante con el conocimiento, así como el rol del docente en el aula. En este sentido, la formación continua como herramienta para que los docentes implementen metodologías activas debe ser contextualizada, reflexiva y colaborativa, capaz de generar transformaciones significativas no solo en las prácticas, sino también en las creencias, los valores y la identidad de los docentes.

METODOLOGÍA

Este es un estudio cualitativo e interpretativo que analiza informes de docentes de Ciencias de Educación Básica sobre la implementación de metodologías activas tras participar en el curso de formación continua "Metodologías Activas y Marcos Pedagógicos para el Coaprendizaje en Ciencias Naturales", impartido entre agosto y diciembre de 2024, con una carga de trabajo de 45 horas.

El curso tuvo como objetivo, a través de experiencias, análisis y propuestas de lecciones: i) brindar apoyo para la planificación de lecciones y secuencias didácticas centradas en el aprendizaje del estudiante; ii) promover el desarrollo de competencias pedagógicas clave para la enseñanza; iii) planificar lecciones basadas en objetivos de aprendizaje, incluyendo situaciones de aprendizaje activo; iv) desarrollar metodologías de evaluación coherentes y pertinentes para el aprendizaje y para las características del alumnado y la materia; y v) relacionar las prácticas de aprendizaje activo con los marcos teóricos del aprendizaje y el desarrollo humano.

Los temas tratados durante las clases fueron: i) Introducción a las metodologías activas: aprendizaje centrado en el estudiante frente a aprendizaje centrado en el contenido; ii) panorama general de los elementos esenciales para la implementación de metodologías activas; iii) el desafío STEAM; iv) planificación centrada en el estudiante: adaptación de la planificación de lecciones para promover la autonomía; v) planificación inversa: teoría, práctica y la secuencia didáctica como herramienta de planificación; vi) reformulación de estrategias para desarrollar habilidades centradas en el aprendizaje del estudiante; vii) evidencia científica que respalda las metodologías activas y la necesidad de cambio; viii) relación entre las metodologías activas y las teorías de aprendizaje establecidas, como el constructivismo en la educación científica. ix) principios de autonomía intelectual y desarrollo del pensamiento crítico: metacognición en el proceso de aprendizaje; x) relación entre concepciones de enseñanza y aprendizaje y datos de neurociencia; xi) evaluación centrada en el estudiante: métodos de evaluación que reflejan el aprendizaje activo; y xii) términos comunes relacionados con metodologías activas (sistematización).

El curso se diseñó con base en la metodología de aula invertida, en la que los participantes estudiaron los materiales con antelación y, durante las sesiones, experimentaron y debatieron diferentes metodologías activas. Participaron 12 estudiantes de pregrado, 16 docentes y 2 monitores afiliados a la Universidad de São Paulo (USP), en los campus de São Carlos y São Paulo. No obstante, para este estudio se consideraron únicamente los datos producidos por cuatro docentes de educación básica en ejercicio, quienes participaban en el curso como parte de su formación continua. Los datos se recopilaron mediante presentaciones realizadas el último día del curso, en las que estos docentes, organizados en parejas, informaron sobre la planificación y aplicación de secuencias de enseñanza basadas en metodologías activas en escuelas públicas.

Las presentaciones fueron grabadas, transcritas y analizadas utilizando el método de análisis de contenido propuesto por Bardin (2011). El análisis se desarrolló en tres etapas principales: preanálisis, exploración del material y procesamiento, inferencia e interpretación de los resultados. En el preanálisis, se realizó una lectura preliminar de las transcripciones para familiarizarse con el contenido y definir el corpus. A continuación, en la fase de exploración del material, se codificaron las unidades de grabación; en este caso, extractos de los discursos de los docentes que expresaban percepciones relacionadas con la implementación de metodologías activas en el contexto de la formación continua. Las unidades se organizaron en categorías temáticas definidas durante el proceso analítico, considerando la recurrencia temática y la relevancia interpretativa de los discursos de los participantes. Con el fin de fortalecer la fiabilidad del análisis, las categorías temáticas fueron revisadas por los autores y trianguladas con los datos empíricos y la literatura especializada sobre metodologías activas y formación docente,

buscando ampliar la consistencia interpretativa y reducir posibles sesgos. Finalmente, en la etapa de procesamiento e interpretación de los resultados, el objetivo fue resaltar los significados atribuidos por los sujetos a sus experiencias vividas, así como las regularidades y contradicciones presentes en los discursos, articulando los hallazgos con el marco teórico utilizado en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las categorías que surgieron del análisis de las declaraciones de los docentes fueron cinco: 1) Adaptación de metodologías activas a la realidad escolar; 2) Participación y compromiso del alumnado; 3) Aprendizaje significativo y argumentación; 4) Transformaciones en las creencias y actitudes de los docentes; y 5) Límites y desafíos de la implementación de metodologías activas. Los cuatro docentes analizados fueron identificados respectivamente como: P1, P2, P3 y P4.

En cuanto a la primera categoría, "Adaptación de metodologías activas a la realidad escolar", los docentes reportaron algunas modificaciones que tuvieron que realizar en la planificación de la clase debido a eventos imprevistos, como se puede observar en la declaración de P2:

> Hay muchos estudiantes que no tienen ordenador en casa [...] Así que terminamos aplicando lo que sería la pre-clase, siempre en el aula, en este caso (P2, 2024).

El análisis de esta afirmación confirma lo que destacan Silva et al. (2021) y Santos et al. (2020), señalando que los docentes, incluso ante limitaciones como la falta de recursos y el cansancio estudiantil, buscan estrategias creativas para reorganizar las actividades. Esto demuestra que la adopción de metodologías activas requiere flexibilidad y sensibilidad al contexto, reforzando la importancia de la formación continua que promueve la autonomía docente y el pensamiento crítico, como argumentan Fernandes et al. (2021).

En la segunda categoría, "Participación y compromiso estudiantil", los docentes informaron cómo observaron que los estudiantes estaban más motivados para participar en clase con la implementación de la metodología activa, como se puede apreciar en las afirmaciones de P2 y P3:

> Participaban activamente [...] En ese caso, fue positivo que participaran más [...] Es muy interesante, existen muchas metodologías, pero debemos considerarlas según la realidad del aula y de la escuela (P2, 2024).

> Observé que esto incluso ayudó en el aspecto emocional de los estudiantes [...] Con el tiempo, otros estudiantes que tenían más dificultades y eran tímidos, querían participar, y lo hicieron [...] Ese compañero más callado pudo expresar sus conocimientos (P3, 2024).

Estos informes sugieren efectos positivos asociados al uso de metodologías activas. Las declaraciones indican un aumento de la motivación, la colaboración y la expresión emocional y cognitiva entre los estudiantes, especialmente entre aquellos que antes eran más retraídos. Estos informes corroboran las conclusiones de Miranda et al. (2024) y Laste et al. (2021), quienes señalan la valoración de la experiencia activa de los estudiantes como un factor diferenciador de las metodologías de investigación.

En cuanto a la tercera categoría, "Aprendizaje significativo y argumentación", los docentes informan cómo el uso de metodologías activas promovió el aprendizaje de ciertos contenidos de manera más profunda y desarrolló las habilidades argumentativas de los estudiantes, como se observa en las declaraciones de P1, P3 y P4.

> Respecto a estas metodologías, veo algo más allá del aprendizaje conceptual. Es un marco mucho más amplio, que implica actitud, procedimiento, práctica, desarrollo de habilidades técnicas y socialización. Por lo tanto, sin duda, explora otros campos que a veces pasan desapercibidos (P1, 2024).

> [...] Y me alegré mucho, porque así sabemos que llegamos a algunos estudiantes, ¿verdad?, a quienes teóricamente no habríamos llegado (P3, 2024).

> Si logramos que los estudiantes más tímidos también debatan sobre el contenido, podemos identificar mejor lo que comprendieron del contenido [...] Como la estudiante Bárbara, a quien

> mencionó la maestra, ella tiene dificultades. Si le preguntas, no quiere hablar, al menos no conmigo. No responde si le hago una pregunta conceptual compleja. Y en esta, respondió. Incluso se dirigió al resto de la clase, con un lenguaje más directo, diciendo: esto es obvio, así es. Los estudiantes la escucharon mucho más que a mí (P3, 2024).
>
> Creo que la metodología activa saca al estudiante de su zona de confort como receptor. Así, cada vez que la aplicamos, obtenemos un mejor resultado [...] la ganancia es mucho mayor que la tradicional (P4, 2024).

Los docentes comenzaron a comprender el aprendizaje más allá de la memorización de contenidos, incorporando habilidades como argumentación y autonomía. Esta dimensión se aproxima a lo que proponen Bacich y Moran (2018) cuando destacan que las metodologías activas amplían el repertorio formativo al estimular un aprendizaje más profundo e integrado.

En la cuarta categoría, "Transformaciones en las creencias y actitudes de los docentes", algunos docentes informaron cómo cambiaron sus creencias con respecto al uso de metodologías activas en el aula, como se puede observar en las declaraciones de P1 y P2:

> Tengo casi un antes, un durante y un después [...] Así que sí, es posible. Nos exigirá mucho, pero creo que se ha abierto un poco. De hecho, al principio me resistía un poco más viendo el contexto, ahora siento… (P1, 2024).
>
> Antes pensaba que era muy difícil aplicarlo precisamente por el tema del tiempo, el tema de cómo ibas a plantearlo, la disponibilidad que tenías [...] Creo que, en mi opinión, después de todo, me siento más motivado para intentar aplicarlo cada vez mejor, de la forma que pueda, porque, en nuestra opinión, el tema del momento de su participación es mucho más importante (P2, 2024).

Esta categoría pone de relieve el carácter formativo de las experiencias vividas durante el curso. Las declaraciones revelan cambios importantes en las concepciones de la enseñanza de los participantes, quienes comenzaron a considerar las metodologías activas como viables y deseables. Estas transformaciones dialogan con Hora y Millar (2009), quienes señalan que los cambios pedagógicos sostenibles requieren la problematización de esquemas mentales y valores institucionales, así como la creación de espacios formativos que favorezcan la reflexión colectiva.

En cuanto a la quinta y última categoría, "Límites y desafíos de la implementación de metodologías activas", los docentes comentaron las dificultades que encontraron al implementarlas, como se observa en las declaraciones de P1 y P3:

> Sí, tenemos limitaciones. Lo creo. Para implementarlo tal cual, tenemos que adaptarnos, y la adaptación es un proceso algo difícil [...] exige aún más experiencia, recursos y todo lo demás por parte del profesor. Aun con dificultades, conseguimos implementarlo. Contamos con la ayuda de la dirección (P1, 2024).
>
> Entonces, controlar a 40 alumnos en silencio, respondiendo individualmente, y luego esconderlos en parejas, es algo complicado (P3, 2024).

A partir de las declaraciones de esta categoría, fue posible inferir la rigidez estructural e institucional que dificulta la consolidación de estas prácticas. La resistencia estudiantil, la rigidez curricular y la infraestructura precaria son aspectos que coinciden con las dificultades descritas por Penna (2024) y Nascimento et al. (2021). La presencia de estas barreras refuerza la necesidad de políticas de formación continua articuladas con acciones institucionales más amplias, como proponen Hora y Millar (2009), que impliquen cambios culturales y estructurales en las escuelas.

La formación continua analizada proporcionó espacios de experimentación práctica y reflexión crítica sobre la práctica docente. A través de experiencias compartidas, los profesores probaron nuevas estrategias y reinterpretaron sus prácticas, destacando la importancia de una formación situada, colaborativa y dialógica para promover cambios reales en la enseñanza de las ciencias.

CONCLUSIÓN

Los resultados muestran que la formación continua favoreció la experimentación con nuevas estrategias pedagógicas y para la reflexión crítica sobre la práctica docente. Los docentes demostraron la capacidad de adaptar metodologías activas a la realidad escolar, reportaron mayor participación e implicación del alumnado, percibieron evidencia de un aprendizaje más significativo y transformaron sus propias concepciones de la enseñanza y el aprendizaje. Al mismo tiempo, se enfrentaron a limitaciones estructurales, resistencia y dificultades prácticas que requieren apoyo institucional continuo.

En términos prácticos, los resultados sugieren que los programas de formación continua orientados a metodologías activas deben incluir espacios de planificación colaborativa entre docentes, análisis de experiencias reales de aula, acompañamiento pedagógico durante la implementación de las secuencias didácticas y momentos sistemáticos de reflexión sobre la práctica. Asimismo, se recomienda que las escuelas y sistemas educativos garanticen tiempo institucional para la planificación, acceso a recursos didácticos y apoyo de la gestión escolar, favoreciendo condiciones concretas para que las metodologías activas puedan consolidarse en la enseñanza de las ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Plátano.

Bardin, L. (2011). Análise de conteúdo. Edições 70.

Brasil. (2017). Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. MEC.

Fernandes, S. R. S., Nascimento, T. J. & Silva, F. L. G. R. (2021). Metodologias ativas e os processos didáticos: potencialidades pedagógicas em questão. In: Didática e Formação de Professores. Vol. 1, 205–220. Editora BAGAI.

Bacich, L. & Moran, J. (2018). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Penso.

Nascimento, A. F., Mesquita, A. F. S. & Viana, F. A. F. C. (2021). Percepção das metodologias ativas por professores que atuam no Estado de Minas Gerais. Research society and Development, 10(12).

Penna, B. P. (2024). Percepção dos professores sobre metodologias ativas: reflexões sobre a profissão docente [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo].

Hora, M. T., & Millar, S. B. (2009). A Final Case Study of SCALE Activities at California State University, Northridge: How Institutional Context Influenced a K–20 STEM Education Change Initiative. Wisconsin Center for Education Research.

Miranda, S. C., Calaça, F. J. S., Carvalho, R. S. C., Santos, M. L. & Carvalho, P. S. (2024). Oficinas temáticas como espaço para formação de professores: construção e validação de uma estratégia voltada ao ensino de ciências por investigação. Revista Ciências & Ideias, 15.

Silva, D. R., Morey, A. T., Miranda, T. R. S. & Marangon, T. (2021). Formação continuada de professores com metodologias ativas de ensino: dificuldades e conquistas. Revista Brasileira de Extensão Universitária, 12(3), 409–419.

Santos, A. L. C., Silva, F. V. C., Santos, L. G. T. & Feitosa, A. A. F. M. A. (2020). Dificuldades apontadas por professores do programa de mestrado profissional em ensino de biologia para o uso de metodologias ativas em escolas de rede pública na Paraíba. Brazilian Journal of Development, 6(4),21959–21973.

Laste, J. G., Marchi, M. I., Vizzotto, P. A., Oliveira, E. C. & Pino, J. C. (2021). Construção de estratégias de ensino com professores de Química: relatos de uma formação continuada. Revista Educar Mais, 5(2), 217–231.

Piaget, J. (1973). A epistemologia genética. Abril Cultural.

Tardif, M. (2002). Saberes docentes e formação profissional. Vozes.

Vygotsky, L. S. (1992). A formação social da mente (5ª Ed.). Martins Fontes.

Para comprender los sistemas ecológicos primero hay que ver las plantas: la ceguera hacia las plantas como límite del pensamiento sistémico

Ziortza Garcia-Azpiazu[1], *Ainara Achurra*[1]

[1] Departamento de Didáctica de las Matemáticas, Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU), España

RESUMEN: La ceguera hacia las plantas (del inglés, *plant blindness*) limita nuestra atención y valoración de las plantas en el entorno. Este estudio analiza las representaciones de plantas en profesorado en formación a partir de dibujos realizados en dos condiciones: observación directa y recuerdo. Se examinan los elementos morfológicos representados que configuran la estructura básica de una planta, su combinación, el uso del color y la influencia del género. Los resultados muestran una sobrerepresentación selectiva de flores, frecuentemente representadas de forma aislada. Asimismo, destaca la presencia de representaciones incompletas de la planta, en las que predominan elementos aislados frente a configuraciones estructuradas. Estas tendencias se observan en ambos grupos, aunque se acentúan en la condición de recuerdo. Desde la perspectiva del pensamiento sistémico, estos resultados sugieren que las representaciones del futuro profesorado tienden a simplificar la estructura de la planta, lo que puede dificultar su comprensión como sistema y su integración en sistemas ecológicos más amplios.

PALABRAS CLAVE: ceguera vegetal; ceguera hacia las plantas; educación científica; pensamiento sistémico

ABSTRACT: Plant blindness limits our attention to and appreciation of plants in our surroundings. This study analyzes how future teachers represent plants based on drawings created under two conditions: direct observation and recall. This analysis examines the morphological elements that make up the basic structure of a plant, their combination, the use of color, and the influence of the future teachers' gender. The results show a selective overrepresentation of flowers, which are frequently depicted in isolation. Likewise, the presence of incomplete representations of the plant stands out, in which isolated elements predominate over structured configurations. These trends are observed in both groups, although they are more pronounced in the recall condition. From the perspective of systems thinking, these results suggest that future teachers' representations tend to simplify the structure of the plant, which may hinder its understanding as a system and its integration into broader ecological systems.

KEYWORDS: plant blindness; plant awareness disparity; science education; systems thinking

INTRODUCCIÓN

La ceguera hacia las plantas (del inglés, *plant blindness*) se define como la incapacidad humana para notar, reconocer o apreciar la importancia de las plantas en el entorno cotidiano y la biosfera (Wandersee y Schussler, 1999). Este fenómeno se manifiesta, entre otros aspectos, en la falta de atención a las plantas o en el escaso interés por ellas (Wandersee y Schussler, 1999).

Diversos estudios han señalado que esta tendencia responde a causas biológicas y socioculturales (Achurra, 2022; Balding y Williams, 2016). En este sentido, se ha observado que la atención humana se dirige en mayor medida hacia los animales que hacia las plantas (Balas y Momsen, 2014; Kanske et al., 2013), así como hacia aquellos elementos de las plantas (flores coloridas o frutos) atraen más la atención y el interés de los humanos (Adamo et al., 2021; Hùla y Flegr, 2021).

El hecho de que la atención se centre en determinados elementos de las plantas y no en otros puede tener implicaciones más profundas. En particular, puede dificultar la comprensión de la planta como un

organismo estructurado, compuesto por elementos interrelacionados que configuran un sistema. Desde esta perspectiva, la ceguera hacia las plantas no solo afecta a la percepción, sino también a la manera en que se construye el modelo de "planta" como sistema, lo que abre la posibilidad de que esté relacionada con dificultades en el desarrollo del pensamiento sistémico.

Comprender qué elementos de las plantas llaman la atención de las personas y cómo los representan puede ser un paso relevante para abordar el fenómeno de la ceguera hacia las plantas. Por ello, el presente trabajo analiza los dibujos realizados por profesorado en formación como una forma de aproximarse a sus representaciones de organismo vegetal.

Así, se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué elementos de las plantas representa el profesorado en formación?, ¿Se representa la planta como sistema?, ¿Hay diferencias entre observación y recuerdo?, ¿Existen diferencias por género?

METODOLOGÍA

Este estudio se enmarca en un enfoque cualitativo-interpretativo, orientado a la exploración y análisis de las representaciones de las plantas a partir de producciones gráficas del profesorado en formación. La muestra la componen dos grupos de profesorado en formación de los Grados de Educación Infantil y Primaria que participaron en el proyecto de innovación. ¿Qué ves? Combatiendo la ceguera hacia las plantas a través del arte y la ciencia en la formación docente de la Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU). El grupo 1 estaba formado por 27 mujeres (73%) y 10 hombres (27%), mientras que el grupo 2 estaba formado por 29 mujeres (69%) y 13 hombres (31%).

Se examinaron los dibujos de ambos grupos de futuros docentes en dos condiciones diferentes. El grupo 1 elaboró sus dibujos basándose en el entorno real mediante la observación directa y recolección de las plantas en una campa, un entorno natural caracterizado principalmente por la presencia de especies herbáceas autóctonas (no plantadas, no ornamentales, no traídas de fuera). En el espacio también había árboles, pero se solicitó excluir sus hojas de la recolección. Por su parte, al grupo 2 se le solicitó que dibujase diez plantas a partir del recuerdo, siendo su repertorio mental la fuente para la representación. El lugar para realizar los dibujos en el segundo grupo fue un aula sin vistas a la vegetación. Se proporcionó a todo el futuro profesorado materiales diversos para dibujar y pintar.

En los dibujos se analizó la presencia o ausencia de elementos morfológicos básicos que configuran la estructura de una planta. Además, se recogió el número de elementos, colores y combinación de elementos por participante. Se realizó un análisis estadístico descriptivo de las variables categóricas dicotómicas mediante frecuencias. Las variables continuas se analizaron a partir de la media. Para obtener valores relativos, se dividieron las medias de los elementos morfológicos entre la media del número de especies representadas. Se definió la normalidad de las variables continuas con el análisis descriptivo y el estadístico de Kolmogorov Smirnov. Las relaciones entre las variables continuas y categóricas se realizaron mediante la prueba paramétrica t de Student para muestras independientes. Las relaciones entre las variables categóricas se realizaron mediante la prueba de Chi-cuadrado. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 29 ®.

RESULTADOS

Respecto a la presencia/ausencia de elementos morfológicos básicos que configuran la estructura de una planta, en los dibujos se puede observar que un gran porcentaje del futuro profesorado en formación dibuja flores, hojas y tallos tanto en el grupo 1 (dibujos a partir de recolección y observación) como en el 2 (dibujos a partir de la memoria). Resalta en ambos grupos la ausencia de raíces y la baja presencia de frutos (Tabla 1).

En la tabla 2 se puede observar, por un lado, el número medio relativo de elementos morfológicos básicos que dibuja cada futuro docente –en relación con las especies dibujadas-, y, por otro lado, si existen diferencias en dichas medias en base al género. El número medio de especies dibujado en cada grupo es 5,57 en el grupo 1 y 9,86 en el grupo 2. Se puede observar también una alta presencia de flores

en los dibujos de los dos grupos. En el grupo 1, aproximadamente la mitad de las plantas dibujadas incluyen flor (?=0,47), y una proporción similar de plantas están representadas solo por hojas (?=0,51). Asimismo, aparecen en menor medida flores dibujadas de manera aislada, sin hojas asociadas (?=0,16). En el grupo 2, el alumnado dibuja plantas con flores (?=0,26) o flores de manera aislada (?= 0,35). La cantidad relativa de flores (?=0,59) es muy similar a la de hojas (?=0,58). No se observan diferencias estadísticamente significativas respecto a la cantidad de elementos morfológicos básicos que configuran la estructura de una planta que el profesorado en formación ha dibujado dependiendo del género.

Tabla 1: Presencia y ausencia de elementos morfológicos básicos que configuran la estructura de la planta en los dibujos del profesorado en formación, por grupo. Los datos se presentan en frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%).

	GRUPO 1		GRUPO 2	
	PRESENCIA n (%)	AUSENCIA n (%)	PRESENCIA n (%)	AUSENCIA n (%)
FLORES	33 (89,2%)	4 (10,8%)	42 (100%)	0
HOJAS	37 (100%)	0	42 (100%)	0
TALLO	36 (97,3%)	1 (2,7%)	42 (100%)	0
RAÍCES	1 (2,7%)	36 (97,3%)	0	42 (100%)
FRUTOS	5 (13,5%)	32 (86,5%)	28 (66,7%)	14 (33,3%)

Tabla 2. Número medio relativo de elementos morfológicos básicos que configuran la estructura de la planta en los dibujos del futuro profesorado, por grupo y género. Los valores relativos se han calculado en función del número de especies representadas por cada participante.

	GRUPO 1		GRUPO 2	
	MEDIA	p valor género	MEDIA	p valor género
FLORES (aisaldas o con hojas)	0,43	0,44	0,59	0,07
HOJAS (aisladas o con flores)	0,77	0,97	0,58	0,79
FLORES Y HOJAS	0,27	0,34	0,26	0,44
FLORES aisladas	0,16	0,03	0,35	0,45
HOJAS aisladas	0,51	0,12	0,34	0,07
Número de ESPECIES	5,57	0,77	9,86	0,34

Tabla 3. Uso de colores en la representación de los elementos morfológicos de las plantas en los dibujos del futuro profesorado, por grupo y sexo. Los valores se expresan como frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%)

	GRUPO 1			GRUPO 2		
	PRESENCIA n (%)	AUSENCIA n (%)	p valor género	PRESENCIA n (%)	AUSENCIA n (%)	p valor género
VERDE	37 (100%)	0		42 (100%)	0	
MARRÓN	28 (75,7%)	9 (24,3%)	0,21	32 (76,2%)	10 (23,8%)	0,05
ROJO	20 (54,1%)	17 (45,9%)	0,76	37 (88,1%)	5 (11,9%)	0,13
MORADO	20 (54,1%)	17 (45,9%)	0,66	28 (66,7%)	14 (33,3%)	0,06
ROSA	19 (51,4%)	18 (48,6%)	0,52	39 (92,9%)	3 (7,1%)	0,16
AMARILLO	25 (67,6%)	12 (32,4%)	0,07	42 (100%)	0	
BLANCO	13 (35,1%)	24 (64,9%)	0,70	37 (88,1%)	5 (11,9%)	0,64
AZUL	9 (24,3%)	28 (75,7%)	0,71	21 (50%)	21 (50%)	0,31
NEGRO	21 (56,8%)	16 (43,2%)	0,08	22 (52,4%)	20 (47,6%)	0,89

Respecto al uso de los colores en los dibujos (Tabla 3) el 100% del profesorado en formación usa el color verde en uno o más dibujos, tanto en el grupo 1 como en el grupo 2. Respecto a la existencia del uso de colores dependiendo del género, únicamente se observan diferencias estadísticamente en el grupo 2 en el uso del color marrón.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran la existencia de patrones en la representación de las plantas por parte del futuro profesorado, caracterizados por una selección no equilibrada de los elementos morfológicos básicos que configuran la estructura de una planta. Se observa una alta presencia de flores en los dibujos, tanto de manera aislada como integradas en las plantas dibujadas. Este dato se repite en los dos grupos. Asimismo, destaca la práctica ausencia de raíces y frutos en los dibujos de los dos grupos. Respecto al uso de los colores, no se observan diferencias significativas en base al género.

Respecto al grupo que recolecta y observa plantas (grupo 1), se identifica un patrón claro: mientras que algunas estructuras desaparecen (como las raíces), otras se sobrerepresentan, las flores. Esta afirmación se sustenta en varios resultados: i) las flores están presentes en el 89% de los dibujos; ii) solo el 51% de las plantas representadas aparecen únicamente con hojas, sin flor; iii) casi la mitad de las plantas dibujadas (43%) aparecen con flor; iv) la flor aparece dibujada aislada, sin hojas, en numerosos dibujos (37% de las flores dibujadas). Esta sobrerepresentación de flores en el grupo 1 resulta especialmente significativa si se considera que en la campa (entorno observado) no todas las plantas están en flor ni todas las herbáceas tienen flor evidente. Esto sugiere un sesgo atencional hacia las flores por parte del futuro profesorado. Este sesgo puede explicarse por el carácter saliente de las flores, que actúan como puntos de fijación atencional debido a sus características visuales, especialmente el color. Las flores, por tanto, adquieren un peso desproporcionado en la representación de las plantas. Este fenómeno puede interpretarse como una manifestación de ceguera hacia las plantas, en la medida en que ciertos elementos visibles (las flores) se sobrerepresentan, mientras que otros elementos estructurales del organismo vegetal quedan invisibilizados (Achurra, 2022).

A partir de los resultados del grupo 1, se concluye que, incluso en condiciones de observación directa, la flor tiene un peso relevante en la representación. Es decir, la observación directa de plantas reales no elimina la ceguera hacia las plantas.

En el grupo que dibuja las plantas a partir del recuerdo (grupo 2), los resultados muestran un patrón aún más acusado de simplificación en la representación de las plantas. Por un lado, la proporción de flores es elevada (? = 0,59) y muy similar a la de hojas (? = 0,58). Sin embargo, destaca especialmente que el 60% de plantas recordadas tienen flor. Además, al analizar la proporción de flores aisladas respecto al total de flores representadas, se observa que esta alcanza valores elevados (57%), lo que refuerza la idea de una representación simplificada. Estos resultados sugieren que, en ausencia de observación directa, la representación de las plantas se apoya en un repertorio mental limitado y estereotipado, en el que la flor adquiere un papel central. En este sentido, la flor no solo se sobrerepresenta, sino que parece funcionar como un símbolo de la planta en sí misma. Este fenómeno puede interpretarse también como una manifestación de ceguera hacia las plantas, en la medida en que la estructura de la planta se simplifica y se reduce a aquellos elementos más visibles o salientes, mientras que otros componentes estructurales quedan ausentes (Achurra, 2022).

La comparación entre ambos grupos permite profundizar en la interpretación de los resultados. Pese a que en los dos grupos se sobredimensionen las flores en detrimento de las hojas, si se compara la presencia de hojas en los dos grupos, se puede observar que en el grupo 1 (basado en la observación directa; 77%) hay más presencia de hojas que en el grupo 2 (basado en la memoria; 58%), grupo en el que también aumenta también la presencia de flores aisladas (57% versus 37%). En este sentido, la observación directa de las plantas no corrige los sesgos cognitivos anteriormente mencionados, pero sí parece atenuar la ceguera hacia las plantas, favoreciendo una representación algo más completa. No obstante, en ambos grupos persiste una dificultad para integrar los distintos elementos morfológicos en una representación coherente de la planta.

Las diferencias observadas entre ambos grupos sugieren que la observación puede desempeñar un papel relevante si se plantea de forma intencional. En este sentido, se propone la observación guiada como estrategia educativa, orientada a dirigir la atención del futuro profesorado hacia los distintos elementos morfológicos que configuran la estructura de la planta y a favorecer su integración en una representación más completa. Este tipo de enfoque podría contribuir a superar la tendencia a centrarse en elementos salientes, como las flores, y facilitar una comprensión más estructurada de las plantas.

Finalmente, sobre el uso de los colores en base al género, no se observaron a penas diferencias estadísticamente significativas (únicamente en el uso del color marrón en el grupo 2). Este dato contrasta con estudios previos (Hurlbert y Ling, 2007) que han señalado diferencias la preferencia de colores respecto al género, lo que podría indicar que, en este contexto, dichas diferencias no se observan de forma sistemática.

Desde la perspectiva del pensamiento sistémico, estos resultados sugieren que la ceguera hacia las plantas no solo implica una falta de atención, sino una limitación en la forma en que se construye el modelo "planta" como sistema. Por un lado, la simplificación y fragmentación observadas indican dificultades para representar la planta como un sistema estructurado, compuesto por componentes interrelacionados, en el que tienen lugar procesos que dan lugar a distintos fenómenos. Por otro lado, en un sistema ecológico resulta difícil comprender sus mecanismos y fenómenos si ya existen limitaciones en la comprensión de uno de sus componentes fundamentales, las plantas. En este sentido, la ceguera hacia las plantas puede entenderse como un límite cognitivo de primer orden para el pensamiento sistémico, ya que afecta tanto a la comprensión de la planta como sistema en sí misma como a su papel dentro de los sistemas ecológicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó dentro del grupo de investigación KOMATZI (GIU21/031), financiado por la UPV/EHU y del proyecto PID2022-137010OB-I00, subvencionado por MCIN /AEI/10.13039/501100011033 / FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Achurra A. (2022) Plant blindness: A focus on its biological basis. *Frontiers in Education*, *7*, 963448. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.963448

Adamo, M., Chialva, M., Calevo, J., Bertoni, F., Dixon, K., y Mammola, S. (2021). Plant scientists' research attention is skewed towards colourful, conspicuous and broadly distributed flowers. *Nature Plants*, *7*, 574 – 578. https://doi.org/10.1038/s41477-021-00912-2

Balas, B., y Momsen, J. L. (2014). Attention "blinks" differently for plants and animals. *CBE Life Science Education*, *13*, 437 – 443. https://doi.org/10.1187/cbe.14-05-0080

Balding, M., y Williams, K. J. (2016). Plant blindness and the implications for plant conservation. *Conservation Biology*, *30*, 1192 – 1199. https://doi.org/10.1111/cobi.12738

Hùla, M., y Flegr, J. (2021). Habitat selection and human aesthetic responses to flowers. *Evolutionary Human Sciences, 3*, 1 - 22. https://doi.org/10.1017/ehs.2020.66

Hurlbert, A. C., y Ling, Y. (2007). Biological components of sex differences in color preference. *Current Biology*, *17*, 623 – 625. https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.06.022

Kanske, P., Schönfelder, S., y Wessa, M. (2013). Emotional modulation of the attentional blink and the relation to interpersonal reactivity. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7,* 1 – 9. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00641

Wandersee J.H., y Schussler E. (1999). Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher*, *61*, 82 – 86. https://doi.org/10.2307/4450624

Concepciones del profesorado en formación de Educación Primaria e Infantil sobre la densidad: de lo macroscópico a lo microscópico

Susana Maldonado-Cózar [1], Rafael Ramírez-Uclés [2] y Javier Carrillo-Rosúa [3]

[1] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

[2] Departamento Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada, España

[3] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

* Correspondencia: sumaldo@ugr.es

RESUMEN: Este estudio tiene como objetivo caracterizar las concepciones previas sobre la densidad en profesorado en formación inicial de Educación Primaria e Infantil, considerando tanto el nivel macroscópico como el microscópico/submicroscópico, en el contexto del diseño de una propuesta didáctica basada en modelos analógicos y en la formulación de preguntas. Se adopta un diseño descriptivo de carácter exploratorio con una muestra de 127 estudiantes de la Universidad de Granada. El instrumento consiste en un cuestionario diagnóstico con tareas de estimación y ordenación de densidades en situaciones de control de variables (masa y volumen), así como una tarea de representación a nivel (sub)microscópico. Los resultados muestran que, a nivel macroscópico, las concepciones sobre la densidad son mayoritariamente adecuadas, especialmente en el Grado de Educación Primaria. Sin embargo, a nivel (sub)microscópico, la inmensa mayoría del estudiantado asocia las diferencias de densidad entre materiales con diferencias en la compactación de los átomos.

PALABRAS CLAVE: Densidad; Formación inicial del profesorado; Educación Primaria; Educación Infantil; Concepciones previas

ABSTRACT: This study aims to characterize pre-service teachers' prior conceptions of density in Primary and Early Childhood Education, considering both the macroscopic and the microscopic/submicroscopic levels, within the context of designing a teaching proposal based on analogical models and question formulation. A descriptive, exploratory research design was adopted with a sample of 127 students from the University of Granada. The instrument consists of a diagnostic questionnaire including tasks on estimating and ordering densities in variable-control situations (mass and volume), as well as a representation task at the (sub)microscopic level. The results show that, at the macroscopic level, conceptions of density are mostly appropriate, particularly among Primary Education Degree students. However, at the (sub)microscopic level, the vast majority of students associate differences in density between materials with differences in the compactness of atoms.

KEYWORDS: Density; Initial teacher training; Primary education; Early Childhood Education; Misconceptions

INTRODUCCIÓN

La densidad es una magnitud intensiva cuyo aprendizaje constituye un reto para los escolares. A diferencia de la masa y el volumen, permite comparar materiales y explicar fenómenos cotidianos y científicos relevantes, como la flotación, los cambios asociados a variaciones de temperatura o estado o la dinámica de sistemas terrestres. Aunque masa y volumen cambien al variar la cantidad de sustancia, su cociente puede mantenerse constante, lo que constituye una dificultad conceptual importante para el alumnado. En este sentido, el aprendizaje de la densidad requiere coordinar simultáneamente dos variables y comprender su relación proporcional, algo que no siempre se logra (Napal et al., 2018). La investigación ha puesto de manifiesto la existencia de concepciones alternativas persistentes en distintos niveles educativos, incluyendo la formación del profesorado. Entre las más frecuentes destaca

la tendencia a atribuir la densidad a una sola magnitud observable, como el peso, el tamaño o el volumen. Así, es habitual interpretar que los objetos más pesados o más grandes son más densos, o que la densidad depende únicamente de "cuánto ocupa" un material. Este tipo de razonamientos refleja una comprensión no relacional del concepto y la dificultad para coordinar masa y volumen como variables dependientes de la misma propiedad física (Harrell & Subramaniam, 2014; Napal et al., 2018; Kiray & Simsek, 2021; Schwichow & Zoupidis, 2023).

Aunque la densidad se mide a nivel macroscópico, su comprensión requiere atender también al nivel microscópico/submicroscópico. En los sólidos, la densidad puede entenderse a partir de dos factores principales: a) El modo de empaquetamiento o compactación de sus partículas (átomos o iones); b) La masa de los átomos/iones, concentrada fundamentalmente en su núcleo y caracterizada por el número másico. En este plano, también se observan concepciones alternativas, como la de explicar la densidad exclusivamente en términos de compactación. El alumnado interpreta que los materiales más densos son aquellos cuyas partículas están más juntas, sin considerar la masa de dichas partículas ni la naturaleza del material (Xu & Clarke, 2012; Kiray & Simsek, 2021).

Por tanto, una comprensión integral del concepto de densidad exige coordinar los diferentes niveles de representación (macroscópico, microscópico/submicroscópico). El uso de modelos analógicos que permitan visualizar aquello que no es accesible directamente a los sentidos constituye una herramienta didáctica clave, incluyendo también la coordinación con el nivel simbólico de representación. En formación inicial del profesorado, esta problemática tiene un impacto añadido: el conocimiento conceptual del profesorado y su capacidad para anticipar dificultades condicionan la calidad de la enseñanza en el aula (Chen et al., 2020).

Así pues, el presente trabajo plantea caracterizar las concepciones previas sobre el concepto de densidad en profesorado en formación de Educación Primaria e Infantil, considerando tanto el nivel macroscópico como el microscópico/submicroscópico, a partir de respuestas a un cuestionario diagnóstico. Y esto, en el contexto del diseño de una propuesta didáctica que no solo ayude a construir un conocimiento más profundo del concepto de densidad, sino también de promover el cuestionamiento como motor del aprendizaje y el pensamiento crítico, en los albores de la revolución que está trayendo la Inteligencia Artificial generativa.

PROPUESTA DIDÁCTICA

La propuesta didáctica se orientó a favorecer la comprensión de la densidad mediante la articulación entre los niveles macroscópico y microscópico/submicroscópico, así como a promover el uso crítico de modelos analógicos en la formación inicial del profesorado. Para ello, se elaboró un modelo analógico háptico diseñado para trabajar la densidad a nivel atómico. Este modelo, actualmente en fase piloto (Figura 1), se utilizó para facilitar la interpretación de la densidad en términos de masa de las partículas y no únicamente de su disposición espacial.

Figura 1. Modelo analógico de elaboración propia para la explicación de la densidad a nivel atómico.

La propuesta incorporó la *Question Formulation Technique* -QFT- (Causey & Spencer, 2024) como estrategia para promover la formulación de preguntas como un elemento central en la construcción del conocimiento y en el desarrollo de procesos de indagación en el aula.

La secuencia didáctica se estructuró en tres fases principales: (1) Aplicación de un cuestionario inicial

de ideas previas. (2) Realización de una práctica experimental centrada en la medición de densidades de dos objetos esféricos de igual volumen y aspecto muy semejante salvo en la masa (A: wolframio para pesca; B: plastilina). Al final de esta fase se introdujo una cuestión clave que actuó como puente hacia la siguiente fase: ¿qué explica estas diferencias de densidad si las propiedades macroscópicas son similares? (3) El desarrollo de una actividad basada en la formulación de preguntas mediante la QFT, utilizando como elemento central el modelo analógico presentado. La secuencia del QFT se sintetiza en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las etapas de la técnica de formulación de preguntas QFT.

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
1. Introducir el Foco (Q-Focus)	El docente presenta un estímulo que no sea una pregunta para disparar la curiosidad. Presentación del modelo para su manipulación junto con la afirmación: "Este modelo analógico representa cómo cambia la densidad de los materiales cuando miramos a nivel atómico".
2. Producir Preguntas	Los estudiantes generan preguntas siguiendo cuatro reglas: genera la mayor cantidad posible, no juzgar/responder, anotar tal cual y convertir afirmaciones en preguntas.
3. Categorizar y mejorar preguntas	Se identifican las preguntas como cerradas (sí/no o una palabra) o abiertas (requieren explicación). Se analizan las ventajas y desventajas de cada tipo de pregunta y se practica su transformación.
4. Priorizar Preguntas	Los estudiantes seleccionan sus tres preguntas más importantes basándose en criterios establecidos por el docente. El criterio establecido fue: "tres preguntas que te ayuden a pensar sobre la potencialidad del modelo para la enseñanza de la densidad"
5. Plan de Acción	Se decide cómo se utilizarán las preguntas prioritarias (investigación, ensayo, debate, etc.).
6. Reflexión	Análisis del proceso de aprendizaje, qué descubrieron y cómo cambiaron sus habilidades.

MÉTODO

El presente estudio se enmarca en un diseño descriptivo de carácter exploratorio, centrado en el análisis de las concepciones previas sobre densidad en profesorado en formación inicial.

Participantes

Los participantes en este trabajo son 100 estudiantes (72 chicas y 28 chicos) de 3º curso del Grado de Educación Primaria y 27 estudiantes (24 chicas y 3 chicos) de 2º curso del Grado de Educación Infantil. El estudiantado pertenece a tres grupos clase la Universidad de Granada (2 de Educación Primaria y uno de Educación Infantil) seleccionados por conveniencia.

Instrumento

Este instrumento incluía tareas de estimación y ordenación de densidades en dos situaciones diferenciadas: un juego de cilindros en el que se mantenía constante la masa y variaba el volumen, y otro en el que se mantenía constante el volumen y variaba la masa (Figura 2).

Para la realización de estas tareas, el alumnado disponía físicamente de los cilindros, lo que les permitía manipularlos, compararlos y basar sus decisiones en propiedades macroscópicas directamente observables. En ambos conjuntos se utilizaron los mismos materiales (latón, madera, aluminio y PVC) con un diseño que permitió aislar el efecto de las variables masa y volumen, así como poner de manifiesto el carácter intensivo de la densidad. Se incorporó una pregunta abierta en la que se solicitaba la elaboración de un dibujo explicativo a nivel atómico que justificara las diferencias de densidad de los dos objetos sobre los que medirán masa y volumen en la fase 2 de la propuesta didáctica (wolframio para pesca vs. plastilina).

Análisis de datos

Se realizó un análisis cuantitativo basado en el conteo y cálculo de frecuencias y porcentajes de aciertos en las tareas de estimación y ordenación de densidades. En segundo lugar, se llevó a cabo un análisis cualitativo de las producciones gráficas del alumnado, mediante la identificación y categorización inductiva de los modelos de representación utilizados para explicar la densidad a nivel (sub)microscópico. Asimismo, se exploraron posibles diferencias en los resultados en función de variables como titulación y género.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Orden de materiales en función de su densidad

El porcentaje de aciertos en las dos actividades propuestas para ordenar por densidad los cuatro objetos (en la primera, de diferente volumen e igual masa y en la segunda de diferente masa e igual volumen) aparecen en la tabla 2. Los aciertos completos en ambas actividades han oscilado entre el 67% del Grado de Educación Infantil y el 82% del Grado de Educación Primaria. El p valor asociado a la prueba de Chi Cuadrado indica que se está cerca de la diferencia estadísticamente significativa (0,08) y el valor de phi de 0,15 informa de diferencias entre ambos con un efecto pequeño. Estos aciertos son ligeramente mayores cuando se trata de ordenar objetos de diferente volumen respecto a objetos de diferente masa, pero solo en el Grado de Educación Primaria (92 vs 87%), si bien estas diferencias, según la prueba de McNemar, no llegan a ser estadísticamente significativas.

Tabla 2. Resultados de estimación macroscópica de la densidad.

Grado	Aciertos (cilindros con diferente volumen)	Aciertos (cilindros con diferente masa)	p valor (McNemar)	Aciertos (en ambos casos)	Chi cuadrado - p valor/φ
Educación Primaria	92%	87%	0,30	82%	2,99 - 0,08/
Educación Infantil	78%	78%	1,00	67%	0,15
Total	89%	85%		79%	

Estos resultados sugieren que, en ausencia de instrumentos de medida, el volumen constituye una magnitud más fácilmente apreciable que la masa, la cual requiere procesos de comparación menos directos y potencialmente más propensos al error. Este hecho podría explicar el mayor porcentaje de aciertos en las tareas en las que el volumen es la variable que cambia, especialmente en el alumnado del Grado de Educación Primaria. Por otro lado, el porcentaje de aciertos en ambos conjuntos (quienes ordenaron correctamente los objetos tanto en la situación de masa constante como en la de volumen constante) permite identificar al alumnado que muestra una comprensión más completa del concepto de densidad. Solo en estos casos puede inferirse una interpretación de la densidad como propiedad intensiva, independiente de la cantidad de materia considerada. En este sentido, los resultados indican que esta comprensión es menor en el Grado de Educación Infantil que en el de Educación Primaria, lo que se puede asociar a un conocimiento general menor sobre ciencias en los primeros (Varela-Losada et al., 2015; Ampatzidis & Ergazaki, 2026). Si diferenciamos por sexo, los aciertos totales son mayores en los varones (84%), respecto a las mujeres (77%), si bien la prueba de Chi cuadrado no indica diferencias significativas (p= 0,42)

Modelos microscópicos/submicroscópicos que explican la densidad

La categorización, de naturaleza inductiva, de los modelos realizados se ha realizado en función de distintos criterios que aparecen sintetizados en la tabla 3.

Tabla 3. Categorización de los modelos

Categoría	Subcategorías			
Escala de representación	Atómica	Subatómica		
Modo de representación de partículas (átomos)	Círculos	Puntos	Otros	Sin átomos/ materia continua
Número de átomos	Uno	Varios		
Estado que se podría interpretar	Sólido (“empaquetado” u ordenado)	Sólido (líneas)	Líquido	Gas
Modelo para las diferencias de densidades (*)	Diferencias en los átomos	Compactación o empaquetamiento de los átomos		Otras explicaciones o modelos ininteligibles

(*) Nota: En el caso de esta categoría, las subcategorías no son necesariamente excluyentes

Para la explicación de las diferencias de densidad, en el 93% de los casos no se desciende a un nivel que implique la diferencia entre átomos; es decir, no se considera la naturaleza subatómica para diferenciar unos tipos de átomos de otros. En contraposición, un 7% de los casos sí tienen en consideración ciertas diferencias atómicas, bien ahondado en la estructura subatómica como única causa de las diferencias de densidad (3%, Fig. 3.a), bien combinando alguna diferencia atómica con un diferente empaquetamiento de los átomos (3%). Este último podría considerarse el modelo más cercano a lo asumido desde la ciencia, si bien en todos los casos se falla en la representación de los materiales que no siempre se representan como sólidos (Fig. 3.b).

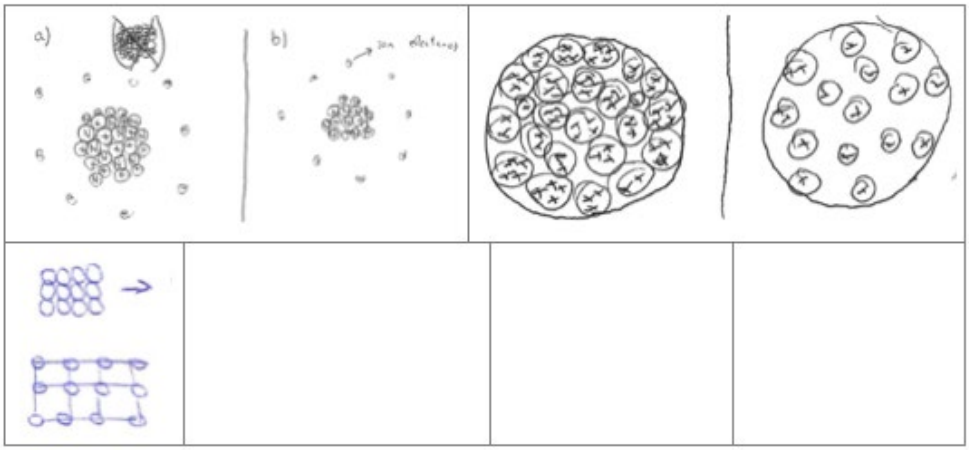


Figura 3. Ejemplos de modelos microscópicos/submicroscópicos para explicar las diferencias de densidad entre dos sólidos con igual volumen.

La causa mayoritaria para la explicación de las diferencias en la densidad, con un 83% de los casos, es la que representa las diferencias de densidad exclusivamente como diferentes grados de compactación, al modo de cómo se explican los cambios de estado de una sustancia, pudiéndose interpretar las imágenes como sólidos, líquidos o gases. Así, las diferencias en densidad podrían interpretarse como combinaciones de sólido vs. sólido (20%, Fig. 3.c), sólido vs. líquido (6%), sólido vs. gas (32%, Fig. 3.d), líquido vs gas (8%, Fig. 3.e) o gas vs. gas (16%, Fig. 3.f). No obstante, dentro de estos casos, cabe señalar que un 7% asignó erróneamente el material más compacto al menos denso, invirtiendo la asignación lógica. Además, hay un 9% de los casos correspondientes a otros modelos (e. g., mostrando la materia como continua) o modelo ininteligible. Esta modelización de las diferencias de densidad únicamente como modificaciones del empaquetamiento se alinea con lo descrito en otros estudios (Xu & Clarke, 2012; Kiray & Simsek, 2021).

Además, las observaciones realizadas durante la implementación evidenciaron dificultades en conocimientos básicos sobre la estructura atómica, como la identificación de partículas subatómicas o el reconocimiento del modelo atómico representado en el recurso háptico. La información aquí aportada pone de manifiesto una comprensión insuficiente de la naturaleza submicroscópica de la materia en el profesorado en formación.

CONCLUSIONES

Se ha constatado que la mayoría del profesorado en formación inicial en los Grados de Educación Primaria e Infantil tienen una concepción funcional adecuada del concepto de densidad, si bien este conocimiento es mayor en el Grado de Educación Primaria que en el de Educación Infantil. En cambio, la inmensa mayoría tiene un conocimiento muy limitado y en gran parte erróneo de las razones microscópicas/submicroscópicas que explican esa densidad. Así, la gran mayoría no reconoce diferencias en la naturaleza subatómica de los propios átomos, explicando solamente las diferencias de densidad como diferentes en los grados de compactación de los átomos, asumiendo el modelo de cambio de estado a todas las diferencias en la densidad de los materiales.

IMPLICACIONES PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Los resultados evidencian la necesidad de reforzar en la formación inicial del profesorado una comprensión de la densidad que vaya más allá de su tratamiento macroscópico o procedimental. Aunque gran parte del alumnado ordena adecuadamente materiales según su densidad, sus explicaciones microscópicas/submicroscópicas se basan mayoritariamente en diferencias de compactación, trasladando de forma acrítica el modelo corpuscular de la materia. Esto sugiere la conveniencia de diseñar intervenciones que articulen explícitamente los niveles macroscópico, microscópico/submicroscópico y simbólico, promuevan un uso crítico de los modelos analógicos y atiendan a las dificultades relacionadas con conocimientos básicos sobre la estructura atómica.

En este sentido, los modelos analógicos hápticos, al permitir la exploración manipulativa y no exclusivamente visual de conceptos abstractos, pueden constituir un recurso didáctico de interés. Acompañados de procesos de reflexión y formulación de preguntas, estos modelos pueden favorecer explicaciones más fundamentadas y ayudar al ayudar al profesorado en formación a anticipar dificultades conceptuales frecuentes en el aula de ciencias.

Este estudio se inserta en una línea de investigación actualmente en desarrollo, centrada en el diseño, implementación y validación didáctica de un modelo analógico háptico para trabajar la densidad a nivel atómico. Los resultados aquí obtenidos constituyen una primera fase diagnóstica que permite identificar dificultades conceptuales relevantes que deberán orientar las siguientes fases de evaluación del modelo en diferentes etapas educativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ampatzidis, G., & Ergazaki, M. (2026). Pre-service Early Years Teachers' Understanding of Nature of Science. *Research in Science Education*, *56*(1), 223-242. https://doi.org/10.1007/s11165-025-10261-1

Causey, C., & Spencer, A. (2024). Student-generated questions: An exploration of an instructional strategy with young children. *Thinking Skills and Creativity*, *53*, 101608. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101608

Chen, C., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Sunbury, S. (2020). The impact of high school life science teachers' subject matter knowledge and knowledge of student misconceptions on students' learning. *CBE—Life Sciences Education, 19*(1), ar9. https://doi.org/10.1187/cbe.19-08-0164

Harrell, P. E., & Subramaniam, K. (2014). Teachers need to be smarter than a 5th grader: What Pre-service teachers know about density. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, *18*(6). https://ejrsme.icrsme.com/article/view/13844

Kiray, S. A., & Simsek, S. (2021). Determination and Evaluation of the Science Teacher Candidates' Misconceptions About Density by Using Four-Tier Diagnostic Test. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *19*(5), 935-955.

Napal, M., Echeverría, J., Zulet, A., Santos, L., & Ibarra, J. (2018). Estrategias del alumnado de Educación Secundaria para la estimación de la densidad. *Enseñanza de las Ciencias, 36*(1), 61–78. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2215

Schwichow, M., & Zoupidis, A. (2023). Teaching and learning floating and sinking: A meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, *61*(2), 487-516. https://doi.org/10.1002/tea.21909

Varela-Losada, M. M., Pérez-Rodríguez, U., Álvarez-Lires, M., & Arias-Correa, A. (2015). Concepciones alternativas sobre Astronomía de profesorado español en formación. *Ciência & Educação (Bauru)*, *21*(4), 799-816. https://doi.org/10.1590/1516-731320150040002

Xu, L., & Clarke, D. (2012). Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective. *Research in Science Education*, *42*(4), 769-789. https://doi.org/10.1007/s11165-011-9232-7

¿Entiende el estudiantado las imágenes geológicas que se usan en el aula?

Sila Pla-Pueyo [1], Susana Rams [1], Alejandro Ramón Ballesta[2], Francisco González García [1] y Ana María Ramos García[3]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España.

[2] Escuela de Arquitectura, Universidad Europea de Canarias, España.

[3] Departamento de Didáctica de la Lengua y la Literatura, Universidad de Granada, España.

* Correspondencia: spla@ugr.es

RESUMEN: Diversos estudios previos muestran que el estudiantado encuentra dificultades para interpretar adecuadamente imágenes científicas. Este estudio analiza cómo interpreta el profesorado en formación inicial una figura geológica utilizada en un cuestionario sobre evolución biológica y registro fósil, acompañada de dos preguntas sobre su interpretación estratigráfica y evolutiva. La figura muestra una sucesión vertical de estratos en la que se representa la evolución de las patas de caballo mediante fósiles en distintos estratos. En el estudio participaron un total de 406 estudiantes de diferentes grados universitarios vinculados a Educación Primaria. La investigación consiste en un estudio descriptivo-exploratorio de enfoque mixto, basado en el análisis cualitativo de la combinación de respuestas abiertas a ambas preguntas, y en un tratamiento cuantitativo posterior de las categorías obtenidas. A partir del análisis se establecen cuatro categorías de respuestas: mismo fósil, distinto fósil, no interpretable y no sabe/no contesta. Los resultados muestran que una proporción elevada del estudiantado (38,7%) interpretó la figura como distintos momentos temporales de un mismo fósil, mientras que un porcentaje mucho menor (15,3%) la entendió como una secuencia evolutiva de fósiles distintos. Además, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el tipo de interpretación y variables como el género o la formación geológica previa. Se concluye que la principal dificultad no radica solo en el concepto de evolución, sino también en la interpretación visual de la figura y en la conexión de los conceptos de fósil, fosilización, estratigrafía y tiempo geológico.

PALABRAS CLAVE: Estratigrafía; Geología; Grado en Educación Primaria; imágenes científicas; profesorado en formación.

ABSTRACT: Several studies have shown that students often struggle to interpret scientific images correctly. This study analyses how pre-service teachers interpret a geological figure used in a questionnaire on biological evolution and the fossil record, accompanied by two questions about its stratigraphic and evolutionary interpretation. The figure shows a vertical succession of strata in which the evolution of horse legs is represented by means of fossils in different layers. A total of 406 students from different university degree programmes related to Primary Education participated in the study. The research consisted of a descriptive-exploratory mixed-method study, based on the qualitative analysis of the combination of open-ended responses to both questions and on the subsequent quantitative treatment of the categories obtained. Four response categories were established from the analysis: same fossil, different fossil, not interpretable, and do not know/no answer. The results show that a high proportion of students (38.7%) interpreted the figure as representing different temporal stages of the same fossil, whereas a much smaller percentage (15.3%) understood it as an evolutionary sequence of different fossils. In addition, no statistically significant associations were found between the type of interpretation and variables such as gender or previous geological background. It is concluded that the main difficulty lies not only in the concept of evolution, but also in the visual interpretation of the figure and in linking the concepts of fossil, fossilisation, stratigraphy, and geological time.

KEYWORDS: Geology; scientific images; pre-service teachers; Primary Education Teacher Training Degree; Stratigraphy.

MARCO TEÓRICO Y FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

En Didáctica de las Ciencias, las imágenes no son simples apoyos ilustrativos, sino formas específicas de construir y comunicar significado científico. Su comprensión exige identificar elementos relevantes, interpretar convenciones gráficas, coordinar escalas espaciales y temporales e inferir procesos no visibles de manera directa (Libarkin y Brick, 2002). Por ello, una imagen científicamente correcta no es necesariamente útil como recurso didáctico, ya que las representaciones visuales pueden favorecer la comprensión, pero también generar lecturas erróneas cuando el alumnado no dispone de las claves conceptuales y visuales necesarias para interpretarlas en el sentido previsto.

Esta cuestión resulta especialmente relevante en Geología, disciplina en la que buena parte del conocimiento se apoya en mapas, perfiles, bloques-diagrama, reconstrucciones paleoambientales o secuencias estratigráficas (Rapp et al., 2007). Tales representaciones requieren traducir información bidimensional en interpretaciones tridimensionales y relacionar observaciones espaciales con procesos de larga duración (Myer et al., 2018). Diversos estudios revelan dificultades persistentes del alumnado en la interpretación de mapas topográficos y geológicos, así como diferencias importantes entre expertos y novatos al observar una misma visualización (e.g. Kastens et al., 2016). Asimismo, se ha relacionado la falta de pensamiento espacial con la dificultad para comprender imágenes geológicas (McLaughlin y Bailey, 2023). En esta línea, algunos trabajos se han centrado en mejorar los recursos visuales en la didáctica de la geología. Baker y Dwyer (2000), por ejemplo, observaron que las representaciones simplificadas, en blanco y negro o en color, suelen ser más eficaces que las ilustraciones realistas para evaluar la comprensión del alumnado, y que el uso del color incrementa su interés.

En la enseñanza de la Geología a futuros docentes de Educación Primaria, los fósiles constituyen una evidencia privilegiada para trabajar tiempo geológico y evolución (Dodick y Orion, 2003a,b), y su enseñanza recurre con frecuencia a imágenes. A ello se añade que la Geología es una ciencia histórica: comprender una sucesión estratigráfica implica coordinar tiempo geológico, fósiles, fosilización, preservación diferencial y cambio biológico. Dodick y Orion (2003a) señalaron que el alumnado necesita desarrollar habilidades geológicas y cognitivas para comprender y relacionar estos conceptos, y elaboraron un cuestionario para evaluarlas. El instrumento del que procede la pregunta analizada en este estudio se inspiró en la pregunta "Puzzle 3" de ese cuestionario (Dodick y Orion, 2003b). A partir de las respuestas a dicha pregunta, el presente estudio analiza cómo interpretan los futuros docentes de Educación Primaria la figura propuesta y qué dificultades conceptuales y visuales emergen en ese proceso.

MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se trata de un estudio descriptivo-exploratorio de enfoque mixto, en el que se combinan el análisis cualitativo del contenido de las respuestas abiertas y su tratamiento cuantitativo posterior. Este diseño se ha considerado adecuado porque el objetivo no es solo determinar si el alumnado responde correcta o incorrectamente, sino comprender cómo interpreta una representación geológica concreta y qué dificultades conceptuales o visuales emergen en sus respuestas.

El instrumento utilizado fue un cuestionario de ideas previas sobre contenidos de geología, validado por expertos y pasado a los estudiantes mediante formulario de Google. En concreto, la pregunta analizada está directamente inspirada en el denominado "Puzzle 3" del cuestionario GeoTAT (Geological Time Aptitude Test, Dodick y Orion, 2003b). En ella se muestra una imagen estática de una sucesión vertical de estratos fosilíferos (numerados del 1 al 7, de más antiguo a más reciente), que representa la simplificación progresiva de las patas de diferentes especies de caballos a lo largo de su evolución, y va acompañada de dos preguntas sobre los procesos que ocurrieron en la parte inferior y la parte superior de la secuencia estratigráfica. Siguiendo la premisa de Baker y Dwyer (2002), la figura original, que

era en blanco y negro (Fig. 1 A) se redibujó y coloreó utilizando Corel Draw (Fig. 1 B) para mejorar su calidad, modernizar su aspecto visual y hacerla más atractiva.

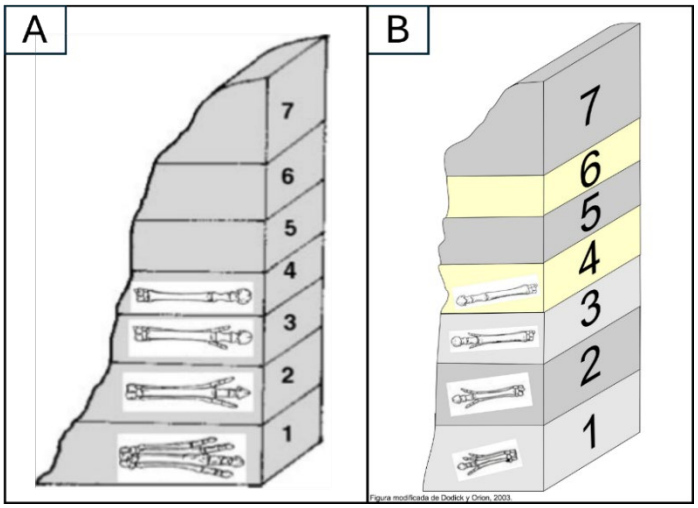


Figura 1. A. Imagen original de Dodick y Orion (2023). B. Imagen inspirada en la original y utilizada en el presente trabajo.

El texto original de la pregunta utilizado por Dodick y Orion (2023b) es el siguiente:

> *3) The illustration below represents a fossiliferous rock exposure. The fossils are the remains of bones from the feet of unidentified species of mammals.*
>
> *3a) Try and describe the process that took place between rock layer 1 to layer 4.*
>
> *3b) Try to suggest two possible reasons for the absence of fossils after rock layer 4.*

Con objeto de ser lo más fieles posible a la pregunta original, pero tratando de simplificar el enunciado para su comprensión por nuestros estudiantes y asumiendo que la gran mayoría no entendería la palabra afloramiento, que sería la más correcta y cercana en este caso, la pregunta se tradujo al español como se muestra a continuación, y la traducción fue validada por tres expertos bilingües en inglés y español.

> *3.3. El dibujo representa un barranco en el que aparecen en sus paredes huesos fósiles. Sabemos que los huesos son de patas de mamíferos. ¿Qué proceso o procesos ocurren entre en nivel 1 y el 4?*
>
> *3.4. Viendo la figura anterior, escribe al menos dos motivos posibles para la ausencia de fósiles de la capa 4 en adelante.*
>
> *En el cuestionario del grupo bilingüe de 2020-2021, que se realizó en inglés, la pregunta se formuló como:*
>
> *3.3. The figure represents a cliff in which fossils appear. The fossils consist of bones from the feet of mammals. Which process or processes took place from rock layer 1 to rock layer 4?*
>
> *3.4. Looking at the previous figure, suggest at least two possible reasons for the absence of fossils after layer 4.*

La muestra está formada por 406 estudiantes de los grados en Educación Primaria, Educación Primaria Bilingüe y Doble Grado en Educación Primaria y Lengua Extranjera de la Universidad de Granada, que cursaban asignaturas relacionadas con Didáctica de las Ciencias Experimentales en 2020-2021 y 2021-2022. Un total de seis docentes del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales contribuyeron con la recogida de datos pasando el cuestionario a un total de 9 grupos diferentes de estudiantes. Las respuestas fueron anónimas y se identificaron mediante un código creado por cada estudiante.

Entre los participantes había 291 personas de género femenino (71,7%), 112 de género masculino (27,6%), 2 personas de género no binario y 1 que no quiso contestar. En cuanto a la edad, el 92,4% se

situaba entre 18 y 25 años, el 4,4% entre 26 y 35, y el 3,2% por encima de 35 años. También se recogió la trayectoria formativa previa y se agruparon las respuestas en tres itinerarios: humanista, cuando no habían cursado asignaturas de ciencias desde 3.º de ESO; mixto, cuando sólo habían cursado Biología y Geología en 4.º de ESO pero no habían estudiado ninguna otra asignatura de ciencias durante el bachillerato; y científico, cuando habían cursado alguna asignatura de biología y/o geología durante el Bachillerato. La razón de realizar esta distinción es que la pregunta del cuestionario que se ha analizado se centra en aspectos evolutivos, y la evolución biológica no se incluye como contenido en el currículum de Eduación Secundaria Obligatoria hasta la asignatura optativa de Biología y Geología en 4º de la ESO (RD217/2022). Asimismo, se presupone que el nivel de los contenidos geológicos y/o evolutivos impartidos en asignaturas de ciencias de bachillerato deberían ser más profundos y/o extensos que los impartidos en 4º de la ESO. Por tanto, el itinerario ha sido una de las variables a considerar al analizar los resultados del estudio.

La unidad de análisis ha sido la respuesta combinada a las dos subpreguntas (3a y 3b mencionadas anteriormente) asociadas a la figura. Es importante resaltar que los autores originales de la pregunta (Dodick y Orion, 2023a,b) realizaron un análisis de las respuestas centrado en el grado de corrección de las mismas, sin categorizar las respuestas, mientras que en este estudio, a partir de una primera revisión del corpus, se ha construido un sistema de categorías inducidas ad hoc: “mismo fósil”, cuando la figura se interpreta como un único resto en distintos estados de alteración o conservación; “distinto fósil”, cuando se comprende que se trata de fósiles diferentes y, por tanto, de una sucesión temporal entre formas distintas; “no interpretable”, cuando la respuesta es ambigua o insuficiente; y “NS/NC”, cuando está en blanco o expresa explícitamente desconocimiento. Además, se identifica de forma complementaria una lectura de conservación en aquellos casos que reconocen distintos fósiles, pero atribuyen las diferencias observadas a deterioro o conservación diferencial. En este sentido, Dodick y Orion (2003b) mencionan que una serie de estudiantes (sin especificar número) atribuyen la causa de lo ocurrido no a la evolución, sino al deterioro progresivo del contenido fósil, de forma que entienden la figura como una secuencia temporal a modo de fotogramas. Sin embargo, en las respuestas analizadas en este trabajo, se ha considerado importante hacer la distinción de si este tipo de respuesta se refiere a un mismo fósil que se va deteriorando, o a fósiles de distintos organismos en diferentes etapas de deterioro, ya que las implicaciones para la forma de comprender la figura son diferentes.

Para analizar la posible relación entre el tipo de interpretación de la figura geológica y las variables de caracterización del alumnado, se realizaron pruebas χ^2 de independencia sobre tablas de contingencia. Esta elección metodológica se justifica porque tanto la variable respuesta —con cuatro categorías de interpretación: mismo fósil, distinto fósil, no interpretable y NS/NC— como las variables explicativas consideradas —género y conocimientos previos de geología— son de naturaleza categórica nominal. Como medida complementaria del tamaño del efecto se calculó el estadístico V de Cramér. En el análisis por género, la categoría “NB o no especifica” se mantuvo en la descripción de la muestra, pero se excluyó del contraste inferencial debido a su frecuencia muy reducida. Los análisis se realizaron en Python mediante la función chi2_contingency de scipy.stats.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio preliminar muestran que la interpretación de la figura se aleja de forma notable de la lectura prevista en el diseño original del ítem. Del total de la muestra (n = 406), un 38,7% interpreta la imagen como si mostrara distintos momentos temporales de un mismo resto fósil, mientras que solo un 15,3% la interpreta en el sentido esperado, es decir, como una sucesión temporal de fósiles distintos. De ellos, solamente un 8% alude a la evolución biológica, ya sea de forma explícita o implícita. Este resultado sugiere que la principal dificultad no reside solo en reconocer la idea de evolución biológica, sino en comprender la propia representación gráfica e identificar la relación temporal y ontológica entre los restos que aparecen en los distintos estratos.

Entre las respuestas clasificadas como “mismo fósil” son frecuentes expresiones como descomposición, desintegración o erosión, empleadas para explicar las diferencias entre los restos como si se tratara del deterioro progresivo de un único hueso. De ello se infiere una idea previa especialmente relevante:

la confusión entre evolución biológica y deterioro físico del fósil. Junto a esta dificultad principal, aparecen otras ideas previas o confusiones conceptuales: explicaciones centradas en la superposición de estratos sin referencia al significado paleobiológico de la secuencia; uso de términos como erosión, sedimentación, fosilización o permineralización sin contextualización suficiente; y asociación entre profundidad, tiempo y grado de preservación, como si las diferencias anatómicas pudieran explicarse solo por conservación diferencial.

En relación con la evolución biológica, incluso entre las respuestas que reconocen más de un hueso o más de un fósil apenas se menciona de forma explícita la evolución. Ello sugiere que la asociación entre registro fósil y cambio evolutivo no aparece de manera espontánea en buena parte del estudiantado. Además, la idea previa que motivaba el uso original del ítem, esto es, que la evolución implica necesariamente una mayor complejidad anatómica, solo se infiere en un 1,2% de las respuestas de la muestra total. En consecuencia, la concepción que la figura pretendía explorar queda en gran medida eclipsada por problemas previos de interpretación visual y conceptual. Es también interesante resaltar que Dodick y Orion (2003b) analizan por separado ambas preguntas, pero mencionan que muchos estudiantes arrastran la interpretación que han hecho de la pregunta 3a a su respuesta de la pregunta 3b. Por ese motivo se ha decidido analizar de forma conjunta ambas respuestas.

El análisis por subgrupos según conocimientos previos refuerza esta interpretación. Entre quienes cursaron Geología en 2.º de Bachillerato (37 estudiantes), el 43,2% interpretó la figura como cambios en un mismo fósil y solo el 8,1% la interpretó correctamente como distintos fósiles de diferente edad; además, en este subgrupo no se estableció en ningún caso una relación directa con la evolución biológica. Una mayor exposición previa a contenidos geológicos no parece, por tanto, garantizar una mejor interpretación de este tipo de representación.

En el análisis inferencial no se encontró evidencia estadísticamente significativa de asociación ni entre el género y el tipo de respuesta, $\chi^2(3)=3{,}09$, $p=0{,}378$, $V=0{,}088$, ni entre los conocimientos previos de geología y el tipo de respuesta, $\chi^2(15)=11{,}51$, $p=0{,}716$, $V=0{,}081$. En ambos casos, los valores de V de Cramér indican tamaños del efecto bajos, lo que sugiere que las diferencias observadas entre categorías son reducidas. En esta muestra, por tanto, no se halló apoyo empírico para sostener que el género o la formación geológica previa se asocien de manera significativa con el tipo de interpretación emitida ante la figura. Todo ello apunta a un problema más general de legibilidad didáctica de la imagen.

IMPLICACIONES Y RELEVANCIA PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Estos resultados tienen implicaciones relevantes para la Didáctica de las Ciencias. En primer lugar, muestran que no basta con que una imagen sea científicamente correcta para que resulte didácticamente eficaz. Una representación pensada para explorar ideas previas sobre evolución puede activar antes dificultades de lectura visual, interpretación estratigráfica y comprensión del concepto de fósil y fosilización. Por ello, los perfiles estratigráficos, las sucesiones fosilíferas o las reconstrucciones geológicas deberían acompañarse de apoyos específicos que ayuden a distinguir entre edad de los estratos, identidad de los fósiles, procesos de fosilización y significado evolutivo del registro fósil.

En segundo lugar, conviene diferenciar didácticamente con mayor claridad entre evolución biológica, fosilización y conservación del organismo desde que se entierra hasta que se convierte en fósil (conservación tafonómica). Una parte importante del estudiantado no parece confundir solo un concepto aislado, sino que mezclan planos explicativos distintos como el cambio biológico entre especies, el enterramiento y formación del fósil y el posible deterioro físico de un resto. De ahí la conveniencia de diseñar secuencias de enseñanza en las que estos procesos se trabajen de forma comparada y explícita.

En tercer lugar, los resultados invitan a revisar el uso de las imágenes como instrumentos de diagnóstico de ideas previas. A la vista de los resultados del estudio, antes de emplear una figura geológica con fines evaluativos o de investigación didáctica, puede ser recomendable hacer un estudio piloto, comprobar qué lecturas alternativas suscita y valorar si necesita modificaciones gráficas, textuales o contextuales para reducir ambigüedades no deseadas. Asimismo, la formación inicial del profesorado debería incluir una reflexión específica sobre cómo seleccionar, adaptar, secuenciar y problematizar imágenes científicas en el aula.

Entre las recomendaciones para la práctica docente podrían sugerirse las siguientes: 1) acompañar las imágenes con preguntas guiadas sobre qué se representa y cómo debe leerse; 2) comparar varias versiones de una misma figura para valorar cuál favorece mejor la comprensión; 3) promover tareas de explicación, reconstrucción o redibujo de la secuencia; y 4) contrastar explícitamente una lectura evolutiva con una lectura tafonómica o de conservación, de modo que el alumnado pueda reconocer por qué ambas no explican lo mismo.

Este estudio preliminar pone de manifiesto que una parte importante del profesorado en formación no interpreta la figura analizada como una secuencia evolutiva de fósiles distintos, sino como la representación de un mismo resto fósil sometido a procesos de deterioro o conservación diferencial. La principal dificultad detectada no parece situarse solo en la comprensión del concepto de evolución biológica, sino también en la lectura de la propia imagen y en la articulación entre fósil, fosilización, estratigrafía y tiempo geológico. Dado que estas dificultades aparecen de forma relativamente general en la muestra y no se asocian de manera significativa con el género ni con la formación geológica previa, el estudio refuerza la idea de que las imágenes geológicas deben tratarse como objetos didácticos complejos y no como recursos transparentes. En consecuencia, antes de utilizarlas para explorar ideas previas sobre un contenido concreto, conviene asegurar su legibilidad didáctica y enseñar explícitamente cómo interpretarlas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baker, R. y Dwyer, F. (2000). A meta-analytic assessment of the effect of visualized instruction. International Journal of Instructional Media, 27, 417–426.

Dodick, J. y Orion, N. (2003a). Measuring student understanding of geological time. Science Education, 87(5), 708–731. https://doi.org/10.1002/sce.1057

Dodick, J. y Orion, N. (2003b). Cognitive factors affecting student understanding of geologic time. Journal of Research in Science Teaching, 40(4), 415–442.

Libarkin, J. C. y Brick, C. (2002). Research methodologies in science education: Visualization and the geosciences. Journal of Geoscience Education, 50(4), 449–455. https://doi.org/10.5408/1089-9995-50.4.449

Kastens, K. A., Shipley, T. F., Boone, A. P. y Straccia, F. (2016). What geoscience experts and novices look at, and what they see, when viewing data visualizations. Journal of Astronomy & Earth Sciences Education, 3(1), 27–58. https://doi.org/10.19030/JAESE.V3I1.9689

McLaughlin, J.A. y Bailey, J.M. (2023). Students need more practice with spatial thinking in geoscience education: a systematic review of the literature. Studies in Science Education, 59 (2), 147–204. https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2029305

Myer, R. A., Shipley, T. F. y Davatzes, A. K. (2018). Reasoning about time from space: Visual continuity may disrupt reasoning about the passage of time within accreted materials. Journal of Geoscience Education, 66(2), 147–165. https://doi.org/10.1080/10899995.2018.1451183

Rapp, D. N., Culpepper, S. A., Kirkby, K. y Morin, P. (2007). Fostering students' comprehension of topographic maps. Journal of Geoscience Education, 55(1), 5–16. https://doi.org/10.5408/1089-9995-55.1.5

Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas en la Educación Secundaria Obligatoria.

Destrezas científicas que se trabajan en el aula en los diferentes niveles educativos

Ángel Luis Cortés Gracia, Beatriz Mazas Gil, Guiomar Calvo Sevillano y Cristina Gil González

Grupo Beagle. Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza, España.

* Correspondencia: acortes@unizar.es

RESUMEN: Este estudio busca identificar las destrezas científicas que 50 docentes de Educación Infantil, Primaria y Secundaria en activo expresan en una entrevista semiestructurada a partir de las actividades de ciencias que realizan en sus clases. Tras realizar la transcripción completa de todas las entrevistas, se llevó a cabo un análisis de contenido y se determinaron las destrezas que emergían de tres prácticas científicas clave: argumentación, indagación y modelización. Los resultados muestran que la indagación es la práctica más promovida por los docentes en general. En cuanto a las destrezas científicas, las actividades se centran en la identificación de características a partir de la observación y realizarse preguntas sobre ello; la representación de modelos, y la comunicación del conocimiento con diferentes lenguajes y sistemas de representación, aunque fallan sobre todo aquellas que hacen hincapié en trabajar sobre fuentes fiables. En este sentido, hemos de fortalecer la formación de los docentes para favorecer la reflexión, el pensamiento crítico, así como la evaluación de procedimientos y modelos en todas las etapas educativas, promoviendo un aprendizaje de ciencias integral desde las prácticas científicas.

PALABRAS CLAVE: argumentación; indagación; modelización; profesorado en ejercicio.

ABSTRACT: This study seeks to identify the scientific skills that 50 active Early Childhood, Primary and Secondary Education teachers express in a semi-structured interview based on the science activities they carry out in their classes. After the complete transcription of all the interviews, a content analysis was carried out and the skills that emerged from three key scientific practices were determined: argumentation, inquiry and modelling. The results show that inquiry is the practice most promoted by teachers in general. In terms of scientific skills, the activities focus on identifying characteristics through observation and asking questions about them; representing models; and communicating knowledge using different languages and representation systems, although those that emphasise working with reliable sources are particularly lacking. In this regard, we must strengthen teacher training to encourage reflection, critical thinking, and the evaluation of procedures and models at all educational stages, promoting comprehensive science learning through scientific practices.

KEYWORDS: argumentation; inquiry; modelling; in-service teachers.

INTRODUCCIÓN

Autores como Justi y Gilbert (2003) y Lederman et al. (2013) ya apuntaban a que la enseñanza de las Ciencias Experimentales debe integrar el conocimiento de ciencias con el conocimiento sobre cómo esta es construida y validada, en lugar de limitarse a estudiar temas o conceptos científicos. Esto implica que el profesorado debe diseñar y aplicar enfoques que animen al alumnado a pensar y razonar sobre la ciencia. Es por ello que los docentes en activo juegan un papel fundamental a la hora de introducir las prácticas científicas (en adelante PC) en las aulas, al ser ellos quienes deciden qué se enseña y cómo se enseña en sus clases de ciencias. Por ejemplo, deciden qué preguntas son necesarias para guiar una actividad o qué información se proporcionará, considerando las dificultades de aprendizaje del alumnado, así como las estrategias que debe desarrollar para apoyar en el proceso de resolución (Janssen et al., 2014). Atendiendo al conocimiento didáctico del contenido (en adelante CDC), lo que un docente debería conocer para enseñar de manera efectiva en el contexto de la enseñanza de las ciencias incluye cuestiones referidas al conocimiento del currículo y la materia, las orientaciones para la enseñanza, la evaluación, las estrategias instruccionales, el alumnado y la percepción de autoeficacia (Park y Oliver, 2008).

En este trabajo, distinguimos tres PC principales: 1) la argumentación, entendida como la evaluación del conocimiento a partir de las pruebas disponibles y su comunicación; 2) la indagación, considerada como la planificación y realización de investigación científicas; y 3) la modelización, que implica la construcción, uso y evaluación de modelos para dar sentido a los fenómenos científicos (Jiménez-Aleixandre y Crujeiras-Pérez, 2017; Couso, 2020). A partir de ellas se desglosan distintas destrezas científicas que establecen las habilidades para realizar un procedimiento concreto de la investigación científica.

Por tanto, el objetivo de este estudio es identificar las destrezas que describe el profesorado en ejercicio de Educación Infantil (EI), Educación Primaria (EP) y Educación Secundaria -obligatoria y Bachillerato- (ES) en las actividades que realiza en sus clases de ciencias para determinar cuáles son las más y menos trabajadas según sus propios testimonios. Esto nos ayudará a identificar a cuál(es) de ellas hay que prestar más atención tanto en la formación docente como en el diseño de propuestas de intervención desde la investigación educativa.

METODOLOGÍA

Participantes

Los participantes son 50 docentes en ejercicio (10 hombres y 40 mujeres) de distintas etapas educativas durante el curso 2023/24. En concreto, para asegurar la representatividad de las distintas etapas, se utilizó una muestra no probabilística y por conveniencia formada por 8 docentes de EI, 21 de EP, una de Escuela Unitaria (INT) y 20 de ES, que trabajaban en centros públicos, privados-concertados y privados tanto del ámbito urbano como rural.

Recogida y análisis de datos

La recogida de datos se realiza a través de una entrevista semiestructurada diseñada y validada *ad hoc* para este estudio. Las entrevistas semiestructuradas constituyen una técnica flexible que puede proporcionar información a través de una comunicación bidireccional enfocada con los participantes (Kvale, 2011). El desarrollo y validación de la entrevista forma parte de un estudio más amplio que se enmarca en un proyecto que tiene por objeto el análisis de las PC entre etapas educativas. Para la construcción de la entrevista se tomaron como referencia los elementos del CDC propuestos por Park y Oliver (2008) y se incorporaron cuestiones relativas al grado de conocimiento y dificultades relacionadas con las transiciones en etapas anteriores y posteriores. De todas las cuestiones presentes en la entrevista, este trabajo se centra en la pregunta 5, que se enuncia así: *¿Consideras que trabajas las prácticas científicas en el aula?*, y se enmarca en el conocimiento en la acción, dentro de los elementos comentados del CDC. Es decir, se les solicitaba describir con el mayor grado de detalle posible las actividades que, como docentes, plantean en sus aulas en relación con las PC.

Una vez transcritas las respuestas a la entrevista, se utilizó el software de análisis cualitativo Atlas.ti (v.24) para su tratamiento. En concreto, se usó una clasificación de destrezas realizada a partir de tres marcos de referencia que tienen como objetivo la formación de un alumnado alfabetizado científicamente (Bravo et al., 2025). A continuación, se identificaron las acciones concretas que se solicitaban al alumnado para adquirir una adecuada alfabetización científica y se conectaron con las destrezas científicas necesarias para realizarlas.

Dado que se aplica la herramienta a las respuestas de los docentes participantes, la metodología empleada es un análisis de contenido, considerando como unidad de análisis el fragmento de respuesta en el que aparece dicha información. Hay respuestas en las que solo aparece una unidad de análisis y otras en las que aparecen más, al describir varias actividades que promueven destrezas iguales o diferentes. Por ello, el número de unidades analizadas (n=206) es mayor que el de participantes (n=50).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 resume la frecuencia de las destrezas científicas mencionadas en las entrevistas.

INDAGACIÓN

	Frecuencia total	Frecuencia por etapas			
		EI	EP	ESO	INT
I1	7	2	3	1	1
I2	13	3	5	5	0
I3	17	6	5	6	0
I4	11	3	5	3	0
I5	1	0	1	0	0
I6	6	0	4	2	0
I7	7	1	4	2	0
I8	2	1	1	0	0
I16	25	2	10	13	0
Total	*89*	*18*	*38*	*32*	*1*

ARGUMENTACIÓN

	Frecuencia total	Frecuencia por etapas			
		EI	EP	ESO	INT
A1	1	0	1	0	0
A2	6	1	1	4	0
A3	3	0	2	1	0
A4	5	1	1	3	0
A5	4	1	1	2	0
A6	2	1	0	1	0
A7	1	0	0	1	0
A8	12	5	5	2	0
A9	1	0	0	1	0
A10	8	2	3	2	1
A11	3	0	1	2	0
A12	1	0	0	1	0
A16	6	1	1	3	1
Total	*53*	*12*	*16*	*23*	*2*

MODELIZACIÓN

	Frecuencia total	Frecuencia por etapas			
		EI	EP	ESO	INT
M1	9	3	2	4	0
M2	11	3	3	5	0
M3	2	0	1	1	0
M4	9	3	3	2	1
M5	21	5	4	12	0
M6	1	1	0	0	0
M7	0	0	0	0	0
M16	11	3	6	1	1
Total	*64*	*18*	*19*	*25*	*2*

Figura 1. Frecuencia de las destrezas científicas mencionadas relacionadas con las PC.

Indagación

En total se han recogido 89 respuestas relacionadas con la indagación (ver ejemplos en Tabla 1). La destreza científica asociada que más mencionan los docentes entrevistados es, en general, la I3 "Identificar características entre distintas observaciones y formular preguntas sobre ellas" con un total de 17 enunciados. Por el contrario, la I5 "Decidir el procedimiento a seguir para conseguir fiabilidad y replicabilidad" solo aparece una vez en todas las entrevistas.

Atendiendo a cada una de las etapas educativas, en EI las destrezas I1 "Formular preguntas…" e I2 "Utilizar preguntas para el diseño de una investigación" apenas son mencionadas por los docentes, a pesar de que son las que exclusivamente demanda el currículo de EI para el desarrollo de la indagación en esta etapa. Así, la destreza más destacada es la I3 y, de manera contraria, las destrezas I5 e I6 "Considerar variables de confusión y asegurar cómo evitarlas" no son mencionadas por ninguno de los docentes.

Tabla 1. Ejemplos de las destrezas científicas de indagación por niveles educativos.

NIVEL	EJEMPLOS
EI	TRA046 "también vieron todo lo que es la evolución del nacimiento del pollo" (I3)
	TRA012 "les vas proponiendo preguntas, por ejemplo, ¿por qué crees que se hundirán aquí? (I2)
EP	TRA008 "si surge o se plantean una pregunta pues hacer que se planteen una hipótesis" (I2)
	TRA006 "tenían que volver a generar la hipótesis y verificarla otra vez varias veces" (I5)
ES	TRA003 "comprobaron el efecto que tenía el paracetamol sobre estos organismos en diferentes concentraciones" (I3)
	TRA020 "los alumnos hacen sus propias preguntas" (I1)

Los hallazgos en EP y ES son muy similares entre sí. Los docentes priorizan el desarrollo de las destrezas I2 e I3, en menor medida I4 e I7 (sobre la recolección de datos y la conexión entre variables, respectivamente) y apenas abordan la I5 y la I8 ("Reformular el procedimiento al encontrar datos contradictorios), que llegan a estar ausentes en la ES. Este escaso y nulo tratamiento de estas últimas destrezas es llamativo, ya que en ambas etapas educativas el currículo exige su tratamiento en las aulas. Además, en ES la destreza menos mencionada por los docentes es la I1, lo que llama la atención puesto que el planteamiento de preguntas es esencial en el desarrollo y la construcción del conocimiento científico y el pensamiento crítico de los estudiantes. Sin embargo, en la escuela unitaria (INT) la destreza I1 es la única que señalan los docentes.

Argumentación

Se han encontrado 53 destrezas asociadas con la argumentación (ver ejemplos en Tabla 2). En EI y EP predominan la A8 "Utilizar palabras, tablas, diagramas y gráficos, así como expresiones matemáticas, para comunicar su conocimiento", seguida de la A10 "Producir textos o presentaciones que comuniquen sus propias ideas y logros" y la A2 "Analizar los datos sistemáticamente para identificar pautas en ellos". En ES predomina también A2, aunque es relevante el número de referencias a actividades en las que el alumnado debe evaluar la solidez de una conclusión (A4).

Tabla 2. Ejemplos de las destrezas científicas de argumentación por niveles educativos.

NIVEL	EJEMPLO
EI	TRA049" hemos ido a otros cursos superiores en primaria (...) y entonces les han contado lo que han descubierto o a niveles de infantil en el que no lo están trabajando (...), hemos ido a contar los descubrimientos que han hecho" (A8)
	TRA32 "tienen un soporte, un soporte de papel o un vídeo" (A10)
EP	TRA004 "en algún tema estuvimos haciendo esquemas mediante una aplicación del ordenador" (A8)
	TRA006 "plasma esas ideas a través del propio periódico (...) manifiestan ellos todo lo que han aprendido" (A10)
ES	TRA026 "es necesario que ellos argumenten sus respuestas y que cobren un sentido (...) en los exámenes a mí me gusta mucho más preguntar (…) un globo que está sobrevolando en el aire, ¿qué tipos de energía hay? y que justifiquen, que no preguntarles define energía cinética y energía potencial, porque al final es una forma de ver no solo si se la han estudiado, si lo han entendido también y lo saben aplicar" (A8)
	TRA013 "hicimos una práctica que consistía en buscar datos acerca de cómo afectaba a la gente (...) el tomar o no tomar ciertas decisiones médicas" (A2)

Otras destrezas señaladas, aunque con un tratamiento muy desigual, son A3 (reconocer pautas en los datos que sugieran relaciones), A5 (construir argumentos que relacionen datos y afirmaciones), A6 (entender cómo juzga la comunidad científica el conocimiento actual) o A11 (tomar decisiones fundamentadas). La destreza relacionada con usar distintas herramientas para representar e interpretar datos (A1), la de leer de forma crítica textos para identificar falacias, así como puntos fuertes y débiles de los argumentos (A7) o la de buscar información en fuentes fiables (A12), apenas son mencionadas. Estas dos últimas tienen una gran importancia para formar ciudadanos que sepan ser críticos a la hora de interpretar las noticias e informaciones de tipo científico. Tampoco aparece apenas mencionada la relacionada con reconocer las principales características de la expresión escrita y oral de carácter científico (A9), de gran relevancia si se quiere trabajar la naturaleza de la ciencia y que el alumnado sepa qué es y cómo se hace ciencia.

Modelización

El análisis detallado de las entrevistas permite reconocer hasta 64 enunciados que se pueden relacionar con la práctica científica de la modelización y/o sus destrezas asociadas.

La destreza científica propia de la modelización más señalada en todos los niveles educativos, especialmente en ES, es M5 "Representar y explicar fenómenos utilizando diferentes tipos de modelos". En general, se insiste en que los modelos sirven para comprender lo lejano, lo invisible o lo que no se puede entender simplemente con palabras. En este sentido, se muestran varios ejemplos por niveles en la tabla 3.

Tabla 3. Ejemplos de las destrezas científicas de modelización por niveles educativos.

NIVEL	EJEMPLOS
EI	TRA032 "poner los típicos globos con las pajitas, como si fueran los bronquios espiran, inspiran, todo se abre, se cierra". (M5)
	TRA012 "la representación, como ellos te lo te lo van dibujando, porque la representación, aunque sea cuatro garabatos, para ellos tiene un sentido, por ejemplo, este año con 3 años, pues saben que han dibujado una sandía y la naranja y la uva que estaba abajo. ¿Si flota, dónde se queda? arriba. ¿Si se hunde? abajo, entonces ellos lo representan". (M4).

EP	TRA011 “he conseguido imanes, las baterías y vamos a hacer un conecta para que sepan cómo funciona la energía (…), tienes que ingeniártelas… porque es algo que está invisible, sobre todo que lo entienda”. (M5)
	TRA004 “uno de los proyectos finales era elaborar unos juegos en los que ellos creaban un tablero en el que había diferentes imágenes del cuerpo humano y salían flechas. Y entonces ellos creaban las fichas que luego había que colocar, cada una con su nombre, con su órgano, con su…, con la función vital que correspondía” (M4).
ES	TRA015-16 “ahora han presentado un proyecto del universo, de lo que les dé la gana, con los materiales que quieran y con el formato que quieran, siempre que sea un tema de investigación bien documentado y sea atractivo y nos lo hagan atractivo”. (M5).
	TRA026 “estamos intentando establecer un modelo con materiales con propiedades magnéticas para que busquen un poco esas explicaciones de por qué ocurren esos fenómenos a nivel de 2º ES, es decir, sin entrar en conceptos de física de bachillerato” (M2).

Con mucha menor frecuencia aparecen las destrezas M2 “Ofrecer explicaciones causales adecuadas a su nivel de conocimientos científicos”, M1 “Construir sus explicaciones sobre distintos fenómenos utilizando sus conocimientos científicos. Relacionar diferentes modelos con pruebas que los apoyan” y M4 “Construir dibujos o diagramas como representaciones de eventos o sistemas”. Llama la atención que en tan solo una ocasión se cita algo relacionado con la destreza M6 “Pasar de un modelo a otro de forma flexible”, y además aparece en Educación Infantil: “Yo aprendo en este espacio esto y yo lo aplico a otros temas a otras situaciones u otras situaciones de mi vida real u otras situaciones que surgen en el aula” (TRA049).

No hay ningún elemento del discurso que se pueda relacionar explícitamente con la destreza M7 “Discutir la limitación o precisión de un modelo para explicar un fenómeno, sugiriendo mejoras en base a las pruebas disponibles”. Es decir, los modelos se aportan por parte del profesorado o se construyen por parte del alumnado, pero luego no se discuten las limitaciones de los mismos o los datos concretos que los apoyan.

No concreta

En ocasiones, se encuentran referencias al uso de la indagación (n=25), de la argumentación (n=6) o al uso de modelos o modelización de forma abstracta (n = 11), sin concretar qué hacen en las aulas. En estos casos, los enunciados se han codificado respectivamente como I16, A16 y M16, ya que no permiten determinar a qué destrezas propias de cada práctica científica se están refiriendo. Por ejemplo: “la indagación guiada la trabajamos a lo largo de toda la etapa de infantil” (TRA012, EI), “el propio tema de las grullas que tuvimos que investigar” (TRA004, EP), “montamos una especie de mini-congreso y los chavales desarrollaron diferentes proyectos de investigación” (TRA003, ES); “los modelos también, porque cuando hicimos, por ejemplo, lo del cuerpo, que trabajábamos los modelos de cómo se hacían y bueno, cuando hemos hecho lo de los claveles…” (TRA005, EI), “la que más uso es la modelización” (TRA043, EP), “aparecen también muchas actividades en las cuales se usan modelos, no, en la forma de explicar el mundo, aunque no puedan, aunque no puedan exactamente verlo” (TRA013, ES); “más hipótesis y que argumenten por qué” (TRA001, EI), “tiene que estar muy presente en el aula, porque hace a los niños críticos” (TRA052, EP), “ la argumentación también para rechazar ideas pseudocientíficas” (TRA013, ES).

CONCLUSIONES

El análisis de las actividades de ciencias que el profesorado describió en la entrevista revela que las prácticas científicas más promovidas en general, por orden de frecuencia, serían aquellas relacionadas con la 1) indagación, 2) modelización y 3) argumentación.

Muchas de las actividades propuestas promueven destrezas, aunque existe una cantidad considerable que en la exposición no termina de concretar lo que se hace en el aula para tratar de identificar qué destreza se pretende trabajar. La labor del investigador/entrevistador es clave para conducir la entrevista hacia aspectos que interesa recoger y, por tanto, profundizar más.

Entre las destrezas asociadas a la indagación, predomina la identificación de características a través de la observación y realizarse preguntas sobre ello; sin embargo, apenas aparecen las relacionadas con la reflexión sobre el procedimiento para encontrar datos contradictorios o para valorar la fiabilidad.

Con respecto a la modelización, sobre todo se han hecho explícitas las actividades relacionadas con la representación y explicación de fenómenos utilizando diferentes tipos de modelos. Deberían reforzarse aquellos aspectos que tienen que ver con la revisión de modelos, sobre todo en ES que es donde se exigen en el currículo.

Finalmente, la argumentación se trabaja en relación con comunicar su conocimiento con diferentes lenguajes y sistemas de representación, lo cual se señala en el currículo de todas las etapas. No obstante, no aparecen muchas referencias a la fiabilidad de las fuentes, lo cual supone un problema manifiesto en la sociedad del desconocimiento en la que nos encontramos.

AGRADECIMIENTOS

Grupo Beagle de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA) de la Universidad de Zaragoza. Proyecto PID2021-123615OA-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE. Proyecto PID2024-156735NA-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo-Torija, B., Esquivel-Martín, T. y Guevara-Herrero, I. (2025). Caracterización de las destrezas implicadas en las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización. En B. Mazas-Gil y M. J. Sáez-Bondía (Coords.), *4 +4 situaciones de Aprendizaje en Ciencias* (pp. 25-34). Octaedro.

Couso, D. (2020). Aprender ciencia escolar implica construir modelos cada vez más sofisticados de los fenómenos del mundo. En D. Couso, M.R. Jiménez-Liso, C. Refojo y J.A. Sacristán (Coords.), *Enseñando Ciencia con Ciencia* (pp. 63-74). FECYT y Fundacion Lilly. Penguin Random House.

Kvale, S. (2011), *Las entrevistas en investigación cualitativa*. Morata.

Janssen, F., Westbroek, H. y Doyle, W. (2014). The Practical Turn in Teacher Education: Designing a Preparation Sequence for Core Practice Frames. *Journal of Teacher Education*, *65*(3), 195-206. https://doi.org/10.1177/0022487113518584

Jiménez-Aleixandre, M. P. y Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. En K. S. Taber y B. Akpan (Eds.), *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education* (pp. 69-80). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5

Justi, R. y Gilbert, J. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, *25*(11), 1369-1386. https://doi.org/10.1080/0950069032000070324

Lederman, N. G., Lederman, J. S. y Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology,1*(3), 138-147. https://ijemst.com/index.php/ijemst/article/view/284/pdf

Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a conceptual Tool to Understanding Teachers as Professionals. *Research on Science Education, 38*, 261-284. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6

Análisis de las actividades de ciencias de docentes en ejercicio para identificar qué destrezas científicas promueven en sus aulas

Beatriz Bravo-Torija[1], Tamara Esquivel-Martín[1], Irene Guevara-Herrero[1], Beatriz Mazas-Gil[2]

[1]Universidad Autónoma de Madrid. Grupo GIECMES. España.

[2]Universidad de Zaragoza. Grupo Beagle-IUCA. España.

* Correspondencia: beatriz.bravo@uam.es,

RESUMEN: Este estudio busca identificar las destrezas científicas promovidas por un grupo de 70 docentes de Educación Infantil, Primaria y Secundaria (EI, EP y ESO) en activo, a través del análisis de contenido de sus descripciones sobre las actividades que realizan en las aulas para trabajarlas. Las destrezas científicas se agrupan en tres prácticas científicas clave: argumentación, indagación y modelización. Los resultados muestran que la argumentación es la práctica más promovida por los docentes de EP y ESO, mientras que en EI predomina la indagación. En cuanto a las destrezas científicas, las actividades se centran en la comunicación y uso del conocimiento científico, mientras que la evaluación crítica, la reflexión sobre errores y la revisión de modelos aparecen muy poco, especialmente en ESO, y son casi inexistentes en EI. Estos hallazgos evidencian la necesidad de fortalecer la formación docente para favorecer la reflexión, el juicio crítico y la evaluación de procedimientos y modelos en todas las etapas educativas, garantizando así un aprendizaje de ciencias integral.

PALABRAS CLAVE: argumentación, indagación, modelización, profesorado en ejercicio.

ABSTRACT: This study aims to identify the scientific skills promoted by a group of 70 in-service Early Childhood, Primary, and Secondary Education teachers (ECE, PE, and SE) through a content analysis of their descriptions of the classroom activities they carry out to develop these skills. The scientific skills are grouped into three key scientific practices: argumentation, inquiry, and modelling. The results show that argumentation is the practice most frequently promoted by Primary and Secondary Education teachers, whereas inquiry predominates in ECE. Regarding specific scientific skills, activities mainly focus on the communication and use of scientific knowledge, while critical evaluation, reflection on errors, and the revision of scientific models appear very infrequently, especially in SE, and are almost non-existent in ECE. These findings highlight the need to strengthen teacher education in order to foster reflection, critical judgment, and the evaluation of procedures and models across all educational stages, thus ensuring a comprehensive science learning experience.

KEYWORDS: argumentation, inquiry, in-service teachers, modelling.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se considera clave que el alumnado reciba formación sobre cómo se construye el conocimiento científico y los procesos cognitivos, discursivos y sociales implicados (Jiménez-Liso et al., 2021). En el aula, esto implica superar un aprendizaje centrado en la transmisión de contenidos. El alumnado debe construir, utilizar, evaluar y comunicar el conocimiento en distintas situaciones de aprendizaje. Al igual que Jiménez-Aleixandre y Crujeiras-Pérez (2017), en este trabajo, distinguimos tres prácticas científicas: 1) la argumentación, entendida como el análisis del conocimiento a la luz de las pruebas y su difusión; 2) la indagación, considerada como la planificación y realización de investigaciones científicas; y 3) la modelización, que implica la construcción, uso y evaluación de modelos para dar sentido a los fenómenos naturales. Todas ellas forman parte de la *"Competencia Matemática y en Ciencia, Tecnología e Ingeniería (STEM)"* (MEFP, 2022a). Su desarrollo implica que el alumnado ponga en práctica distintas destrezas científicas, definidas como las habilidades para

realizar procedimientos propios de la investigación científica (Siarova et al., 2019). Por ejemplo, para la planificación y realización de investigaciones científicas, el estudiantado debería decidir qué datos son necesarios, y cómo, para responder a la pregunta de investigación.

Para ayudar al profesorado en su práctica docente, en este trabajo se parte de la identificación de las distintas destrezas científicas que deben abordarse en cada etapa educativa (Bravo-Torija et al., 2025), de modo que el profesorado pueda elegir cuál o cuáles de ellas considera que pone en práctica, conectándolas con qué actividades propone para conseguirlo. Este trabajo forma parte de una investigación más amplia centrada en analizar qué entiende el profesorado por destreza científica (Esquivel-Martín et al., 2024), cuáles considera que trabaja, y si realmente lo hace (Bravo-Torija et al., 2024). Este estudio busca complementar a los anteriores, proporcionando información sobre qué destrezas científicas son las más y menos trabajadas en cada práctica, permitiéndonos identificar qué destrezas requieren mayor atención en la formación docente y en el diseño de propuestas didácticas para favorecer un desarrollo equilibrado.

METODOLOGÍA

Participantes

Los participantes son 70 docentes en ejercicio, cuatro de EI, 32 de EP y 34 de ESO de ocho comunidades autónomas, destacando Aragón y la Comunidad de Madrid. Su experiencia laboral varía desde los dos meses a los 36 años.

Recogida y análisis de datos

Los datos recogidos son las respuestas escritas de los participantes a un cuestionario online (https://bit.ly/4a72wMS). En primer lugar, se les requería información sobre el nivel educativo en el que impartían docencia, sus años de experiencia y la comunidad autónoma en la que ejercían. Posteriormente, se les solicitaba definir qué consideraban como destreza científica (respuesta abierta) e indicar cuáles creían promover en su aula (respuesta cerrada) (Bravo-Torija et al., 2024; Esquivel-Martín et al., 2024). Se diferenciaba entre las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización y se mostraban las destrezas que formaban parte de ellas, pudiendo el profesorado señalar que ponían en práctica. Para clasificar las destrezas asociadas la argumentación, la indagación y la modelización, se compararon tres marcos educativos: dos internacionales (NRC, 2012; OECD, 2020) y el currículum estatal español para todos los niveles educativos (MEFP, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d), y se identificaron cuáles coincidían en los tres. Posteriormente, se estableció en qué etapas educativas aparecían recogidas, distinguiendo entre Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria (Bravo-Torija et al., 2025). Como ejemplo se presenta la clasificación de las implicadas en la práctica de modelización (Tabla 1). Esta clasificación se empleó como herramienta de análisis.

Tabla 1. Destrezas científicas implicadas en la práctica de modelización.

DESTREZA CIENTÍFICA	EI	EP	ES
Construir explicaciones sobre fenómenos naturales usando sus conocimientos científicos	X	X	X
Relacionar diferentes modelos con pruebas que los apoyan		X	X
Ofrecer explicaciones causales adecuadas a su nivel de conocimientos científicos	X	X	X
Identificar las lagunas o los puntos débiles de las explicaciones			X
Construir dibujos o diagramas como representaciones de eventos o sistemas	X	X	X
Representar y explicar fenómenos utilizando distintos tipos de modelos	X	X	X
Pasar de un modelo a otro de forma flexible		X	X
Discutir la limitación o precisión de un modelo para explicar un fenómeno		X	X

Los datos recogidos y analizados son las respuestas a la pregunta: "Describe una o varias actividades que utilices en tu aula, explicando cómo, con ellas, los alumnos trabajan las destrezas científicas marcadas en la pregunta anterior". Por ello, este estudio se enmarca en una metodología cualitativa de análisis de

contenido (Navarro et al., 2017). La unidad de análisis considerada es el fragmento de respuesta en el que el profesorado hace referencia a cómo aborda cada una de las destrezas señaladas con la actividad, o actividades, que realiza en su aula. Algunas respuestas hacían referencia a una destreza vinculada a una actividad, mientras que, en otras, se indicaban varias acompañadas de ejemplos de actividades para cada una de ellas. En consecuencia, una misma respuesta puede contener más de una unidad de análisis. Por ello, el número de unidades analizadas (n=215) supera el de participantes (n=70).

RESULTADOS

Los resultados generales muestran que la práctica científica más trabajada por el profesorado es la argumentación (n=86), siendo la modelización la menos presente (n=62). Fijándonos en las etapas educativas, en EP y ESO esta pauta se mantiene, mientras que en EI predomina la indagación. Esto resulta coherente, ya que en EI el alumnado comienza a comprender y explicar su realidad mediante la observación de fenómenos cercanos, la formulación de preguntas y la exploración libre (Mosquera-Bargiela et al., 2018).

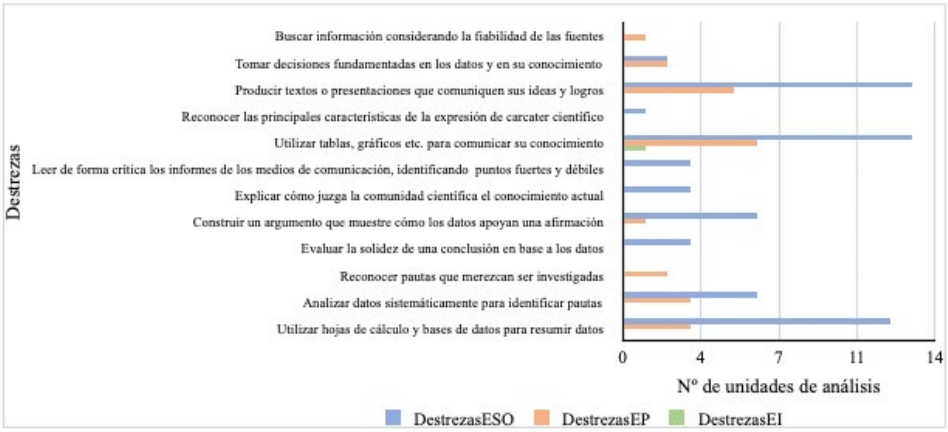


Figura 1. Destrezas de argumentación identificadas en la descripción de las actividades analizadas.

En cuanto a las destrezas, los resultados se muestran práctica por práctica, comenzando con la argumentación (Figura 1). Encontramos que, en EI, solo una participante indica trabajar en su aula el "uso de tablas, gráficos, etc. para comunicar el conocimiento". En EP y ESO, esta es una de las destrezas que predomina, junto con "producir textos y representaciones para dar a conocer sus ideas". Ambas destrezas se encuentran muy relacionadas, ya que se centran en la difusión del conocimiento. Tras ellas, encontramos el "uso de hojas de cálculo o bases de datos para resumir datos", y "analizarlos sistemáticamente para identificar pautas", correspondiente a la interpretación de datos. En cuanto a las destrezas relacionadas con su empleo, la "toma de decisiones sobre los datos" aparece en el mismo número de unidades de análisis en ambas etapas. Sin embargo, esto cambia cuando hacen referencia a "favorecer la construcción de argumentos", que apenas aparece en EP, siendo más frecuente en ESO. Por último, se observa que las destrezas conectadas con la "evaluación del conocimiento científico" solo aparecen en las actividades propuestas por profesorado de ESO. Entre ellas, tenemos la "*lectura crítica de noticias científicas*" y la "explicación sobre cómo juzga la comunidad científica el conocimiento". Este predominio de la construcción y uso del conocimiento frente a su evaluación puede deberse, por un lado, a que en las primeras etapas no es una demanda curricular expresa (Esquivel et al., 2024). Por otro, a que estas tareas exigen una elevada demanda cognitiva, ya que evaluar el conocimiento implica no solo utilizar pruebas, sino también identificar limitaciones y debilidades. Este proceso, dada su complejidad, se podría ver limitado en EI, debido al momento evolutivo en el que se encuentra el alumnado, siendo más común desarrollarlo en etapas posteriores (Willison et al., 2024). En cuanto a la "búsqueda de información en fuentes fiables", llama la atención que solo un docente describa una actividad en la que lo trabaja, a pesar de que se ha convertido en una habilidad clave en el aprendizaje de la enseñanza de las ciencias (Valverde-Crespo et al., 2022).

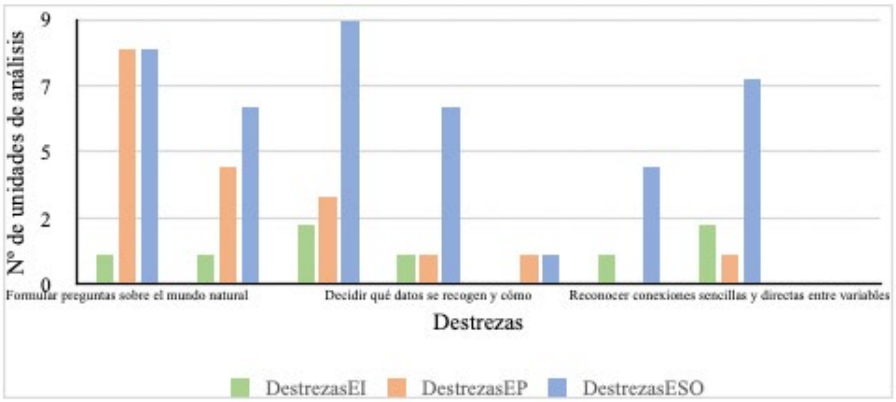


Figura 2. Destrezas de indagación identificadas en la descripción de las actividades analizadas.

En cuanto a las destrezas de indagación (Figura 2), varían entre etapas educativas. En ESO, destaca "identificar características, pautas o contradicciones que merecen ser investigadas", seguida de "formular preguntas sobre el mundo natural y reconocer conexiones sencillas y directas entre variables". En EP, aparece, en primer lugar, la "formulación de preguntas", seguida de su empleo para "diseñar una investigación", y la "identificación de pautas o contradicciones que pueden ser investigadas". En EI, destaca "reconocer conexiones sencillas entre variables" e "identificar características o pautas". Todas estas destrezas forman parte de aquellas que favorecen la construcción y uso de conocimiento, mientras que las asociadas a su evaluación como "decidir el procedimiento para conseguir fiabilidad y replicabilidad" o "reformular el procedimiento al encontrar datos contradictorios", apenas aparecen entre las actividades. Esto resultado puede explicar las dificultades encontradas por el alumnado para poner en práctica estas habilidades durante una indagación (Willison et al., 2024).

Respecto a la modelización (Figura 3), encontramos que tanto en EP como en ESO predomina la "construcción de explicaciones utilizando sus conocimientos". En EP, esta destreza presenta la misma frecuencia que "construir diagramas o dibujos para representar fenómenos". En cambio, en ESO dicha destreza ocupa el segundo lugar, junto con "representar y explicar fenómenos usando diferentes tipos de modelos" y "ofrecer explicaciones causales". En EI, se identifican con la misma frecuencia la "construcción de dibujos y diagramas", la "representación de distintos tipos de modelos" y "ofrecer explicaciones causales".

Al igual que en las dos prácticas científicas anteriores, encontramos que, aunque el profesorado ya no utiliza los modelos únicamente para transmitir información, las actividades que propone siguen centrándose más en construirlos que en utilizarlos o evaluarlos.

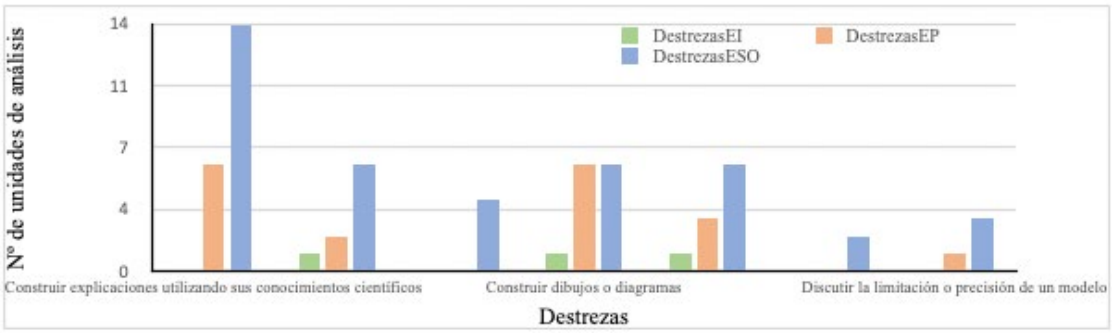


Figura 3. Destrezas de modelización identificadas en la descripción de las actividades analizadas.

Solo aparecen tres unidades de análisis que hacen referencia a realizar propuestas que promuevan la discusión sobre las limitaciones del modelo empleado, y solo una que aborda la necesidad de identificar los puntos débiles de las explicaciones ("Se analizan los modelos atómicos desde una perspectiva histórica identificando sus lagunas"). Este aspecto es importante, ya que indica que, si bien existe una

mejora, aún es necesaria formación docente sobre cómo promover la evaluación del conocimiento por el estudiantado al ser una demanda curricular (MEFP, 2022b; MEFP, 2022c; MEFP, 2022d).

CONCLUSIONES

El análisis de las actividades de ciencias implementadas por el profesorado revela que las prácticas científicas más promovidas en EP y ESO son la argumentación, seguida de la indagación y la modelización, mientras que en EI predomina la indagación, lo que es coherente con el desarrollo evolutivo del alumnado. En cuanto a las habilidades fomentadas mediante las actividades descritas por el profesorado, en todas las prácticas científicas, encontramos que las relacionadas con la generación y aplicación de conocimiento predominan frente a las de evaluación, ya sea modificando el procedimiento cuando aparecen resultados contradictorios o evaluando la solidez de la conclusión de otros basándose en pruebas.

Los resultados de esta propuesta sugiere que, si bien se ha avanzado en la manera de abordar el aprendizaje de ciencias por el alumnado, aumentando su implicación en el proceso, sigue siendo necesario reforzar la preparación docente para promover la reflexión, el juicio crítico y la evaluación de los procedimientos y modelos empleados, ya que las destrezas vinculadas con estos procesos tienen menor presencia en el trabajo de aula (Jiménez-Aleixandre y Crujeiras-Pérez, 2017; MEFP, 2022; Willison et al., 2024). Estos resultados evidencian la necesidad de incluir, tanto en la formación inicial como continua del profesorado, el análisis de actividades que desarrollen estas destrezas. Asimismo, es imprescindible que también diseñen e implementen sus propuestas, valorando los aprendizajes de su alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento al proyecto PID2021-123615OA-I00, al grupo GIECMES, al Grupo BEAGLE y al IUCA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo-Torija, B., Esquivel-Martín, T., Guevara-Herrero, I. y Mazas-Gil, B. (2024). ¿Qué destrezas científicas cree trabajar el profesorado en ejercicio y cómo? *Actas XXXI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Burgos.

Bravo-Torija, B., Esquivel-Martín, T. y Guevara-Herrero, I. (2025). *Caracterización de las destrezas implicadas en las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización*. En B. Mazas-Gil y M.J. Sáez-Bondía (Coords.), 4 +4 situaciones de Aprendizaje en Ciencias (pp. 25-34). Octaedro.

Esquivel-Martín, T., Mazas-Gil, B., Bravo-Torija, B. y Guevara-Herrero, I. (2024). What do in-service teachers understand by scientific skills and which ones do they promote in their classroom. Comunicación presentada en la 14th conference of European Researchers in Didactics of Biology.

Jiménez-Aleixandre, M. P. y Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. En K. S. Taber y B. Akpan (Eds.), *Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education* (pp. 69-80). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5

Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., Avraamidou, L. y López-Gay Lucio-Villegas, R. (2021). Scientific practices in teacher education: the interplay of sense, sensors, and emotions. *Research in Science & Technological Education, 39*(1), 44-67. https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1647158

Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) (2022a). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 82, del 6 de abril de 2022. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243/con

Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) (2022b). Real Decreto 95/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. Boletín Oficial del Estado, 28, del 2 de febrero de 2022. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/95/con

Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) (2022c). Real Decreto 147/2022, de 1 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, 52, del 3 de marzo de 2022. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con

Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) (2022d). Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 82, del 6 de abril de 2022. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243

Mosquera-Bargiela, I., Puig, B. y Blanco-Anaya, P. (2018). Las prácticas científicas en infantil. Una aproximación al análisis del currículum y planes de formación del profesorado de Galicia. *Enseñanza de las Ciencias*, *36*(1), 7-23. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2311

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting concepts, and Core ideas*. National Academies Press.

Navarro, R., Jiménez, E., Rappoport, S. y Thoilliez, B. (2017). *Fundamentos de la investigación y la innovación educativa*. UNIR editorial.

Valverde-Crespo, D., de Pro Bueno, A., & González-Sánchez, J. (2022). La fiabilidad de la información sobre ciencia de Internet y criterios utilizados para justificarla por parte de estudiantes de educación secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *19*(3), 3103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3103

Willison, J., Draper, C., Fornarino, L., Li, M., Sabri, T., Shi, Y. y Zhao, X. (2024). Metacognitively ALERT in science: literature synthesis of a hierarchical framework for metacognition and preliminary evidence of its viability. *Studies in Science Education*, *60*(2), 153–189. https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207147

Digitalización y currículo de Biología en Paisajes de Aprendizaje en la formación inicial de maestros/as

Rafael Miguel Maroto Gamero[a], *Mª Mercedes Martínez-Aznar*[b]

Facultad de Educación-CFP (UCM).

* Correspondencia: [a]ramaroto@ucm.es,

RESUMEN: Los Paisajes de aprendizaje (PdA) son herramientas de programación curricular que personalizan el aprendizaje a través de su digitalización. Su diseño cooperativo permite construir competencias profesionales docentes en estudiantes de la asignatura de Fundamentos y Didáctica de la Biología del 2º curso del Doble Grado de Maestro en Educación Primaria (EP) y Pedagogía de la Universidad Complutense de Madrid. Cada grupo diseña un PdA relacionado con los contenidos de un nivel de EP del bloque «El cuerpo humano y sus funciones vitales» de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza. Se analiza el alineamiento de elementos curriculares (competencias y estándares de aprendizaje) y la digitalización de los PdA de una muestra (30 %) de los trabajos grupales frente a docentes expertos. Como avance de resultados se observa que hay una alineación media elevada tanto en competencias como en los estándares de aprendizaje, con una similitud estructural mayor en las primeras que en los segundos, y con una calidad en la digitalización en torno al 70 % en todos los PdA. A modo de conclusión, se constata que los PdA son herramientas adecuadas para el desarrollo competencial docente de los futuros maestros/as.

PALABRAS CLAVE: Formación inicial de maestros/as de educación primaria; competencias profesionales docentes; Paisajes de aprendizaje; Digitalización; Currículo de Biología

ABSTRACT: Learning Landscapes (LLs) are curriculum planning tools that personalize learning through digitalization. Their collaborative design enables the development of professional teaching competences in students enrolled in the module «Foundations and Didactics of Biology» in the second year of the Double Degree in Primary Education and Pedagogy at Complutense University of Madrid. Each group designs an LL related to the contents of a primary education level within the block «The Human Body and its Vital Functions» in the subject of Natural Sciences. The alignment of curricular elements (competences and learning standards) and the digitalization of the LLs are analyzed based on a sample (30%) of the group projects in front of expert teachers. Preliminary results show a high average level of alignment in both competences and learning standards, with greater structural similarity in the former than in the latter, and a digitalization quality of around 70% across all LLs. In conclusion, LLs can be considered suitable tools for the development of teaching competences in future teachers.

KEYWORDS: Initial training of primary school teachers; professional teaching skills; Learning landscapes; Digitalization; Biology curriculum

MARCO TEÓRICO

Los Paisajes de aprendizaje (PdA) son herramientas de programación curricular que buscan personalizar el aprendizaje (Fernández, Hernando y Poyatos, 2018), con diferentes itinerarios que el alumnado configura según sus necesidades formativas, sus inquietudes (Tomé *et al*., 2021), sus intereses personales y sus características individuales, favoreciendo la diversidad en la forma de aprender (García-Tudela, 2021). Se presentan como un marco visual interactivo donde el alumnado toma decisiones sobre las actividades y recursos que va a utilizar (Agudelo y Salinas, 2015). El contenido se organiza de manera que se logre una mayor implicación del estudiantado, negociando tiempos, modos y herramientas en un proceso puesto al servicio del desarrollo integral y del aprendizaje (VV.AA., 2015). Además, la inclusión de elementos como la narrativa y la gamificación facilita la motivación y el compromiso del usuario con el contenido didáctico (Naber, 2025).

Los PdA integran los elementos curriculares al diseñar actividades a partir de una matriz en la que se cruzan los niveles cognitivos de la Taxonomía de Bloom y las Inteligencias múltiples de la teoría de Gardner, un total de 48 casillas que no es necesario trabajar íntegramente (Hilario *et al*, 2020). Las herramientas para crear el entorno digital de trabajo para el alumnado son variadas, destacando *Genially*, *Thinglink* o *Decktoys* entre otros.

Experiencias como las de Íñigo, Zafra y Palacios (2025) promueven, además de una enseñanza autónoma y personalizada, el fomento del aprendizaje competencial y la mejora de la motivación en estudiantes de Máster de Formación del Profesorado. Igualmente, en trabajos previos (García-Tudela, 2021; Maroto y Martínez-Aznar, 2021) se ha constatado que, a través de la digitalización de los PdA, se favorece el desarrollo de competencias clave mediante las TIC al integrar de forma secuenciada metodologías variadas (aprendizaje cooperativo, gamificación, visual thinking, etc.).

García-Tudela en 2021 apuntaba que, a pesar de que existían buenas prácticas con logros en la inclusión y el desarrollo de competencias usando la tecnología, los PdA eran un objeto de estudio sobre el que apenas se habían desarrollado investigaciones. Recientemente, Cuadrado-Ballesteros *et al* (2025) utilizan un PdA para integrar los objetivos del desarrollo sostenible en la universidad y constatan, igualmente, que, si bien hay una amplia fundamentación sobre metodologías activas en educación superior, la literatura relacionada con los PdA es escasa y con limitaciones, debido a que la mayoría de los estudios se centran en niveles educativos inferiores y no han sido publicados en revistas de alto impacto o redactados en inglés. Asimismo, la revisión de la literatura muestra que las investigaciones se centran en los resultados de la aplicación de PdA en alumnado de distintas etapas educativas.

En este trabajo se pretende aportar un punto de vista diferente en el que se analiza, parcialmente, la forma en la que maestros/as de Educación Primaria (EP) en formación inicial diseñan los distintos componentes de PdA de Biología para su alumnado. Los futuros maestros/as deben vivenciar sus experiencias como aprendices para posteriormente trasladarlas al aula. Aprender a diseñar PdA les permite adquirir experiencia trabajando el currículum, los contenidos, las competencias y estándares de aprendizaje, el diseño de actividades, la personalización del aprendizaje a la diversidad del aula y la competencia digital con el producto final digitalizado.

OBJETIVO

Evaluar y comparar el grado de alineación curricular (competencias y estándares) y la calidad de digitalización de los Paisajes de aprendizaje como herramientas para el desarrollo competencial en el manejo del currículum de Biología de futuros maestros/as de Educación Primaria.

METODOLOGÍA

Se presenta un estudio de caso caracterizado dentro del diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje, que forma parte de una investigación más amplia, basado en la creación de Paisajes de aprendizaje de Biología por maestros/as en formación inicial. Se centra, por un lado, en cómo cada grupo integra en sus PdA los elementos curriculares y, por otro, cómo los digitalizan para el alumnado de EP. Los contenidos del currículo de 1º a 6º de EP trabajados son «El cuerpo humano y sus funciones vitales» de la asignatura Ciencias de la Naturaleza (RD. 126/2014 y D. 89/2014).

Muestra

Está constituida por un grupo de 40 estudiantes de 2º curso del Doble Grado de Maestro en Educación Primaria y Pedagogía, del curso académico 2021-22 de la Universidad Complutense de Madrid. El trabajo se desarrolla en la asignatura de «Fundamentos y Didáctica de la Biología» y aquí se presenta el análisis de los trabajos de tres grupos (30 %), de 4 estudiantes cada uno, seleccionados al azar.

Técnicas de recogida y análisis de datos

La recogida de datos se realiza a través de los trabajos grupales sobre los PdA que diseñan los maestros/as en formación inicial. Por un lado, un documento escrito con todos los elementos necesarios para

llevar a cabo el PdA. Por otro lado, el producto digital final que es el material que guía la secuencia didáctica del alumnado de EP.

El documento contiene, entre otros componentes, las actividades y los elementos curriculares que las justifican según la normativa vigente en su momento (RD. 126/2014 y D. 89/2014). Se analiza cómo se abordan, en cada una de las actividades, dos de los elementos curriculares: las competencias (tabla 1) y los estándares de aprendizaje. Ambos elementos se consideran muy relevantes para el perfil del alumnado de EP y, además, su manejo por parte de los futuros maestros/as está muy relacionado con las competencias profesionales docentes al tener que ser capaces de desarrollar el currículum científico.

Tabla 1. Competencias trabajadas en las actividades (RD. 126/2014)

CÓDIGO	COMPETENCIA
CCL	Comunicación lingüística.
CMCT	Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
CD	Competencia digital.
CAA	Aprender a aprender.
CSYC	Competencias sociales y cívicas.
SIEP	Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
CEC	Conciencia y expresiones culturales.

Los estándares de aprendizaje se corresponden con los del «Bloque 1. Iniciación a la actividad científica» (15 estándares) y los del «Bloque 2. El ser humano y la salud» (15 estándares) del RD. 126/2014 (p. 17). Estándares de otros bloques no han sido tenidos en cuenta.

Las competencias y los estándares de aprendizaje de las actividades de cada grupo han sido sometidos a un cotejo con los autores («Experto») creando una matriz de datos de Presencia/Ausencia. Para evaluar la coherencia entre la asignación Grupo-Experto se ha utilizado un conjunto de indicadores (tabla 2) que permita conocer la calidad de alineación de los trabajos.

Tabla 2. Indicadores utilizados para medir la calidad de alineación de competencias y estándares

INDICADORES	MEDIDA
MAE (Mean Absolute Error)	Error absoluto medio. Compara distancias Grupo-Experto
GAP (Group-Expert Difference)	Diferencia entre dos distribuciones. Evalúa el sesgo en calificadores
Máximo |GAP|	Detección de desajustes críticos
Índice de Jaccard	Similitud de conjuntos. Evalúa la coincidencia estructural
Score de alineación	Calidad global

El segundo de los instrumentos de recogida de datos ha sido la digitalización del PdA, que es la herramienta final con la que interactuará el alumnado de EP. Se desarrolla con herramientas digitales y permite la interacción del usuario al integrar metodologías variadas a través de las TIC. El análisis de los productos digitales abarca 8 dimensiones: 1) Estructura y Navegación; 2) Claridad instruccional (actividades); 3) Variedad y diseño de actividades; 4) Accesibilidad e inclusión (DUA); 5) Evaluación; 6) Integración tecnológica (SAMR observable); 7) Contextualización (aprendizaje significativo); y 8) Motivación y narrativa. Cada dimensión se compone de 5 elementos clave para incorporar en los PdA,

constituyendo un total de 40 criterios observables. Algunos ejemplos de estos elementos son: 1.4. Las instrucciones generales están visibles; 3.5. Hay actividades de reflexión; o 7.1. Se vincula con la vida real.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de los elementos curriculares (competencias y estándares de aprendizaje) de las actividades de los grupos (GT01=16 actividades, GT02=16, GT03=27) frente al experto se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de los indicadores para las competencias y los estándares de aprendizaje por grupo

COMPETENCIAS					
GRUPO	MAE	SCORE DE ALINEACIÓN	MÁXIMO |GAP|	SESGO MEDIO	JACCARD
GT01	0,27	73,21 %	0,75	-0,27	0,83
GT02	0,16	83,93 %	0,69	-0,11	1,00
GT03	0,27	72,53 %	0,73	-0,27	0,86
ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE					
GRUPO	MAE	SCORE DE ALINEACIÓN	MÁXIMO |GAP|	SESGO MEDIO	JACCARD
GT01	0,18	82,29 %	0,94	-0,16	0,45
GT02	0,14	86,25 %	0,81	-0,08	0,79
GT03	0,17	82,82 %	0,69	-0,14	0,77

Los indicadores muestran una alineación media elevada entre los grupos y el experto tanto en competencias (Score = 73-84 %) como en estándares (Score = 82-86 %), con un sesgo negativo leve que indica infra asignación por parte de los grupos. La similitud estructural es mayor en competencias (Jaccard = 0,83-1,00) que en estándares (0,45-0,79), coherente con la mayor granularidad de estos últimos. GT02 presenta el mejor perfil global (menor MAE y sesgo, y Jaccard más alto), constituyéndose en referencia. GT01 concentra su principal desajuste en estándares, con baja coincidencia de conjuntos (Jaccard = 0,45) y un dato atípico muy marcado (máx |GAP| = 0,94), mientras que GT03 se sitúa en un punto intermedio, con buen rendimiento en estándares y margen de mejora en competencias. La representación gráfica mediante un diagrama de burbujas (Figura 1) muestra que las diferencias no son generalizadas sino focalizadas. Por ejemplo, en el caso del GT01 únicamente utilizaron estándares del Bloque 2 sin tener en cuenta el Bloque 1, motivo por el cual aparece desplazado hacia la izquierda.

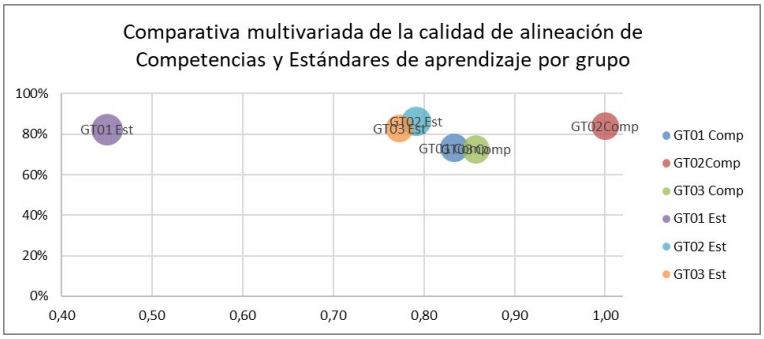


Figura 1: Diagrama de burbujas que mide la calidad de alineación de los elementos curriculares

Con respecto a las competencias, la comparación gráfica (Figura 2) revela un alto ajuste en competencias nucleares (p. ej., CMCT en GT02 y GT03) y déficits sistemáticos en competencias transversales (SIEP y CEC) para los tres grupos, con GT02 como caso de mayor alineación general. GT01 evidencia infra

asignación en la mayoría de las competencias, mientras que GT03 muestra un rendimiento intermedio con buen reconocimiento de CSYC y CMCT, pero menor explicitación en CCL y CAA. Estos resultados sugieren que el alumnado en formación identifica mejor las competencias más visibles y requiere andamiaje para detectar y hacer explícitas las competencias metacognitivas y culturales.

El análisis de las ocho dimensiones de digitalización (Figura 3) revela que los tres grupos presentan un nivel sólido de diseño en aspectos como estructura, variedad de actividades y narrativa, lo que sugiere una comprensión adecuada de las claves pedagógicas del aprendizaje digital. Sin embargo, persisten debilidades sistemáticas en integración tecnológica (SAMR) y evaluación, especialmente en GT01 y GT03, donde la incorporación de estrategias evaluativas digitales y el uso transformador de la tecnología son limitados. GT02 emerge como el grupo más equilibrado, con valores altos en prácticamente todas las dimensiones, a excepción del nivel de transformación tecnológica. Estos resultados apuntan a la necesidad de reforzar la evaluación digital auténtica, la accesibilidad desde principios DUA, y el diseño de experiencias digitales que utilicen la tecnología como herramienta para redefinir tareas, no solo para sustituir formatos analógicos.

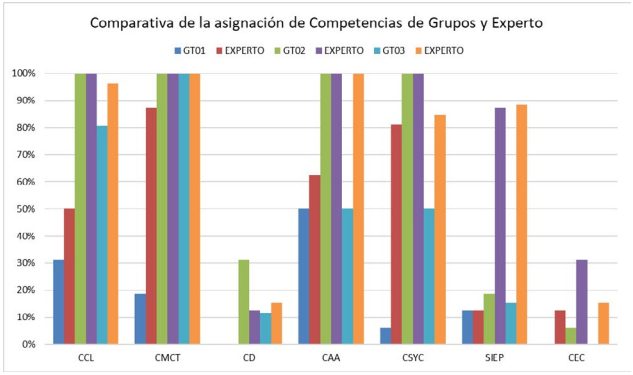


Figura 2: Gráfica que muestra las diferencias de asignación de competencias entre grupos y experto

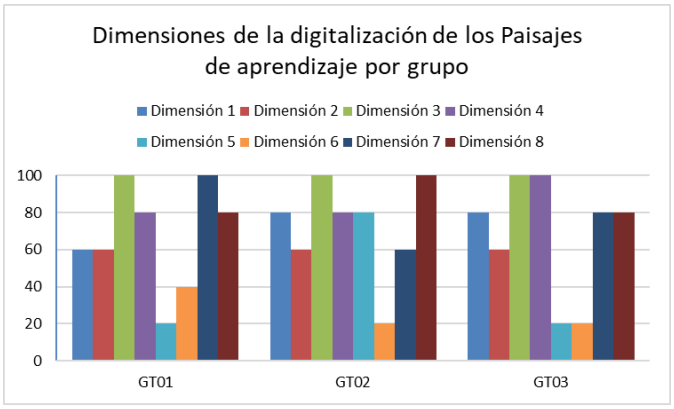


Figura 3: Análisis de las 8 dimensiones de la digitalización por grupo

Por último, se comparan de manera global en porcentaje la calidad de la digitalización y la alineación curricular de cada PdA, revelando el patrón propio de cada grupo (Figura 4).

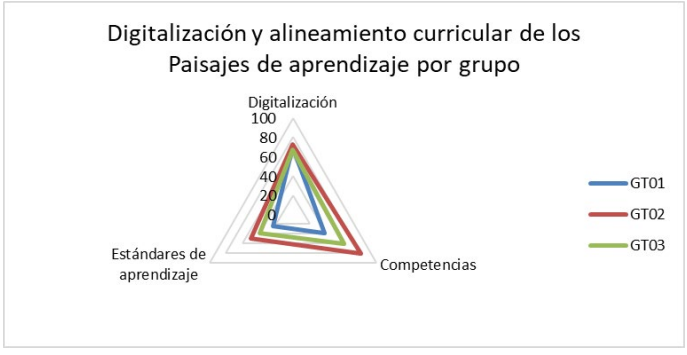


Figura 4: Vista sintética del desempeño de cada grupo en las tres dimensiones macro del estudio

GT02 exhibe el mejor desempeño global y más equilibrado en la digitalización (72,5/100) y en la alineación curricular —competencias (81,96) y estándares (50,48)—, lo que sugiere una integración madura entre diseño digital y fidelidad al currículo. En cuanto a GT03, presenta un perfil intermedio, con una digitalización ligeramente inferior (67,5), una alineación media por competencias (61,72) y estándares moderados (39,69), considerándose un paisaje funcional pero con margen de mejora. Finalmente, GT01 muestra una digitalización aceptable (70,0) pero la menor alineación curricular tanto en competencias (38,02) como en estándares (23,95), estando el foco de mejora en el mapeo curricular de las actividades. Esta tridimensionalidad permite comprender la calidad de los paisajes de aprendizaje no solo como sumatoria de componentes, sino como un constructo complejo en el que convergen la competencia docente digital, la capacidad de lectura curricular y el diseño instruccional.

CONCLUSIONES

Los paisajes analizados muestran coherencia y potencial formativo: la calidad del diseño digital es compatible con una fidelidad curricular elevada cuando se dispone de criterios claros, ejemplos de referencia y procesos de calibración. Las herramientas de análisis y los resultados obtenidos son la base para el futuro trabajo con el resto de los elementos curriculares de estos y del resto de los grupos. Se constata que la construcción de Paisajes de aprendizaje es adecuada para el desarrollo competencial docente de los futuros maestros/as de Educación primaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudelo, O. L., & Salinas, J. (2015). Flexible Learning Itineraries Based on Conceptual Maps. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 4(2), 70-76.

Cuadrado-Ballesteros, B., González-Bravo, M. I., Martínez-Ferrero, J. & Lahuerta-Otero, E. (2025). Bridging knowledge and action: Sustainable development through learning landscapes in higher education. *Innovations in Education and Teaching International*. https://doi.org/10.1080/14703297.2025.2516113

Fernández, R., Hernando, A. & Poyatos, M. (2018). Paisajes de aprendizaje. *Consejería de Educación y Juventud. D. G. de Bilingüismo y Calidad de la Enseñanza*. Publicación en línea Madrid, 2018. ISBN/ISSN: 978-84-451-3742-0 EPUB 134p. https://www.comunidad.madrid/publicacion/ref/16416

García-Tudela, P. A. (2021). Los paisajes de aprendizaje como una herramienta para atender a la diversidad: análisis cualitativo de propuestas didácticas. En Pérez-Fuentes, C., Gázquez Linares, J.J., Simón Marquez, M.M. & Barragán Martín, A.B. (Eds.) *Innovación docente e investigación en educación: nuevos enfoques en la metodología docente*. pp. 549-557. Ed. Dickinson.

Hilario, J. P., Maestro, J. A., Valladares, M., & Moya, C. (2020). Metodologías para una educación innovadora. Casos prácticos: Aplicación práctica en nuevos espacios para el aprendizaje. *Wolters Kluwer*. 140p. ISBN: 978-84-9987-207-0

Íñigo Mendoza, V., Zafra Ruano, A., & Palacios Ortega, A. (2025). Análisis del paisaje de aprendizaje como herramienta para la formación de profesorado en entornos flexibles de enseñanza en línea. *Edutec, Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (93), 88–102. https://doi.org/10.21556/edutec.2025.93.4045

Maroto Gamero, R. M. & Martínez-Aznar, M. M. (2021). Diseño de paisajes de aprendizaje en la formación inicial de maestros/as de Educación Primaria. *Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias, 2021: Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible*, 567-570. Lisbon, Portugal. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9704810

Naber Sitzmann, G. N. (2025). Innovación Educativa a través de los Paisajes de Aprendizaje. *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación*. Año XXVI. Vol. 60. pp. 131-133. ISSN 1668-1673

Tomé, L., Mateos, J. M., Hernández, M.M., & Santos, M.J. (2021). Descubriendo la presión a través de un paisaje de aprendizaje. En C. López (Ed.), *Innovación en la formación de los futuros educadores de Educación Secundaria para el Desarrollo Sostenible y ciudadanía mundial*, 311-322. Ediciones Universidad Salamanca. https://eusal.es/index.php/eusal/catalog/view/978-84-1311-498-9/5634/6518-1

VV.AA. (2015). Diseñando oportunidades. La matriz del paisaje de aprendizaje. *Educadores: Revista de renovación pedagógica*. N.º. 256. pp. 26-40 ISSN: 0013-1113

Superando la biofobia: impacto de una intervención experiencial en las emociones y actitudes hacia artrópodos de futuros maestros

Sara Carmona-Gallardo[1]*, *Aurora Muñoz-Losa*[1] *e Isaac Corbacho-Cuello*[1]

[1] Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: scarmona@unex.es

RESUMEN: Abordar las barreras afectivas hacia los invertebrados es una tarea prioritaria para fortalecer la alfabetización en biodiversidad en la formación inicial del profesorado. Esta investigación evaluó el impacto de una intervención experiencial con artrópodos en el perfil emocional, las actitudes y la autoeficacia pedagógica de 187 futuros docentes de Educación Infantil y Primaria en España. Mediante un diseño cuasi-experimental de pre-test y post-test, los participantes completaron una sesión práctica de tres horas que integró la recolección en campo y la observación microscópica en laboratorio, complementando la formación teórica previa. Los resultados revelaron una transformación significativa en la disposición de los estudiantes: se incrementó la comodidad y la valoración del potencial didáctico de estos organismos, al tiempo que mejoró el conocimiento autopercibido y la preparación para su implementación en el aula. Tras la actividad, las respuestas emocionales negativas (repulsión, miedo e inseguridad) disminuyeron significativamente, siendo sustituidas por un aumento de la curiosidad, el entusiasmo y la confianza. Estos hallazgos resaltan la necesidad de incorporar estrategias emocionalmente competentes y experiencias directas en los planes de estudio docentes para mitigar la biofobia y promover una educación científica más significativa y conectada con el entorno natural.

PALABRAS CLAVE: artrópodos; emociones en la educación biológica; aprendizaje experiencial; docentes en formación; formación del profesorado de ciencias

ABSTRACT: Addressing affective barriers toward invertebrates is a priority for strengthening biodiversity literacy in initial teacher education. This research evaluated the impact of an experiential intervention with arthropods on the emotional profile, attitudes, and pedagogical self-efficacy of 187 pre-service pre-school and primary teachers in Spain. Using a quasi-experimental pre-test/post-test design, participants completed a three-hour practical session integrating field collection and microscopic laboratory observation, complementing prior theoretical training. Results revealed a significant transformation in students' readiness: comfort and appreciation of the didactic potential of these organisms increased, while self-perceived knowledge and preparedness for classroom implementation improved. Following the activity, negative emotional responses (disgust, fear, and insecurity) experienced a drastic decrease, replaced by an increase in curiosity, enthusiasm, and confidence. These findings highlight the need to incorporate emotionally competent strategies and direct experiences into teacher education curricula to mitigate biophobia and promote more inclusive science education connected to the natural environment.

KEYWORDS: arthropods; emotions in biology education; experiential learning; pre-service teachers; science teacher education

INTRODUCCIÓN

La comprensión de la biodiversidad es un pilar fundamental en la formación de futuros maestros de primaria, quienes posteriormente influirán en la conciencia científica temprana de sus estudiantes. Sin embargo, los artrópodos, a pesar de su relevancia ecológica y accesibilidad, suelen estar ausentes en las aulas de primaria debido a barreras emocionales como el miedo y el asco (Bouchard et al., 2014). Estas percepciones negativas se gestan en edades tempranas y suelen persistir en la edad adulta, influyendo

en la disposición de los futuros docentes para abordar estos contenidos (Esteve et al., 2019). Como resultado, muchos educadores presentan patrones de evitación respecto a contenidos relacionados con los invertebrados de manera no intencional.

Se ha visto que las experiencias directas y el contacto con organismos vivos en el aula pueden mitigar estas respuestas biofóbicas (Miller et al., 2025). Sin embargo, el asco suele ser una emoción más persistente que el miedo, requiriendo intervenciones estructuradas que combinen el apoyo emocional con el conocimiento científico (Randler et al., 2012). Estos cambios suelen estar asociados únicamente a las especies con las que se interactúa (Wagler y Wagler, 2011), lo que resalta la importancia de llevar a cabo intervenciones multiespecíficas. El presente estudio evalúa cómo una intervención práctica con artrópodos influye en las emociones, actitudes y conocimientos de los futuros maestros, contribuyendo a integrar dimensiones afectivas y cognitivas en la enseñanza de la biodiversidad.

METODOLOGÍA

Participantes

El estudio realizado involucró a 187 futuros docentes matriculados en el tercer curso del Grado en Educación Infantil y Primaria de la Universidad de Extremadura, cuya edad promedio era de 20 años. La intervención se llevó a cabo durante una sesión práctica programada en la asignatura obligatoria de Didáctica de la Biología y la Geología. Aunque el estudio formaba parte de actividades integradas en el currículo, la participación en el componente de investigación fue voluntaria. El estudio cumplió con los estándares éticos para la investigación educativa, con el consentimiento informado de todos los participantes y recopilación anónima de los datos.

Diseño del estudio

Se seleccionó un diseño pre-test/post-test para analizar cambios afectivos y cognitivos a corto plazo, en consonancia con investigaciones previas sobre intervenciones basadas en emociones en la educación biológica (Gómez-Prado et al., 2020). La intervención consistió en una única sesión de 3 horas dividida en dos partes: 45 minutos al aire libre dedicados a la captura de artrópodos y 135 minutos en laboratorio para su observación, análisis y discusión. Antes de la práctica, los estudiantes habían recibido clases teóricas sobre morfología, clasificación, ciclos de vida e importancia ecológica de los artrópodos, proporcionando la base conceptual necesaria.

En la fase al aire libre, los participantes recolectaron artrópodos locales (insectos, arácnidos, crustáceos y miriápodos) en el entorno del centro educativo, utilizando materiales básicos de muestreo. Los organismos fueron manipulados cuidadosamente, mantenidos vivos durante la observación y liberados sin daño al finalizar la actividad. En el laboratorio, los estudiantes utilizaron estereomicroscopios para examinar estructuras externas como antenas, ojos compuestos, piezas bucales, patas y segmentación corporal. Para apoyar la identificación, se proporcionaron ilustraciones morfológicas, una clave dicotómica y la opción de usar iNaturalist para verificar géneros o especies.

La actividad fue diseñada para desarrollar habilidades científicas de observación y clasificación, pero también para abordar dimensiones emocionales y actitudinales del aprendizaje sobre biodiversidad. La interacción directa con organismos vivos en un contexto seguro y respetuoso buscó reducir miedo y asco, fomentar la curiosidad y promover una valoración más positiva de la biodiversidad local.

Instrumentos y análisis de datos

Se utilizó un cuestionario con componentes cualitativos y cuantitativos que evaluaba actitudes (escala Likert 1-5), emociones (selección múltiple de 11 términos), conocimiento y preparación (escala 1- 10), barreras percibidas antes/después de la intervención y valoración de la actividad. El cuestionario fue validado por el juicio experto de cinco profesores universitarios con experiencia en didáctica de las ciencias experimentales.

Los datos cuantitativos se analizaron utilizando el *software* JASP (0.18.3). Aunque los ítems de tipo Likert proporcionan datos ordinales, se calcularon los valores medios para resumir la tendencia central.

Dado que los datos no seguían una distribución normal, se aplicaron pruebas no paramétricas Wilcoxon para comparaciones pre-post test y Chi-cuadrado para evaluar diferencias en variables categóricas. La significación estadística se fijó en $p < 0,05$. Las respuestas abiertas fueron codificadas temáticamente de forma independiente por dos investigadores, con discusiones iterativas hasta alcanzar un consenso. Los resultados de los análisis cuantitativos y cualitativos se integraron durante la interpretación para triangular los resultados y proporcionar una comprensión exhaustiva de los cambios afectivos y cognitivos de los participantes.

RESULTADOS

Actitudes y percepciones hacia los artrópodos

Se observó una mejora estadísticamente significativa ($p < 0.001$) en la *comodidad* de los participantes al trabajar con artrópodos (ítem 1: "¿cómo te sientes al trabajar con artrópodos en el aula?"), en su *percepción* sobre la utilidad pedagógica de estos organismos (ítem 2: "¿cuál es tu percepción sobre el uso de artrópodos en la enseñanza?") y en la creencia en que la actividad *ayuda* a superar prejuicios (ítem 3: "¿crees que la actividad de hoy podría ayudarte a superar posibles miedos o prejuicios hacia los artrópodos"?). Como se muestra en la Figura 1, las puntuaciones medias aumentaron en los tres ítems.

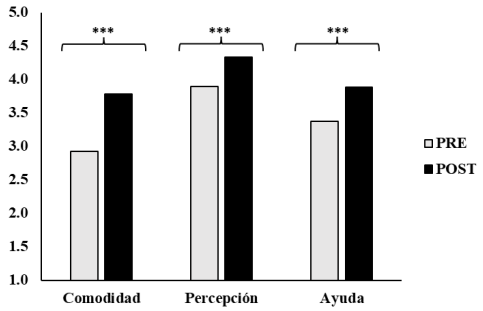


Figura 1. Puntuaciones pre y post-test obtenidas para tres ítems sobre las actitudes hacia los artrópodos: sentirse cómodo trabajando con ellos (*comodidad*), percibir su utilidad en la enseñanza (*percepción*) y creer que la actividad podría ayudar a superar miedos/prejuicios (*ayuda*) (***$p < 0.001$).

Respuestas emocionales

Las respuestas emocionales de los participantes hacia trabajar con artrópodos cambiaron sustancialmente pre-post test (ítem 4a: "¿qué emociones te despierta trabajar con artrópodos en el aula?"). Como se puede observar en la Figura 2, en la línea de base, la *curiosidad* ya era la emoción más frecuentemente mencionada, seguida de la *diversión* y el *entusiasmo*, lo que indica un interés inicial a pesar de la presencia de sentimientos negativos. Sin embargo, las emociones negativas también eran prominentes: más de la mitad de los participantes mencionaron el *asco*, y casi un tercio mencionó la *inseguridad* y el *miedo*. Tras la actividad, se produjeron aumentos estadísticamente significativos en las emociones positivas, incluyendo la *curiosidad*, el *entusiasmo*, la *diversión*, la *confianza* y la *satisfacción*. Al mismo tiempo, las emociones negativas como el *asco*, la *inseguridad*, el *miedo*, la *ansiedad* y la *frustración* disminuyeron significativamente. La *indiferencia* se mantuvo baja y sin cambios.

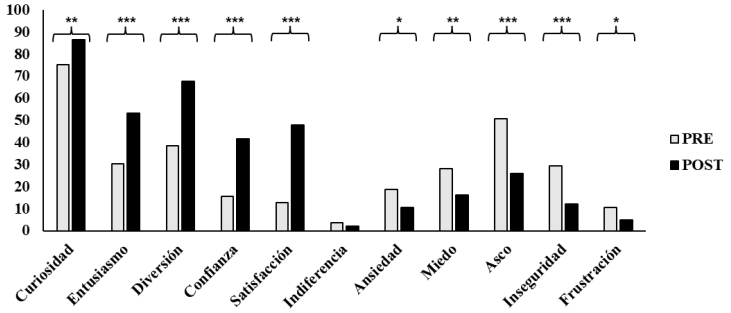


Figura 2. Frecuencia relativa de las respuestas emocionales antes y después de la intervención (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

En cuanto a las razones detrás del perfil emocional indicado por los participantes (ítem 4b: "¿por qué seleccionaste esas emociones?"), las comparaciones entre pre-test y post-test mostraron cambios significativos tras la intervención (Figura 3). Antes, predominaban el *asco* o *rechazo* y la *curiosidad* o *interés*, junto con menciones de *miedo* o *inseguridad*, mientras que pocas personas ofrecían una evaluación positiva de la actividad. Después de la intervención, disminuyeron las referencias al *asco* o *rechazo* y aumentaron notablemente las evaluaciones positivas, que pasaron a ser la razón principal. También disminuyeron las menciones a la *novedad*, lo que indica mayor familiaridad. Aunque la *curiosidad* y el *miedo* no variaron de forma significativa, el conjunto de resultados muestra una transición emocional desde la incomodidad inicial hacia una mayor implicación y valoración de la experiencia de aprendizaje.

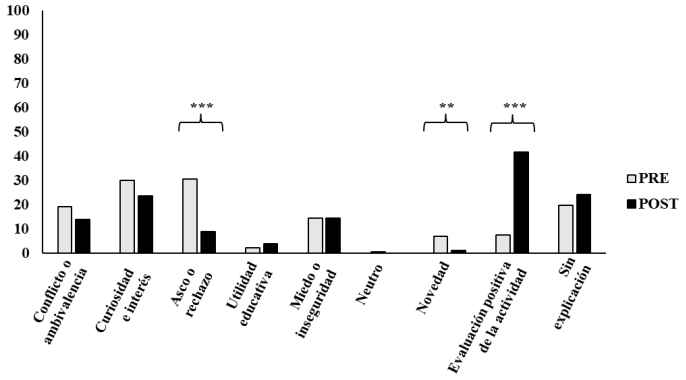


Figura 3. Frecuencias relativas de las categorías temáticas antes y después de la intervención, a partir de respuestas emocionales abiertas **(** $p < 0.01$**, *** $p < 0.001$**)**.

Conocimiento y preparación percibidos

El nivel de *conocimiento* autopercibido sobre artrópodos (ítem 5: "¿cómo describirías tu nivel de conocimiento sobre artrópodos?") ascendió de una media de 4.76 a 7.18 en una escala de 10 puntos. De manera similar, la *preparación* percibida para organizar actividades similares en el futuro (ítem 6: "¿cómo de preparado te sientes para organizar una actividad con artrópodos con tus futuros estudiantes?") aumentó de 4.77 a 7.32. Como se muestra en la Figura 4, los incrementos observados resultaron significativos ($p < 0.001$).

Barreras percibidas para la implementación

Las barreras percibidas para implementar actividades con artrópodos en el aula mostraron un descenso general tras la intervención (ítem 7: "¿cuáles consideras que son las principales barreras para implementar una actividad con artrópodos en educación primaria?"). Como se observa en la Figura 5, las preocupaciones disminuyeron en los seis ítems evaluados. Las disminuciones más marcadas se dieron en la *falta de formación* sobre el tema y en el *miedo o rechazo por parte del alumnado*. También se registraron disminuciones más pequeñas, aunque estadísticamente significativas ($p < 0.05$), en la *dificultad para obtener artrópodos*, la *falta de recursos materiales*, la *falta de apoyo institucional* y las *restricciones curriculares*.

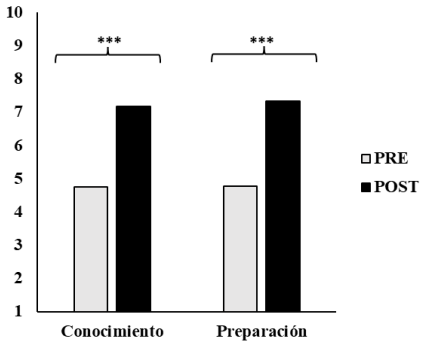


Figura 4. Puntuaciones pre- y post-test obtenidas sobre los conocimientos autopercibidos por los participantes sobre los artrópodos **(***conocimiento***)** y la sensación de estar preparados para organizar actividades relacionadas en el aula **(***preparación***)** **(***** $p < 0.001$).

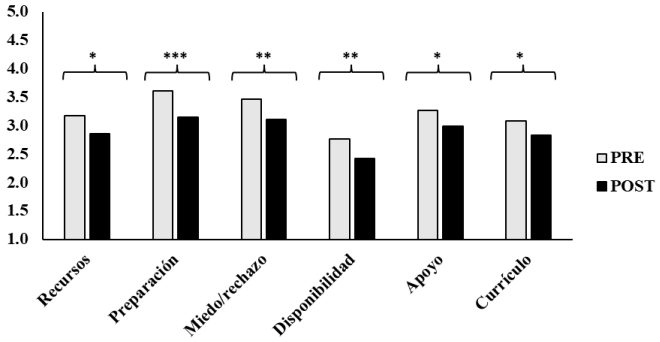


Figura 5. Puntuaciones medias de las barreras percibidas para la implementación en el aula de actividades relacionadas con artrópodos antes y después de la intervención (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

Evaluación y percepción general de la actividad

Las respuestas de los participantes a la pregunta "¿qué parte de la actividad te resultó más motivadora?" (ítem 8) mencionaron con mayor frecuencia la *captura y recolección* de artrópodos, así como su *observación e identificación*. En el post-test, los participantes calificaron la actividad como altamente efectiva, con una puntuación media de 4.31 sobre 5 (ítem 9: "¿consideras que la actividad ha sido efectiva para tu aprendizaje?"). Cuando se les preguntó "¿qué mejorarías de la actividad?" (ítem 10), más de la mitad indicó que no era necesario realizar cambios. Un porcentaje menor mencionó mejoras relacionadas con aspectos técnicos o materiales (por ejemplo, falta de equipamiento) y con la cantidad o variedad de artrópodos. Otros temas, como la gestión del tiempo, la falta de formación o el miedo/rechazo, aparecieron solo de forma esporádica. En conjunto, las respuestas reflejan un alto nivel de satisfacción, con sugerencias de mejora puntuales y dispersas.

Respecto al ítem 11 ("¿qué fue lo más interesante o sorprendente que aprendiste durante la actividad?"), los participantes destacaron una variedad de aprendizajes. El tema mencionado con mayor frecuencia fue la taxonomía o el conocimiento biológico (32.2%), seguido de la identificación y clasificación (22.2%) y la anatomía y características físicas (18.9%). Otros temas incluyeron el uso de herramientas y métodos científicos (14.4%), la sorpresa por la diversidad o las funciones (10.6%) y la apreciación o cambio de percepción (3.3%).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados confirman que una intervención breve pero intensiva y bien estructurada centrada en la interacción directa con artrópodos puede transformar las emociones, actitudes y autoeficacia pedagógica de futuros maestros. La reducción significativa de emociones negativas como el asco y el miedo, junto

con el aumento de la curiosidad, el entusiasmo y la confianza, subraya la capacidad de las experiencias prácticas guiadas para mitigar la biofobia y fomentar una relación más positiva con la biodiversidad. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que enfatizan el valor de la exposición controlada y el apoyo emocional en la superación de aversiones hacia organismos que inicialmente generan rechazo (Miller et al., 2025; Randler et al., 2012). El aumento en el conocimiento y la preparación para trabajar con artrópodos indica que la intervención no solo modifica las emociones, sino que también refuerza la confianza de los futuros docentes para integrar la educación en biodiversidad. La reducción de barreras percibidas, especialmente la falta de formación y el miedo al rechazo del alumnado, sugiere que estas experiencias fortalecen la autoeficacia docente, esencial para impulsar la innovación educativa.

Este estudio presenta varias limitaciones. En primer lugar, se basa en datos autoinformados, lo que puede generar sesgos. Además, la intervención fue única y breve, lo que impide evaluar la retención a largo plazo o su aplicación real en el aula. La ausencia de un grupo de control limita la inferencia causal, aunque el diseño pre-post resulta adecuado para medir cambios afectivos a corto plazo en contextos auténticos de formación docente. Tampoco se analizaron las respuestas emocionales según cada especie utilizada, ni se consideraron factores individuales como personalidad, experiencias previas o bagaje cultural. Las investigaciones futuras deberían examinar los efectos a largo plazo, incluir docentes en activo, incorporar estrategias diferenciadas emocionalmente y añadir grupos de control y variables demográficas más amplias. Ampliar el estudio a otras especies y contextos permitiría valorar su posible generalización.

En conjunto, este estudio resalta la importancia de integrar explícitamente la dimensión afectiva en la formación inicial del profesorado. No es suficiente con transmitir conocimientos biológicos, sino que es necesario ofrecer experiencias que ayuden a los futuros docentes a gestionar sus emociones y superar prejuicios biofóbicos. Los hallazgos evidencian que integrar experiencias vivenciales y emocionalmente seguras en la formación docente contribuye a superar prejuicios biofóbicos y a promover la incorporación de la biodiversidad en el aula. Al hacerlo, se favorece una enseñanza de las ciencias más significativa y ecológicamente relevante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bouchard, S., Wiederhold, B.K. y Bossé, J. (2014). Arachnophobia and fear of other insects: Efficacy and lessons learned from treatment process. *Advances in virtual reality and anxiety disorders* (pp. 91–117). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8023-6_5

Esteve, P., Jaén, M. y Banos-González, I. (2019). Changes in the level of relationship between invertebrates and society of pre-service primary school teachers, after an educational intervention. *Journal of Biological Education,* 55, 66–81. https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1643764

Gómez-Prado, B., Puig, B. y Evagorou, M. (2020). Primary pre-service teachers' emotions and interest towards insects: an explorative case study. *Journal of Biological Education*, 56, 61–76. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1756896

Miller, K.M., Beegle, D.K., Blevins Wycoff, S. y Frank, D.L. (2025). Transforming children's attitudes toward insects through in-school encounters. *Insects*, 16, 93. https://doi.org/10.3390/insects16010093

Randler, C., Hummel, E. y Prokop, P. (2012). Practical work at school reduces disgust and fear of unpopular animals. *Society & Animals*, 20, 61–74. https://doi.org/10.1163/156853012X614369

Wagler, R., Wagler, A. (2011). Arthropods: Attitude and incorporation in preservice elementary teachers. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6, 229–250. No DOI available.

¿Cómo enseñamos a diseñar a futuros maestros y maestras? Diseño de un programa formativo de secuencias MBI y análisis de emociones y dificultades en una tarea inicial

Jara García Ruiz, María Martínez-Chico, Luis Delgado Mayoral, Víctor Fernández Manzano, M.Auxiliadora Ruiz Domínguez, Lorenzo Hernández Villalobos, José Francisco Murillo Yélamos, M.Rut Jiménez-Liso, Rafael López-Gay Lucio-Villegas, Anna Garrido Espeja, Manuela González Herrera

RESUMEN

Nuestro estudio se centra en una Investigación de Diseño orientada a diseñar un programa de formación docente de Educación Primaria centrado en el diseño de la enseñanza de las ciencias a través de prácticas científicas. En esta comunicación describimos la estructura y contenido de la asignatura *Didáctica de las Ciencias Experimentales II* en la que nuestro alumnado –maestros y maestras en formación inicial– vivencia y reflexiona sobre el proceso de enseñanza vivido a través de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje basadas en un enfoque de enseñanza de indagación y modelización. Esto permite ir construyendo criterios de diseño de manera progresiva, que van incorporando a sus propuestas a través de diversas actividades de diseño a lo largo de la asignatura, en las que tienen la oportunidad de ir refinándolas. Presentamos e interpretamos algunos de los resultados obtenidos al enfrentarse a la primera tarea de diseño, en concreto respecto a las emociones y dificultades percibidas por los futuros docentes.

PALABRAS CLAVE: Formación Inicial de Maestros-as; Indagación; Modelización; Enseñar a Diseñar; Acciones Docentes Clave para MBI

ABSTRACT

Our study focuses on a Design-Based Research approach aimed at developing a Primary Education teacher training program centered on the design of science teaching through scientific practices. In this paper, we describe the structure and content of the course *Didáctica de las Ciencias Experimentales II*, in which our students—Pre-service Primary Teachers—experience and reflect on the teaching process through Teaching and Learning Sequences based on an inquiry and modeling-based approach. They also engage in a range of design activities that allow them to progressively refine the same instructional design throughout the course. Additionally, we present and interpret the results regarding the emotions and difficulties perceived by future teachers when facing this initial design task.

KEYWORDS: Pre-service Teacher Education; Inquiry; Modeling; Learning to Design; Teaching Core Practices for MBI

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos a los que se enfrentan tanto docentes en formación inicial como permanente es disponer de criterios claros sobre cómo realizar un buen diseño o una buena adaptación de material didáctico existente. La ausencia de estas pautas concretas lleva a los-as docentes a hacer uso de recursos, en muchos casos, carentes de fundamentación o validación en la investigación didáctica.

Tradicionalmente, la formación docente se ha centrado en el desarrollo de conocimientos teóricos sobre la enseñanza y el aprendizaje, prestando menor atención a la construcción de acciones docentes concretas. Recientemente, diversos trabajos han señalado la necesidad de orientar la formación inicial del profesorado hacia el desarrollo de esas acciones, que permitan aproximar a los-as futuros-as docentes a la complejidad de la práctica profesional (Grossman, 2018). En este sentido, estamos trabajando en el

diseño de la asignatura Didáctica de las Ciencias Experimentales II (DCE II) orientada a la construcción de criterios que les permita elaborar o adaptar material didáctico en forma de secuencias de enseñanza y aprendizaje (en adelante, SEA) de calidad, pues estas SEA son herramientas efectivas para docentes, pues en ellas se concretan tanto la visión de la enseñanza y el aprendizaje (por qué y para qué aprender), como el trabajo que se realizará en el aula: qué se enseña y cómo se hace (Sanmartí, 2000).

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación persigue dos objetivos: primero, presentar la estructura de la asignatura DCE II (detallando sus contenidos científicos, didácticos y tareas de diseño); y segundo, exponer las emociones y principales dificultades experimentadas por los estudiantes tras diseñar su primera SEA.

METODOLOGÍA

Este trabajo se enmarca metodológicamente como investigación de diseño (DBR por sus siglas en inglés, *Design-Based Research*) (Plomp, 2013; Guisasola *et al*., 2021), en la que a través de dos ciclos iterativos (implementación en dos cursos académicos y una tercera implementación en el curso actual) hemos refinado la estructura de DCE II. Estos refinamientos surgen al incorporar modificaciones procedentes tanto de resultados de la implementación previa a cada refinamiento, como de los resultados que emergieron de los grupos de discusión entre los-as investigadores-as/formadores-as del grupo Sensociencia.

Contexto y participantes

El programa formativo de Sensociencia (Universidad de Almería) en el Grado en Educación Primaria consta de dos asignaturas. En DCE I (2º curso), los futuros docentes viven SEA mediante indagación basada en modelos (*Model-Based Inquiry*, MBI) y reflexionan sobre qué y cómo han aprendido para aprender este enfoque. En DCE II (3º curso), viven y reflexionan sobre SEA MBI, sumando el objetivo de aprender a diseñarlas. Actualmente (curso 25/26), DCE II tiene tres grupos de 80 matriculados-as cada uno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño de DCE II nace de un grupo de discusión (enero 2026) de investigadores en DCE con experiencia diversa (1-20 años) en SEA MBI. La selección de SEA y contenidos científicos responde estrictamente a su idoneidad para desarrollar los objetivos didácticos de cada fase de la asignatura. Previo al primer tema, se pide a los-as futuros-as docentes que realicen un primer diseño inicial individual (diseño 1), que irán refinando a lo largo de la asignatura. En este partimos de unos contenidos mostrados en un libro de texto de Primaria, recurso más habitual (Figura 1).

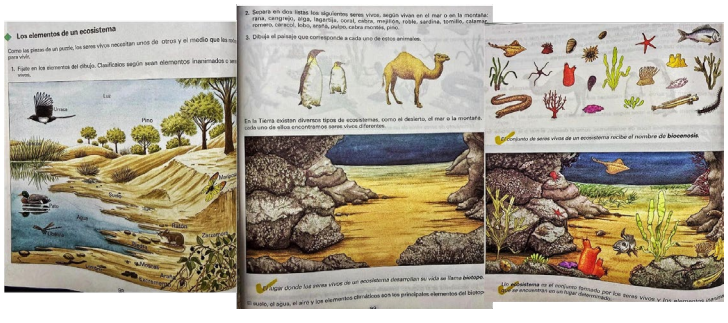


Figura 1. "Los elementos de un ecosistema". Tomado de Conocimiento del Medio (pp. 98, 99, 100), por Guadiel, 1995, Grupo Edebé.

La Tabla 1 detalla la organización de cada bloque de contenidos en tres fases: primero, un diseño grupal (excepto el inicial) seguido de una reflexión compartida sobre las dificultades y sensaciones; segundo, la vivencia de una SEA MBI modélica (de eficacia probada); y tercero, una reflexión didáctica para definir criterios que deberán integrar en su siguiente tarea, mejorando así su diseño inicial.

Tabla 1. Estructura de la asignatura DCE II en torno al diseño de SEA de indagación-modelización.

CONTENIDO DIDÁCTICO	CONTENIDO CIENTÍFICO	ACTIVIDAD DE DISEÑO
		Diseño 1 (individual): *Prepara una clase para 5º de Primaria*. Análisis colectivo de sus diseños: ¿Fortalezas, debilidades? Foco: *¿Involucra al alumnado? ¿Promueve la expresión y discusión de ideas?*
La Secuencia de Actividades como columna vertebral de la enseñanza. Contexto y preguntas para involucrar y favorecer la expresión de ideas de todos-as: Contextos VS Pretextos; características de las 'buenas preguntas' y uso de distintos lenguajes, el potencial de los dibujos en las clases de ciencias	Reproducción de las plantas (Jiménez-Liso *et al*., 2019).	Diseño 2 (grupal). En pequeños grupos (3-4) rediseñad una propuesta para enseñar los contenidos del libro de texto que presentamos al comenzar. *¿Qué criterios de diseño extraéis del tema trabajado para planificar la enseñanza de estos contenidos? ¿De qué manera los habéis aplicado en vuestro diseño grupal? ¿Qué creéis que falta por mejorar?*
Tipos de actividades en torno a las fases de las distintas prácticas científicas: Ciclos de indagación (Jiménez-Liso *et al*., 2020) y modelización (Garrido y Couso, 2025).	Ósmosis (Jiménez-Liso *et al*., 2021)	Diseño 3. En pequeños grupos rediseñad vuestra propuesta considerando los criterios trabajados *¿Qué criterios de diseño extraéis para planificar la enseñanza de estos contenidos? ¿De qué manera los habéis aplicado en vuestro diseño? ¿Qué creéis que falta por mejorar?*
Focalización en una fase del ciclo de indagación: La búsqueda de pruebas: De los datos a las pruebas. (Jiménez-Aleixandre, M. P., 2010).	Microorganismos (Elvira-Ramírez *et al*., 2020)	Diseño 4. En pequeños grupos rediseñad vuestra propuesta considerando los criterios trabajados. *¿Qué criterios de diseño extraéis para planificar la enseñanza de estos contenidos? ¿De qué manera los habéis aplicado en vuestro diseño? ¿Qué creéis que falta por mejorar?*
Modelos y modelización (Couso, 2020). La necesidad de construir modelos científicos escolares (identificación de contenidos a aprender: pocas ideas pero en profundidad). La utilidad de los modelos para explicar los fenómenos que nos rodean	Ciclo del agua (Roca *et al*., 2013)	Diseño 5.En pequeños grupos rediseñad vuestra propuesta considerando los criterios trabajados. *¿Qué criterios de diseño extraéis para planificar la enseñanza de estos contenidos? ¿De qué manera los habéis aplicado en vuestro diseño? ¿Qué creéis que falta por mejorar?*
De una biología descriptiva a una biología interpretativa y relacional	Cuerpo humano: Desarrollo embrionario (Acher y Arcà, 2008) y Huesos (González-Herrera *et al*., 2023)	Análisis colectivo de sus diseños: *Este diseño ¿Promueve la evaluación y revisión de modelos del alumnado para promover una progresión de estos modelos hacia modelos científicos escolares?* Diseño 6.
Recapitulación didáctica	Corales (Jiménez-Liso *et al*., 2020) como ejemplo de SEA de indagación-modelización sobre los contenidos propuestos en la actividad de diseño 1.	Revisión de la evolución de sus propuestas y decisiones de diseño.

A continuación, presentamos los resultados de parte de los-as maestros-as en formación que realizaron la primera tarea (N=40) sobre diseñar una clase para 5º de Primaria, teniendo como referencia los contenidos que aparecen en las imágenes del libro de texto que les proporcionamos.

Sobre los diseños que proponen, se observan diferentes formas de plantear la enseñanza, que compartimos en gran grupo. Algunas de ellas, a pesar de su intención innovadora, suelen recaer en el modelo tradicional. Por un lado, persisten estructuras de "explicación-aplicación". Por otro lado,

aunque se incluyen preguntas para involucrar al alumnado, estas tienden a ser demasiado generales o académicas (como "¿qué son los seres vivos?"). Este tipo de preguntas (planteadas como *lluvias de ideas*), lejos de favorecer la expresión y discusión de ideas personales de todo el alumnado, limitan las aportaciones a unos pocos/as para aportar respuestas memorizadas o que creen que el/la docente quiere escuchar. Por otro lado, también encontramos propuestas en las que se "reproducen" lo que aparece en el libro de texto con actividades (como ejercicios de clasificación) que se limitan a buscar la respuesta en las páginas del libro. De manera que, aunque su intención explícita sea enseñar a su alumnado elementos "reales", implícitamente acaban reproduciendo el modelo de enseñanza tradicional en el que son ellos-as como docentes quienes "cuentan la verdad" a su alumnado.

Tras el diseño, los estudiantes identificaron sus emociones y dificultades (Figura 2), evidenciando un profundo cambio de perspectiva: pasaron de pensar como alumnos a docentes. Una transición profesional que afirmaron no haber experimentado previamente en el grado.

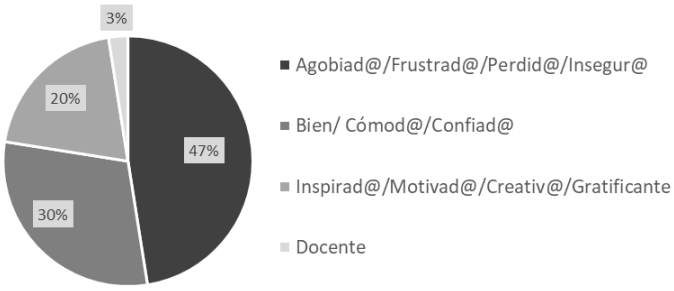


Figura 2. Respuesta emocional de los maestros en formación inicial al realizar la tarea 1 de diseño.

Probablemente, esta falta de experiencias previas de diseño ha tenido que ver en que casi la mitad de los docentes en formación experimentaran agobio, frustración o confusión, percibiendo la tarea como un reto con alta demanda cognitiva. Estas emociones suelen ir evolucionando conforme vamos construyendo los criterios de diseño (basándonos en experiencias pasadas) a lo largo de la asignatura. Por un lado, reconocen una mejora de calidad en sus diseños sucesivos; pero, por otro, al contar con más criterios sobre el diseño se vuelven mucho más exigentes y, a veces, se muestran menos satisfechos que al inicio. Además, destacamos que un 3% de ellos-as no responde desde la emoción, sino que se identifican plenamente con su rol profesional, validando la tarea como una auténtica inmersión en la práctica docente.

En la Figura 3, mostramos la segunda parte de los resultados obtenidos respecto a las dificultades afrontadas por los-as docentes en formación al realizar esta tarea de diseño.

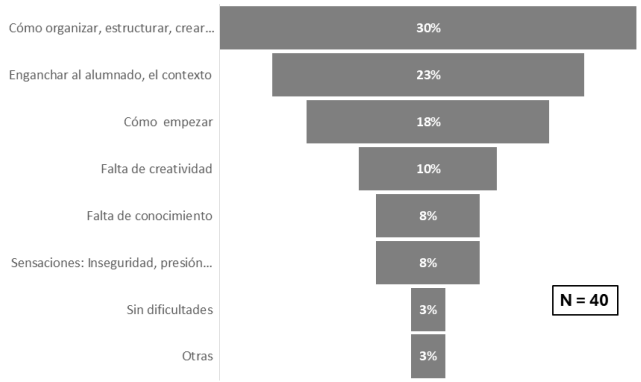


Figura 3. Dificultades percibidas por los-as docentes en formación inicial al realizar la tarea de diseño 1.

Observamos que la mayoría de las dificultades expresadas (en porcentajes) manifiestan la falta de esos

elementos, herramientas (Jiménez-Liso *et al*., 2023) y acciones docentes clave (Delgado Mayoral *et al*., 2025) necesarias para el diseño de SEA MBI. Los resultados muestran una carencia estructural en la competencia de diseñar, especialmente en el inicio de la tarea, la organización de la secuencia o el desconocimiento. Estos resultados muestran precisamente una necesidad formativa que la asignatura DCEII pretende cubrir directamente desde el tema 1 y 2 (primer bloque), poniendo el foco en cómo estructurar la enseñanza: situando la Actividad a realizar por el alumnado y las SEA como ejes vertebradores del diseño; así como las "buenas preguntas" y los contextos que dan sentido a las SEA y permiten involucrar al alumnado para que expresen sus ideas.

Actualmente nos encontramos implementando la propuesta de esta asignatura, por lo que ampliaremos los resultados del diseño en la presentación de esta comunicación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por los proyectos PID2024-160066NB-C21 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y su ayuda predoctoral PRE2025-006; PID2023-150682NA-I00, financiado por MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER y su ayuda predoctoral PRE2024-012; PID2020-116097RB-I00 financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y su ayuda predoctoral PRE2021-097331; Ayuda FPU24/01810 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades; PPIT-UAL, Junta de Andalucía- FEDER 2021-2027. Programa: 54.A; y SENSODISEÑA: Formación de docentes en Prácticas Clave de Diseño para una Educación Científica Transformadora. DGP_PIDI_2024_02689.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acher, A., y Arcà, M. (2008). Children's representations in modeling scientific knowledge construction. In Teuval, Scheuer, Echeverría, y Andersen (Eds.), *Representational systems and practices as learning tools in different fields of knowledge* (pp. 109–133). Eds. Sense Press.

Couso, D. (2020). Aprender ciencias involucra aprender ideas potentes de la ciencia: la modelización ayuda a la explicación-predicción de fenómenos. En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo y J. A. Sacristán (Coords.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 63-74). Penguin Random House.

Delgado-Mayoral, L., García-Ruiz, J., González-Herrera, M., Hernández Villalobos, L., Jiménez-Liso, M. R., López-Gay Lucio-Villegas, R., Manzano Sánchez, L., Martínez-Chico, M., y Rodríguez-Arteche, I. (2025). Acciones docentes clave para desarrollar el enfoque de indagación: rúbrica y red sistémica para su análisis. Ápice. Revista de Educación Científica, 9(1). https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11212

Elvira-Ramírez, E., Martínez Chico, M., Castillo-Hernández, F. J., y Jiménez-Liso, M. R. (2020). "¿Adiós bacterias?": Uso de pruebas sobre mutualismo en plantas e implicaciones sociales. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, *99*, 18–27. https://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=7211488

Garrido, A., y Couso, D. (2025). The IPM cycle: An instructional tool for promoting students' engagement in modeling practices and construction of models. *Journal of Research in Science Teaching*, *62*(2). https://doi.org/10.1002/tea.21979

González-Herrera, M., Alcoba, C., García, J., Stefan, A., y Jiménez-Liso, M. R. (2023). Evaluación de una secuencia de indagación sobre los huesos en la formación inicial de maestros. *Ápice. Revista de Educación Científica*, *7*(1), 57–74. https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.1.9443

Grossman, P. (2018). *Teaching core practices in teacher education*. Harvard Education Press.

Guadiel. (1995). *Conocimiento del medio*. Grupo Edebé

Guisasola, J., Ametller, J. y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(1), 2-12. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Jiménez Liso, M. R., Martínez Chico, M., y López-Gay Lucio-Villegas, R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 20(3). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3801

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.

Jiménez-Liso, M. R. (2020). Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento (indagación). En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo y J. A. Sacristán (Coords.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 53-62). Penguin Random House.

Jiménez-Liso, M. R., Delgado, L., Castillo-Hernández, F. J., y Baños-González, I. (2021). Contexto, indagación y modelización para movilizar explicaciones del alumnado de secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias*, *39*(1), 5–25. https://doi.org/10.5565/REV/ENSCIENCIAS.3032

Jiménez-Liso, M. R., Giménez, E., Martínez-Chico, M., Hernández-Castillo, F. J., y López-Gay, R. (2019). El enfoque de enseñanza por indagación ayuda a diseñar secuencias: ¿Una rama es un ser vivo?. In *Propuestas de educación científica basadas en la indagación y modelización en contexto* (pp. 99-122). Tirant Humanidades.

Jiménez-Liso, M. R., González-Herrera, M., & Banos-González, I. (2020). Socio-ecological controversies in the news as trigger of a model-based inquiry instructional sequence about the effect of global warming on the great barrier reef. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(11). https://doi.org/10.3390/su12114676

Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. *Educational design research*, *1*, 11-50.

Roca, M., Marquez, C., y Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos : Una propuesta de análisis. *Enseñanza de Las Ciencias*, *31*(1), 95–114.

Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. In Editorial Marfil (Ed.) Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Emociones ante actividades con metodologías activas en Geología de 4º de ESO

José Luis Muñoz-Expósito[1], M.ª Rocío Esteban Gallego[2], José M.ª Marcos-Merino[1] y M.ª Antonia Dávila-Acedo[1]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

[2] Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca, España

RESUMEN: La enseñanza de la Geología en Educación Secundaria suele enfrentar una notable falta de motivación y una desconexión crítica entre los contenidos curriculares y la realidad cotidiana del alumnado. Este trabajo de investigación evalúa el impacto emocional y la utilidad percibida de una intervención didáctica fundamentada en metodologías activas y recursos TIC para el aprendizaje de procesos geológicos externos en estudiantes de 4.º de ESO. Mediante una metodología mixta con una muestra de 12 estudiantes y el uso de entrevistas semiestructuradas, se constató que las actividades de carácter práctico y digital generan significativamente más emociones positivas que el modelo docente tradicional, criticado frecuentemente por su monotonía. Pese a que las prácticas de laboratorio y los enfoques de Ciencia-Tecnología-Sociedad aumentan el interés, persiste una baja percepción de la utilidad de la materia para la vida diaria o profesional. Se propone emplear las TIC como laboratorios virtuales para superar barreras geográficas y contextualizar el aprendizaje mediante problemas socioambientales reales.

PALABRAS CLAVE: emociones; metodologías activas; TIC; educación secundaria

ABSTRACT: Geology instruction in secondary education frequently faces a significant lack of motivation and a critical disconnection between curricular content and the students' daily reality. This research paper evaluates the emotional impact and perceived utility of a didactic intervention grounded in active methodologies and ICT resources for learning external geological processes in 4th-year Compulsory Secondary Education (ESO). Through a mixed-methods approach involving a sample of twelve students and the use of semi-structured interviews, it was established that practical and digital activities generate significantly more positive emotions than the traditional teaching model, which is frequently criticized for its monotony. Although laboratory practices and Science-Technology-Society (STS) approaches increase interest in the subject, a low perception regarding the utility of geology for daily or professional life persists. Consequently, the use of ICTs as virtual laboratories is proposed to overcome geographical barriers and contextualize learning through the analysis of real-world socio-environmental problems.

KEYWORDS: emotions; active methodologies; ICT; secondary education

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La dimensión afectiva desempeña un papel determinante en el aprendizaje de las ciencias, ya que, tal como establece la teoría del control-valor (Pekrun, 2006), la valoración subjetiva que el estudiante otorga a una actividad genera respuestas emocionales que modulan directamente su memoria y motivación. En este sentido, la valencia de dichas emociones resulta crucial: mientras que las de signo positivo (alegría, confianza) favorecen el proceso de aprendizaje, las negativas (aburrimiento, frustración) actúan como barreras cognitivas (Mellado *et al*., 2014). No obstante, esta predisposición emocional no es uniforme en todas las disciplinas; en Geología, el alumnado tiende a manifestar un menor índice de emociones positivas que en Biología, percibiendo la materia como una disciplina aburrida e irrelevante (Zamalloa y Sanz, 2020).

Este estudio evalúa el impacto emocional de una intervención basada en metodologías activas y TIC

(Castro *et al*., 2007) en comparación con modelos tradicionales y cooperativos (Jiménez, 2000). Para ello, se analiza en alumnado de 4.º de ESO la respuesta ante los procesos geológicos, el interés y dificultad de los contenidos, la valoración del desempeño docente y la utilidad futura percibida de la materia.

METODOLOGÍA

La investigación sigue una metodología mixta, con estudios cualitativo y cuantitativo, de carácter descriptivo y *ex post facto*. La muestra la constituyen 12 alumnos de 4.º de ESO de un centro concertado en la provincia de Badajoz, con mayoría de alumnas (75 %).

La intervención se realizó sobre los contenidos geológicos agrupados en la unidad de programación *Procesos Geológicos Externos*, con una duración de 11 sesiones, desarrollados mediante actividades variadas con metodologías activas apoyadas en técnicas de información y comunicación (Figura 1).

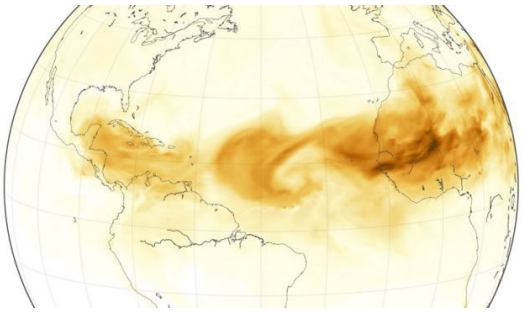


Figura 1. Ejemplo de imagen satelital utilizada para ilustrar el transporte del polvo del desierto del Sáhara, usada en una de las actividades desarrolladas en la instrucción de *Procesos Geológicos Externos*

Dado el pequeño tamaño de muestra, se emplea como instrumento una entrevista semiestructurada (Hernández *et al*., 2010). La entrevista consta de cuatro preguntas (Tabla 1), que fueron revisadas por tres docentes e investigadores del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Tabla 1. Estructura de la entrevista semiestructurada para indagar sobre las emociones ante actividades con metodologías activas en 4.º ESO

Entrevista
Preliminar: informa sobre el uso de los datos, voluntariedad, anonimato y confidencialidad
Primera pregunta: indaga sobre las emociones sentidas ante cada una de las actividades
Segunda pregunta: interroga sobre el gusto y facilidad de cada uno de los contenidos intervenidos
Tercera pregunta: consulta sobre los modelos docentes implementados (tradicional expositivo, cooperativo, metodologías activas apoyadas en TIC)
Cuarta pregunta: pregunta por los contenidos relevantes en la vida diaria o para estudios posteriores

Las entrevistas fueron grabadas en formato de audio y posteriormente transcritas a texto. Se analizaron cualitativamente y se estableció un sistema de categorías emergentes tras el análisis del contenido. En el caso de las emociones y de la apreciación del gusto y dificultad se compararon las respuestas cuantitativamente mediante una prueba de bondad de ajuste (p=q=0.5) con un nivel de significación del 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emociones ante cada actividad implementada para trabajar contenidos geológicos

El alumnado sintió más emociones positivas que negativas ante la mayor parte de las actividades implementadas (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías de análisis en los resultados de la primera pregunta (emociones ante diferentes actividades) . Prueba de bondad de ajuste. Significación estadística: (***), p-valor<0.001, (**), p-valor<0.01, (*), p-valor<0.05

Cuando hiciste…, ¿cómo te sentiste?	Emociones	Bondad de Ajuste
Visionado de vídeos	Más positivas	**12.5**(**)
Uso de *Google Earth*	Más positivas	**10.7**(**)
Análisis de textos escritos	Más positivas	**8.0**(*)
Trabajo en grupo	Más positivas	**21.1**(***)
Búsqueda en Internet	-	2.63
Autoevaluaciones	-	3.85
Catálogo fotográfico	Más positivas	**19.6**(***)
Simulación de laboratorio	Sólo positivas	-
Simulación glaciar	Más positivas	**19.6**(***)
Juego dunas	-	3.74
Proyecto Alqueva	Más positivas	**6.42**(*)

Ante los vídeos sobre erosión o ciclo del agua, el alumnado experimentó significativamente más emociones positivas (comodidad, diversión, interés) que negativas, en línea con estudios que asocian este recurso a la motivación (Choi y Johnson, 2005). *Google Earth* (Arias y Poma, 2023) y el análisis de textos también favorecieron estados de tranquilidad, seguridad y atención. En los trabajos grupales abundó la cohesión y la ayuda mutua: "nos ayudamos unos a los otros, lo que no se me ocurre a mí se le ocurre a otro" (Sujeto 5), coincidiendo con Méndez (2015). El catálogo fotográfico y las simulaciones (en el laboratorio y por ordenador) potenciaron la curiosidad y la claridad de los contenidos: "viendo una foto queda más claro... te facilitaba el enterarte" (Sujeto 11); "la práctica es mejor que la teoría" (Sujeto 3), confirmando el nexo entre experiencias prácticas y afectividad positiva (Marcos-Merino, 2020). En la actividad gamificada, el sentimiento de desafío motivó a la muestra frente al agobio: "te desafiaban un poco y eso te motiva" (Sujeto 6). Finalmente, el *Proyecto Alqueva* generó mayoritariamente interés y diversión, validando el papel motivador de las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (Esteban *et al*., 2023). En este proyecto se trataron los impactos geológicos, culturales, económicos y sociales que acarrea la construcción de embalses (Figura 2).

Figura 2. Petroglifos del molino Manzánez, hoy sumergidos por el embalse de Alqueva. Foto: Víctor Manuel Pizarro.

En las búsquedas por Internet y evaluaciones no predominó ninguna valencia emocional. Las emociones negativas procedieron del proceso de búsqueda, más que del análisis de información (Sujeto 7). En las autoevaluaciones primó el valor extrínseco: "miedo, porque no sabía si eso iba a contar para la nota" (Sujeto 9).

Gusto por los contenidos geológicos y valoración de su dificultad

En diversos contenidos, el gusto del alumnado superó significativamente al desagrado, aunque no hubo diferencias significativas en la percepción de su facilidad o dificultad (Tabla 3).

Tabla 3. Categorías de análisis en los resultados de la segunda pregunta (gusto y facilidad hacia contenidos). Prueba de bondad de ajuste. Significación estadística: (***), p-valor<0.001, (*), p-valor<0.05

Contenido	Gusto		Facilidad	
	Resultado	Bondad de Ajuste	Resultado	Bondad de Ajuste
Meteorización	-	3.50	-	6.00
Erosión, transporte y sedimentación	Les gustó	**14.00**(***)	-	6.00
Factores que influyen en el relieve	-	6.00	-	4.50
Formas del relieve (Aguas superficiales)	-	3.50	-	0.50
El ciclo del agua y aguas subterráneas	Les gustó	**18.50**(***)	Fácil	**8.00**(***)
Acción geológica del mar	-	0.50	-	0.50
Acción geológica del viento, sedimentación eólica (las dunas)	Les gustó	**6.50**(*)	-	1.50
Acción geológica del hielo, los glaciares	Les gustó	**6.50**(*)	-	3.50
La acción humana en el modelado del paisaje (Proyecto Alqueva)	Les gustó	**6.50**(*)	-	3.50

Varios alumnos vincularon el gusto por contenidos (*meteorización*, *modelado fluvial*) a su facilidad de aprendizaje, sugiriendo una visión utilitarista y motivación extrínseca. Asimismo, el conocimiento previo favoreció el agrado por *las formas del relieve* y el *ciclo del agua* (Sujetos 1 y 8), evidenciando la resistencia a cuestionar constructos personales que ya resultan funcionales (Moreira, 2012). Por otro lado, las prácticas de laboratorio y las simulaciones aumentaron el interés y la facilidad percibida en *glaciares* y *aguas subterráneas*, en línea con investigaciones previas (Sánchez, 2021). Finalmente, aunque el interés facilitó el estudio de la *acción geológica marina* (Sujeto 1), la lejanía geográfica del entorno dificultó su comprensión (Sujeto 5), subrayando que la falta de proximidad al medio es una barrera clásica en la enseñanza de la Geología (Pérez y Blanco, 2013).

Valoración de los modelos docentes implementados

El alumnado participante estaba familiarizado con los modelos 1 (tradicional) y 2 (colaborativo-cooperativo), pero no había trabajado nunca bajo el modelo 3 (metodologías activas apoyadas en TIC). Diez de los doce participantes señalan el modelo 1 como el que menos les gusta. Como argumentos a favor de este modelo docente algún alumno señala que les proporciona autonomía, mientras que en contra, señalan que se olvidan los contenidos justo después del examen, es decir, la falta de significatividad en el aprendizaje (Jiménez, 2000). Varios alumnos rechazan el papel pasivo que les toca jugar, coincidiendo con Martín y Kempa (1991). Señalan emociones negativas como el aburrimiento, la monotonía o el aislamiento.

A favor del modelo 2 señalan su dinamismo y la interacción entre iguales, uno de los pilares del aprendizaje cooperativo (Medrano, 1995). El modelo también les proporciona seguridad: "el profesor remacha las cosas una vez que participan los compañeros, con lo que te sientes muy segura" (Sujeto 5). Así, el alumnado desarrolla mediante la colaboración competencias emocionales y sociales en el aula (Esquivias y de la Torre, 2010).

En el modelo 3, los participantes valoran la ausencia de monotonía y que no hay pérdida del interés: "es práctica, no es siempre lo mismo, es variada, no se pierde el interés" (Sujeto 3). Por tanto, para los participantes, las metodologías activas mantienen el interés (Beltrán-Valls *et al*., 2020). Sin embargo, algunos alumnos señalan inseguridad: "No sé, tantos cambios de método me desorientan, me descentran, no me siento segura" (Sujeto 9).

Valoración de la utilidad de los contenidos geológicos

Los participantes señalan poca relación entre los contenidos y su realidad diaria. Algún alumno señala que los contenidos pueden ser útiles "aunque sea por cultura" (Sujeto 3), "por lo del cambio climático" (Sujeto 10). Entre los que no ven relación con su día a día resulta sugerente la opinión del sujeto 5: "todo

parece muy alejado del día a día en Geología", coincidiendo con la descripción de esta disciplina como aburrida y poco relevante para el alumnado en la literatura (Zamalloa y Sanz, 2020).

Respecto a estudios posteriores, la muestra coincide en no percibir relación alguna. Un participante afirma tajantemente: "para mis estudios futuros creo que no vale, aunque no tengo claro qué voy a hacer" (Sujeto 5), manifestando inutilidad pese a su indecisión vocacional.

CONCLUSIONES

Los resultados confirman que la intervención basada en metodologías activas y TIC genera una respuesta emocional significativamente más positiva (interés, curiosidad y diversión) que el modelo tradicional, asociado por el alumnado a la monotonía y la falta de significatividad. Herramientas como *Google Earth* y las simulaciones digitales actúan como catalizadores de motivación, facilitando la comprensión de procesos geológicos complejos. No obstante, persiste una visión utilitarista del aprendizaje, vinculando el gusto por los contenidos a su percepción de fáciles. Finalmente, aunque la innovación metodológica mejora la valoración del modelo docente, no logra revertir la desconexión que percibe el alumnado con la utilidad futura y cotidiana de la Geología, señalando un desafío crítico para la relevancia de la disciplina.

IMPLICACIONES

En una disciplina tradicionalmente castigada por la percepción del alumnado como es la Geología, este estudio revela algunas implicaciones interesantes para modernizar su enseñanza:

- *Rediseño desde la dimensión afectiva*. La Geología no debería seguir enseñándose como un catálogo de rocas o procesos abstractos; el diseño didáctico debe ser emocionalmente intencional. Si las emociones positivas facilitan la memoria y la atención (Todd *et al*., 2020), la selección de actividades no puede ser sólo recreativa, sino un requisito cognitivo para el aprendizaje significativo.

- *Superación de barreras geográficas mediante TIC*. Una de las grandes dificultades de la Geología es la falta de un entorno cercano para observar fenómenos como el modelado glaciar o costero (Pérez y Blanco, 2013). Los resultados implican que las herramientas digitales actúan como verdaderos laboratorios virtuales que eliminan la abstracción, permitiendo que el alumno visualice y experimente procesos que, de otro modo, serían puramente teóricos y, por ende, muy probablemente generadores de aburrimiento.

- *Enfoque CTS*. Existe una desconexión profunda entre el contenido y la vida diaria del alumnado. La didáctica de la Geología debería pivotar hacia problemas socioambientales reales (como el Proyecto Alqueva en esta investigación). Solo vinculando los procesos externos con la seguridad humana y el entorno local se puede elevar el valor subjetivo de la tarea, factor clave para la motivación según la teoría del control-valor (Pekrun, 2006).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, L. y Poma, L. N. (2023). Google Earth y su aplicación en la enseñanza-aprendizaje de Ciencias Naturales. *Tesla Revista Científica*, *2*(2), e97. https://doi.org/10.55204/trc.v3i1.e97

Beltrán-Valls, M. R., Adelantado-Renau, M. y Sánchez-Gómez, M. (2020). *Las metodologías activas en el Grado de Maestra/o en Educación Primaria. Percepción del alumnado*. En E. Sánchez, E. Colomo , J. Ruiz y J. Sánchez (Eds.), *Tecnologías educativas y estrategias didácticas* (pp. 46-54). UMA Editorial. https://hdl.handle.net/10630/20345

Castro, S., Guzmán, B. y Casado, D. (2007). Las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Laurus*, *13*(23), 213-234. https://www.redalyc.org/pdf/761/76102311.pdf

Choi, H. J., y Johnson, S. D. (2005). The Effect of Context-Based Video Instruction on Learning and Motivation in Online Courses. *American Journal of Distance Education*, *19*(4), 215-227. https://doi.org/10.1207/s15389286ajde1904_3

Esquivias, M. T. y de la Torre, S. (2010). Descubriendo la creatividad en estudiantes universitarios: preferencias y tendencias mediante la prueba DTC. *Revista Iberoamericana de Educación*, *54*(2), 1-13. https://doi.org/10.35362/rie5421677

Esteban Gallego, M. R., Marcos-Merino, J. M. y Gómez Ochoa de Alda, J. (2023). Análisis de las concepciones alternativas y del aprendizaje del pH con una práctica STEM implementada mediante indagación. *Educación Química*, *34*(3), 42-54. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2023000300042

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5th ed.). McGraw Hill.

Jiménez, M. P. (2000). *Modelos didácticos*. En F. J. Perales y P. Cañal (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 165-185). Marfil.

Marcos-Merino, J. M. (2020). *Emociones y Aprendizaje en las actividades prácticas de Biología en educación primaria y en el grado de maestro en educación primaria* [Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura]. https://hdl.handle.net/11162/206505

Martín, M. J., y Kempa, R. F. (1991). Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las ciencias en función de sus características motivacionales. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *9*(1), 59-68. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4686

Medrano, M. C. (1995). La interacción entre compañeros el conflicto sociocognitivo, el aprendizaje cooperativo y la tutoría entre iguales. *RIFOP : Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, *23*, 177-186. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=117874

Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila-Acedo, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban Gallego, M. R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez-Martín, J., Garritz, A., Mellado, L., Bartolomé, R. y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, *32*(3), 11-36. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478

Méndez, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de Física y Química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XX1*, *18*(2), 215-235. https://www.redalyc.org/pdf/706/70638708009.pdf

Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Qurriculum*, *25*, 29-56. http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/10652

Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational psychology review*, *18*(4), 315-341. https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9

Pérez, A. y Blanco, D. (2013). El uso de las TIC en la enseñanza/aprendizaje de la Geología: utilización de Google Earth en el tema del relieve terrestre. *Jornadas Sobre Investigación y Didáctica En ESO y Bachillerato, II Congreso de Docentes de Ciencias*, 81-88.

Todd, R. M., Miskovic, V., Chikazoe, J. y Anderson, A. K. (2020). Emotional objectivity: Neural representations of emotions and their interaction with cognition. *Annual Review of Psychology*, *71*, 25-48. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010419-051044

Sánchez, W. S. (2021). La simulación Phet en el aprendizaje de las ciencias naturales y las matemáticas. *Revista Arjé*, *4*(1). https://doi.org/10.47633/kdpytj61

Zamalloa, T. y Sanz, J. (2020). Attitudes of secondary school students towards geology in Spain. *Research in Science & Technological Education*, 1-24. https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1845641

Aprendizaje vivencial y modelización en la formación del profesorado de ciencias

Juan José Vicente y José María Oliva.

Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz

RESUMEN: Esta investigación analiza el impacto de una experiencia de aprendizaje vivencial basada en el modelo newtoniano de fuerza en la formación inicial del profesorado de secundaria. Enmarcado en una investigación basada en diseño, el estudio examina cómo un módulo de 18 horas favorece la reflexión sobre la modelización científica en 17 futuros docentes. Mediante análisis cualitativo de informes reflexivos y diarios docentes, se identificaron distintos niveles de apropiación de catorce dimensiones de modelización. Los resultados muestran una alta consolidación en el reconocimiento del papel del conocimiento previo del alumnado y en el uso de recursos instrumentales, como analogías y experimentos mentales. No obstante, se evidenció una brecha en la percepción de la estructura del módulo: mientras los formadores implementaron ciclos de modelización y secuencias de ingeniería didáctica, los estudiantes percibieron solo una "metodología activa" genérica sin reconocer sus fundamentos teóricos. Se concluye que la vivencia cuestiona concepciones tradicionales, pero requiere formación teórica explícita para desarrollar plenamente el Conocimiento Didáctico del Contenido.

PALABRAS CLAVE: Formación del profesorado; Fuerza; Metacognición; Modelización

ABSTRACT: This study analyzes the impact of an experiential learning approach based on the Newtonian model of force in pre-service secondary teacher education. Framed within a design-based research methodology, it examines how an 18-hour module fosters reflection on scientific modeling among 17 future teachers. Through qualitative analysis of reflective reports and teaching journals, different levels of appropriation across fourteen modeling dimensions were identified. Results show strong consolidation in recognizing students' prior conceptions and in the use of instrumental resources such as analogies and thought experiments. However, a gap emerged in the perception of the module's structure: while teacher educators implemented modeling cycles and Instructional sequences grounded in didactic engineering, students perceived only a generic "active methodology" without identifying its underlying theoretical foundations. The findings suggest that experiential learning effectively challenges traditional conceptions, but explicit theoretical instruction is necessary to fully develop Pedagogical Content Knowledge.

KEYWORDS: Force; Metacognition; Modeling; Preservice education

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje vivencial se considera hoy un elemento clave en la formación del profesorado, siendo una de las estrategias más eficaces para promover la revisión de concepciones tradicionales sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, así como para favorecer una comprensión más adecuada del rol del docente y de la actividad científica escolar (Windschitl, 2003). La hipótesis central que guía esta propuesta sostiene que el medio es, en sí mismo, la mejor manera de transmitir el mensaje. Esto genera un isomorfismo entre la forma en que los futuros docentes son formados y la manera en que se espera que enseñen a sus propios estudiantes. Con frecuencia, estas experiencias se contextualizan en torno a temas curriculares de ciencias, ofreciendo a los estudiantes una vivencia vicaria de gran relevancia para su formación docente.

En este marco, los enfoques socioconstructivistas promueven una formación que sitúa al docente en el centro del proceso educativo y fomenta el aprendizaje colaborativo (Oyelekan Igbokwe & Olorundare, 2017). Además, facilitan la reflexión continua, el andamiaje pedagógico y la gestión contextual de las interacciones en el aula (Walder, 2014). Todo ello permite que los futuros docentes se involucren en experiencias auténticas, experimentando in situ la práctica educativa que se pretende

fomentar (Loughran, 2006). Ejemplos de este tipo de experiencias incluyen prácticas de modelización o indagación, que requieren no solo una formación teórica, sino también la transformación de las concepciones docentes de los estudiantes para profesores.

A pesar de su relevancia, son todavía pocos los estudios que evalúan el impacto de este tipo de experiencias en la formación didáctica, concentrándose la mayoría en el aprendizaje del contenido científico. Sin embargo, algunos estudios muestran resultados alentadores, mostrando que estos programas influyen en las concepciones didácticas y en la planificación educativa de quienes se forman como docentes (Jiménez-Liso et al., 2019; Özer & Sarıbaş, 2023; Soto et al., 2024). Esta comunicación se centra en un estudio realizado en el contexto del Máster de Profesorado de Secundaria en la Universidad X. En particular, en la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza de las Ciencias. Dicha materia se inicia con un módulo dedicado a abordar un tema curricular de ciencias, diseñado desde un enfoque basado en modelización. En este marco, se analiza el impacto didáctico de dicho módulo en la formación didáctica de los participantes, a través de la reflexión sobre la experiencia vivida. El estudio se inserta en una investigación basada en diseño, en la que pretende evaluarse tanto la viabilidad como el impacto en los participantes del diseño formativo implementado. Con base en lo anterior, esta comunicación busca responder la siguiente pregunta de investigación: ¿En qué medida el desarrollo de este módulo promueve la reflexión explícita de en torno a elementos propios del marco de la modelización en ciencias?

MARCO TEÓRICO

La modelización se ha consolidado como un enfoque central en la enseñanza de las ciencias, entendido no solo como una práctica de aula o competencia del alumnado, sino como un enfoque didáctico capaz de organizar la enseñanza para promover la evolución de los modelos mentales y las prácticas científicas de los estudiantes (Oliva, 2019). Esta perspectiva sitúa al estudiante en un papel activo al no tratarse solo de reproducir modelos preexistentes, sino de construir, validar y revisar modelos, conectando sus ideas con nuevos marcos explicativos (Gilbert y Justi, 2016).

Uno de los rasgos definitorios de la enseñanza basada en modelización es la organización del aprendizaje alrededor de un número reducido de ideas centrales, que funcionan como ejes conceptuales del currículo y permiten desarrollar comprensiones coherentes y transferibles, evitando la acumulación fragmentada de información (Harlen, 2015). Los modelos escolares, adaptaciones funcionales de la teoría científica, actúan como núcleos explicativos que facilitan la predicción, la argumentación y la revisión de ideas, al tiempo que interactúan con las concepciones previas de los estudiantes y favorecen un aprendizaje progresivo y metacognitivo. Además, la enseñanza basada en modelización se articula a menudo mediante ciclos de aprendizaje que guían la evolución conceptual del alumnado, integrando exploración, formulación de problemas, análisis de datos y evaluación de modelos (Couso, 2020). Estos ciclos permiten planificar progresiones de aprendizaje coherentes, anticipando los modelos intermedios por los que transitan los estudiantes y ofreciendo andamiajes estratégicos que facilitan la complejidad conceptual. En este contexto, la indagación y la modelización se combinan y complementan, pues la construcción activa de modelos exige plantear preguntas, recoger evidencias y revisar explicaciones, consolidando competencias científicas y prácticas de razonamiento. En este sentido, resulta esencial un contacto del estudiante con el medio físico y natural, como fuente de pruebas que permiten evaluar y revisar los modelos construidos.El enfoque incorpora también recursos y mediadores simbólicos y materiales —como diagramas, analogías, simulaciones virtuales, maquetas o experimentos mentales— que permiten representar fenómenos y transformar significados entre distintos sistemas de representación (Gilbert y Justi, 2016; Marzabal et al., 2024). La dimensión discursiva y colaborativa se vuelve igualmente esencial: argumentar, debatir y consensuar modelos fomenta la reflexión, la justificación basada en evidencia y la comprensión del conocimiento como práctica social. La contextualización de los modelos en problemas significativos acerca la ciencia a la vida real y refuerza la alfabetización científica crítica (Gilbert y Justi, 2016).

En la formación de futuros docentes, estos elementos definen indicadores claros de impacto didáctico: considerar y transformar las ideas previas del alumnado, planificar secuencias progresivas, involucrar

activamente a los estudiantes en explicaciones y predicciones, utilizar recursos comunicativos y de representación variados, promover la discusión y el trabajo colaborativo, revisar críticamente las ideas generadas y favorecer la transferencia a nuevos contextos. Además, la enseñanza basada en modelización impulsa la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia y la autorregulación del aprendizaje, contribuyendo a la formación integral del profesorado (Oliva, 2019; Lacolla, 2024). Así, la modelización no solo es un contenido a enseñar, sino un medio para articular prácticas reflexivas y colaborativas, que más adelante puedan ser transferidas por los futuros docentes a sus prácticas de aula.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

características del diseño formativo

El diseño formativo se corresponde con la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza en la especialidad de Física y Química (84 horas presenciales). La asignatura se subdivide en diversos módulos, el primero de los cuales se dedicar a ofrecer una formación curricular en el ámbito del modelo newtoniano de fuerza, al objeto de proporcionar una formación experiencial en línea con la propuesta en la sección anterior. Dicho módulo, al que se dedica 18 horas distribuidas en ocho sesiones de 2,25 horas, es seguido luego por otros dedicados al aprendizaje de las ciencias, el análisis curricular, los modelos y estrategias en la enseñanza de las ciencias, y los recursos y actividades propios de la enseñanza de la Física y Química.

El módulo sobre el modelo de fuerzas aborda la noción de fuerza, las leyes de la dinámica, la ley de Gravitación Universal, ejemplos de fuerzas, identificación y representación de fuerzas, el efecto deformador de las fuerzas, dinámica del movimiento circular y aplicación del conjunto de lo estudiado a la interpretación fenómeno de las mareas. Sin renunciar al abordaje de aspectos cuantitativos, como la resolución de problemas de lápiz y papel, el módulo tiene una orientación eminentemente cualitativa, focalizada a la interpretación de fenómenos cotidianos y con la premisa fundamental de presentar los enunciados y axiomas abordados como un todo articulado. Situados en este marco, se considera prioritario la explicación y predicción de situaciones físicas de la vida diaria. Por otro lado, los contenidos tratados se estructuran a través de diferentes hitos de aprendizaje, abordándose cada uno mediante ciclos de modelización. Así mismo, se recurre al uso de analogías, experimentos mentales y simulaciones digitales, todo lo cual permite situar a los futuros profesores en un contexto de aprendizaje coherente con enfoques de modelización.

El módulo se desarrolla en forma de una secuencia de actividades, que propicia el aprendizaje activo y reflexivo en torno a los contenidos tratados, así como el trabajo en pequeño y gran grupo, propiciado este último a través de los debates y puestas en común desarrolladas.

Participantes, instrumentos y análisis de la información

Participó un grupo-clase de 17 estudiantes, 11 mujeres y 5 hombres, la mayoría de ellos graduados en Química, distribuidos en cinco grupos de tres y uno de dos. Como docentes intervinieron tres profesores del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, asistiendo a cada sesión al menos dos de ellos, uno que actuaba como docente, y otro como observador externo.

A efectos del estudio de esta comunicación, los instrumentos de recogida de información fueron el cuaderno de notas del observador externo, el diario de sesiones del profesor y un informe final que completaron los estudiantes al acabar el módulo y en el que se les pidió una reflexión explícita sobre las aportaciones del módulo a su formación como docentes (Anexo). En concreto, la pregunta eje de dicha reflexión era la siguiente: ¿Qué has aprendido a lo largo de estas sesiones que te sirva para tu actuación futura como profesor de Física y Química?"

Para el análisis cualitativo de las reflexiones se emplearon los informes individuales del alumnado. El estudio se estructuró en torno a catorce dimensiones o rasgos de las estrategias de modelización: a) grandes ideas de la ciencia; b) transposición didáctica; c) papel de las ideas y concepciones de los estudiantes; d) problematización de los saberes científicos; e) planificación de hitos intermedios; f)

uso de ciclos de aprendizaje; g) tareas de explicación de fenómenos; h) predicciones y confrontación de datos; i) uso de recursos instrumentales; j) discusión y trabajo cooperativo; k) trabajo en contexto y transferencia a nuevas situaciones; l) abordaje de la naturaleza de la ciencia (NdC); m) actividad metacognitiva y autorregulación; y n) labor de andamiaje docente. En el análisis se distinguieron dos niveles de profundidad discursiva: reconocimiento explícito, cuando el participante utilizaba terminología específica de didáctica, y reconocimiento implícito, cuando describía acciones o estrategias coherentes con la dimensión analizada sin emplear nomenclatura técnica. El cuaderno de notas del observador externo se empleó para complementar el diario de sesiones del profesor, permitiendo identificar momentos y aspectos concretos de la experiencia formativa. Este diario posibilitó contrastar la intención didáctica de los docentes con el aprendizaje percibido por el alumnado. Para ello, se realizó un mapeo de coincidencias y diferencias entre ambos instrumentos de recogida de datos, tomando como referencia las dimensiones de modelización descritas.

Así pues, la investigación presenta criterios de credibilidad basados en la observación intensiva y en la triangulación de los datos obtenidos mediante los distintos instrumentos utilizados. No obstante, por su carácter cualitativo, los resultados no son generalizables a otros contextos de formación docente.

RESULTADOS

El análisis de las síntesis reflexivas revela, en términos generales, un elevado nivel de reflexión en el estudiantado. No obstante, el grado de consolidación de las dimensiones de modelización es desigual (Figura 1), identificándose varios niveles de apropiación. Este análisis permite identificar varios niveles de consolidación de ideas en los estudiantes:

Figura 1. Frecuencia de estudiantes que hacen mención (explícita o implícita) a rasgos de la modelización.

1. Consolidación alta, explícita e implícita: Destacan las dimensiones de ideas de los alumnos (c) y recursos instrumentales (i). Los participantes identifican las concepciones alternativas como el eje del cambio conceptual, reconociéndolas como marcos coherentes y no como meros errores:

> *"...las dificultades del alumnado en Física derivan de que los estudiantes poseen marcos explicativos alternativos con gran coherencia interna, que compiten con el modelo científico que pretendemos enseñar (estudiante 11)".*

Asimismo, aparecen citas recurrentes a analogías, modelos múltiples y experimentos mentales.

2. Consolidación media, explícita e implícita: En este nivel se sitúan la problematización de los saberes (d) y el abordaje de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) (l). La primera se vincula al conflicto cognitivo como motor del aprendizaje y al valor de la pregunta sobre la respuesta directa:

> *"...nos dejó la libertad de expresar nuestro conocimiento sobre la fuerza de rozamiento y no hizo falta que nos explicara la realidad, bastó con subirse encima de la mesa y preguntarnos sobre por qué puede andar, qué fuerza es la responsable, para que nosotros nos cuestionáramos toda la teoría errónea preconcebida. (estudiante 2)"*

Respecto a la NdC, aunque aparece de forma explícita, suele focalizarse hacia el uso de la historia de la ciencia para humanizar el error y visualizar el conocimiento como un proceso dinámico.

3. Consolidación media solo implícita: Dimensiones como (a) grandes ideas, (b) transposición didáctica, (g) tareas de explicación, (j) discusión y trabajo cooperativo, (k) transferencia a nuevas situaciones y

(n) Andamiaje se encuentran presentes de forma funcional pero no terminológica. Los estudiantes valoran la alteración del orden de las leyes de Newton y el rol docente como "guía", además de vincular la física con contextos cotidianos para evitar el modelo memorístico. En este nivel emerge con fuerza la metacognición (m) a través del concepto de "shock" o "punto de inflexión", donde los estudiantes reconocen la inestabilidad de sus conocimientos previos, lo que incrementa la motivación por el aprendizaje:

> *"...estas sesiones han sido un 'shock' positivo: no solo he visualizado con claridad qué contenidos debo enseñar, sino que he comprendido cómo se produce realmente el aprendizaje en el aula, gracias a las prácticas de laboratorio con María del Mar y a las experiencias prácticas que hemos realizado en cada sesión (estudiante 13)".*

4. Baja Consolidación: Las dimensiones (f) ciclos de aprendizaje y (e) hitos intermedios son los menos reconocibles. Los alumnos describen las sesiones como "dinámicas" o "investigaciones", pero no logran identificar la planificación de la secuencia cíclica ni de pasos graduales.

Por otro lado, el análisis del contraste entre Intenciones docentes y aprendizaje percibido por los estudiantes, realizado mediante el mapeo de coincidencias entre los diarios de sesiones de los docentes y los informes de reflexión, muestra una alta convergencia en los aspectos vivenciales del módulo, como el papel de las ideas (dimensión c), uso de recursos (dimensión i) y la problematización y metacognición (dimensiones d y m). Alumnado y profesorado coinciden en que el cuestionario inicial sobre fuerza-movimiento fue un "punto de inflexión" para reconfigurar ideas previas. Asimismo, existe consenso sobre la eficacia de las analogías y experimentos mentales para visualizar conceptos abstractos, así como en el uso de contextos próximos para dotar de sentido a la física. No obstante, se identifica una brecha significativa en la percepción de la estructura del módulo. Mientras los docentes registran el cumplimiento de "ciclos de modelización" y secuencias POE (Predecir-Observar-Explicar), el estudiantado percibe una "metodología activa" genérica sin identificar el marco teórico subyacente. Finalmente, aunque el andamiaje es valorado positivamente, el alumnado lo describe en términos comunes (facilitador) en lugar de reconocer la planificación estratégica de puentes cognitivos.

CONCLUSIONES

La investigación permite concluir que la experiencia de aprendizaje vivida en torno al modelo newtoniano posee un valor formativo fundamental. El alto grado de consolidación de dimensiones como las ideas de los alumnos y el uso de recursos analógicos demuestra que la vivencia personal es un vehículo eficaz para cuestionar las concepciones tradicionales sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. No obstante, los resultados evidencian que la experiencia vivencial es insuficiente por sí sola para alcanzar un Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) pleno. La brecha entre las intenciones de los docentes y la percepción de los alumnos indica que estos últimos asimilan las estrategias (el cómo) pero no los fundamentos teóricos que las sustentan (el porqué). Los elementos relacionados con la ingeniería didáctica no se transfieren automáticamente mediante la mera participación en secuencias de enseñanza-aprendizaje. Finalmente, esta comunicación representa la fase inicial de un estudio más amplio. Los módulos sucesivos de la asignatura pretenden completar este proceso mediante la formación explícita sobre los fundamentos epistemológicos y didácticos de la modelización, permitiendo al futuro profesorado recontextualizar su experiencia y adquirir herramientas para el diseño y fundamentación de sus propias secuencias.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PID2022-136353NB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER/UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Couso, D. (2020). Aprender ciencia escolar implica construir modelos cada vez más sofisticados de los fenómenos del mundo. En D. Couso, M.R. Jiménez Liso, C. Refojo y J.A.Sacristán, J. A. (Eds.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 63-74). FECYT-Fundación Lilly.

Gilbert, J. K., y Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education.* Basel: Springer

Harlen, W. (2015). *Trabajando con las grandes ideas de la educación en ciencias.* Programa de Educación en Ciencias (SEP) de la Red Global de Academias de Ciencias (IAP). Trieste, Italia: Programa de Educación en Ciencias (SEP) de la IAP, 70.

Jimenez-Liso, M. R., Martinez-Chico, M., Avraamidou, L., & López-Gay Lucio-Villegas, R. (2019). Scientific practices in teacher education: the interplay of sense, sensors, and emotions. Research in Science & Technological Education, 39(1), 44–67. https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1647158

Lacolla, L. (2024). Enseñanza de las Ciencias en contexto: reflexiones y ejemplos de Enseñanza de Química con enfoque Química-Tecnología-Sociedad (QTS). *Educación Química*, *35*(1), 135-147. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.1.85824

Loughran, J. (2006). *Developing a pedagogy of teacher education: Understanding teaching and learning about teaching.* Routledge.

Marzabal, A., Merino, C., Soto, M., & Cortés, A. (2024). Modeling-based science education. En A. Marzabal y C. Merino (eds.), *Rethinking science education in Latin-America: Diversity and equity for Latin American students in science education* (pp. 245-261). Springer.

Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 5-24. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648

Oyelekan, O. S., Igbokwe, E. F., & Olorundare, A. S. (2017). Science Teachers' Utilization of Innovative Strategies for Teaching Senior School Science in Ilorin, Nigeria, *Malaysian Online Journal of Educational Sciences, 5*(2), 49-65.

Özer, F., Sarıbaş, D. (2023). Exploring Pre-service Science Teachers' Understanding of Scientific Inquiry and Scientific Practices Through a Laboratory Course. *Science & Education*, 32, 787–820 https://doi.org/10.1007/s11191-022-00325-3

Soto, M., Vergara, C., y Valenzuela, J. (2024). Caracterización de explicaciones del profesorado de física en formación respecto a las competencias modelizadoras. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(3), 3601. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3601

Walder, A. M. (2014). The concept of pedagogical innovation in higher education. *Education Journal, 3*(3), 195-202. https://dx.doi.org/10.11648/j.edu.20140303.22

Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87, 112–143.

ANEXO: ENSAYO DE REFLEXIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA DE APRENDIZAJE VIVIDA

Las cuatro primeras sesiones del curso se han centrado en una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) que aborda el modelo newtoniano de fuerza. Vuestra tarea es elaborar una síntesis reflexiva donde se articule vuestra experiencia de aprendizaje sobre esta SEA con vuestra visión como futuros docentes. El documento debe enfocarse en la siguiente pregunta guía: "Considerando todas las sesiones, ¿qué has aprendido a lo largo de estas sesiones que te sirva para tu actuación futura como profesor de Física y Química?". Particularmente, para responder a la pregunta, dirige tu mirada a los siguientes aspectos: a) Sobre qué aspectos poner énfasis a la hora de elegir los contenidos a enseñar y a la hora de esperar que ha de aprender el alumnado. b) Sobre tu forma de entender por qué la Física y Química pueden plantear problemas y dificultades de aprendizaje. c) Al elegir la metodología idónea para enseñar Física y Química. d) En relación a los tipos de estrategias y recursos más convenientes para enseñar Física y Química.

Desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido colectivo en la formación docente para la enseñanza del cambio climático

Adriana Carolina Herrera-López; Bartolomé Vázquez-Bernal; María Ángeles de las Heras-Pérez

Departamento de didácticas integradas, Universidad de Huelva

RESUMEN: La enseñanza del cambio climático plantea desafíos para la educación en ciencias debido a su carácter complejo y socioambiental. Este estudio explora el desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido colectivo (CDCc) de un grupo interdisciplinario de docentes tras su participación en un proceso de formación en cambio climático y el diseño de una secuencia didáctica. La investigación se desarrolló desde un enfoque cualitativo, mediante un estudio de caso colectivo, con la participación de tres docentes en ejercicio y una facilitadora-investigadora. El proceso formativo se llevó a cabo en el Centro de Innovación del Maestro (Medellín, Colombia), en el marco de la Red de Educadores Científicos del Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá. La información se recolectó a partir de reuniones de planificación y del diseño de la secuencia didáctica. El análisis de los datos se llevó a cabo a través de la técnica de análisis de contenido con apoyo de MAXQDA©, desde el Modelo del Consenso Refinado y la Hipótesis de la Complejidad. Los resultados evidencian un mayor desarrollo del conocimiento del contenido y del currículo, así como avances incipientes en otras dimensiones del CDCc, destacando el valor del trabajo docente colectivo y contextualizado.

PALABRAS CLAVE: cambio climático; formación del profesorado; hipótesis de la complejidad; desarrollo profesional

ABSTRACT: Teaching climate change poses challenges for science education due to its complex and socio-environmental nature. This study explores the development of collective content-teaching knowledge (CDCc) among an interdisciplinary group of teachers following their participation in a training program on climate change and the design of a teaching sequence. The research was conducted using a qualitative approach, through a collective case study, with the participation of three practicing teachers and a facilitator-researcher. The training process took place at the Teacher Innovation Center (Medellín, Colombia), within the framework of the Network of Science Educators of the Early Warning System of the Aburrá Valley. The information was collected from planning meetings and the design of the teaching sequence. Data analysis was carried out using content analysis techniques supported by MAXQDA©, based on the Refined Consensus Model and the Complexity Hypothesis. The results show greater development of knowledge of the content and curriculum, as well as incipient advances in other dimensions of CDCc, highlighting the value of collective and contextualized teaching work.

KEYWORDS: climate change; teacher training; complexity hypothesis; professional development

CONTEXTO CONCEPTUAL DEL ESTUDIO

La crisis ambiental constituye uno de los principales desafíos de la humanidad y se inscribe en una lógica de globalización económica que demanda, con urgencia, otras formas de articulación basadas en la solidaridad, la circulación del conocimiento y la garantía de condiciones de vida dignas. Desde esta perspectiva, resulta necesario replantear la relación entre el medio ambiente, los seres humanos y los procesos de conocimiento, apoyándose en valores y enfoques integradores propios de la Educación Ambiental. En este marco, problemáticas como la deforestación, las pandemias y el cambio climático (CC) se caracterizan por múltiples interconexiones y dinámicas complejas que desbordan los enfoques tradicionales de comprensión y evaluación del riesgo.

Desde los planteamientos de Funtowicz y Ravetz (2000), los problemas ambientales contemporáneos se comprenden como posnormales, caracterizados por la incertidumbre de los hechos, la disputa

de valores, la alta relevancia de lo que está en juego y la urgencia en la toma de decisiones. Estos problemas, entendidos también como complejos, emergen de conflictos asociados a la gestión de los recursos, la tensión entre intereses económicos y de conservación, y la existencia de conocimiento científico incompleto o limitado.

En este contexto, la ciencia tradicional resulta insuficiente para responder a la complejidad de los desafíos globales y a las demandas de equidad social, lo que da lugar al surgimiento de la ciencia posnormal como una perspectiva que integra la relación sociedad–naturaleza, reconoce la incertidumbre y asume la toma de decisiones bajo principios éticos como la precaución y la prudencia (Funtowicz y Ravetz, 2000). Esta aproximación exige la reflexión sobre el pasado y las proyecciones futuras, como elementos fundamentales para comprender científicamente la naturaleza y el lugar que los seres humanos ocupan en ella.

Ante este panorama, la atención se orienta hacia el papel del profesorado y los procesos de formación necesarios para la enseñanza de fenómenos socioambientales complejos como el CC. Aunque aún incipiente, la literatura reciente evidencia limitaciones en la formación docente para abordar este tema: en Inglaterra, muchos profesores recurren a procesos autodidactas (Greer et al., 2025); la confianza docente aparece estrechamente vinculada a la identidad profesional; y, aun en contextos con currículos obligatorios, persisten carencias de recursos y de planificación. Este escenario refuerza la necesidad de fortalecer el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) del profesorado desde una perspectiva ambiental.

Existen diversos modelos que abordan el CDC; sin embargo, son escasos los orientados específicamente al tratamiento de las problemáticas ambientales. Desde una perspectiva más amplia, se ha buscado identificar en los modelos existentes aquellos aportes que permiten comprender y fortalecer el conocimiento del profesorado para la enseñanza del CC. En este sentido, se destaca el Modelo del Consenso Refinado (MCR) (Carlson y Daehler, 2019), debido a su énfasis en el conocimiento colectivo y en el papel del contexto, claves para abordar problemáticas ambientales que deben abordarse en el aula (Herrera-López., 2026b).

Este modelo se estructura en tres capas interrelacionadas de conocimiento y experiencia que caracterizan la práctica docente y median los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Dichas capas corresponden a distintos ámbitos del CDC: el CDC colectivo (CDCc), el CDC personal (CDCp) y el CDC promulgado (CDCe), que interactúan dinámicamente entre sí. Además, alrededor del CDC colectivo se sitúa el contexto de aprendizaje, entendido como una capa que articula el conocimiento y la práctica individual del profesorado con el conocimiento compartido, e integra elementos del entorno educativo, los estudiantes y los escenarios específicos de enseñanza de las ciencias.

Para analizar cómo los distintos ámbitos del CDC se movilizan en la práctica docente, resulta pertinente incorporar la Hipótesis de la Complejidad (Figura 1) propuesta por Vázquez-Bernal et al. (2022), que distingue tres dimensiones articuladas de manera progresiva: técnica, práctica y crítica. La Dimensión Técnica (DT) se asocia a esquemas de acción rutinarios y autorreferenciales que pueden limitar el desarrollo profesional, mientras que la Dimensión Práctica (DP) amplía la reflexión a la resolución de problemas de la enseñanza. Por su parte, la Dimensión Crítica (DC) incorpora una mirada social y transformadora sobre la práctica educativa, otorgando a la educación un potencial emancipador. Este enfoque permite comprender la relación integrada entre la reflexión y la acción docente en el aula.

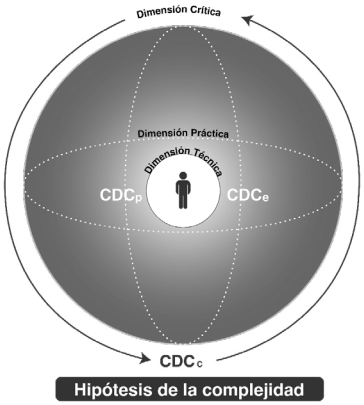


Figura 1. Hipótesis de la complejidad.

En este orden de ideas, el presente trabajo explora el desarrollo del CDC colectivo de un grupo de docentes a partir del MCR, tras su participación en un ciclo de formación sobre cambio climático y la implementación

de lo aprendido mediante un diseño microcurricular con una estrategia didáctica, analizada desde la perspectiva de la Hipótesis de la Complejidad.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló a partir del enfoque cualitativo, mediante un estudio de caso colectivo, con el propósito de explorar el CDC colectivo de un equipo interdisciplinario de docentes en el marco de la educación para el CC. El caso estuvo conformado por tres docentes en ejercicio (dos de educación básica primaria y un formador del Programa Todos a Aprender del Ministerio de Educación Nacional) y una facilitadora-investigadora, quienes participaron en un proceso de formación docente en CC.

El proceso formativo se llevó a cabo en el Centro de Innovación del Maestro (Medellín, Colombia), como parte de la estrategia Red de Educadores Científicos, articulada al Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá (SIATA). La formación se estructuró a partir de un modelo de formación docente en educación ambiental (Herrera-López et al., 2024), con énfasis en una perspectiva territorial y contextualizada.

Para la recolección de información se utilizaron dos fuentes: la primera consistió en cuatro reuniones de planificación del equipo docente (R1–R4), grabadas y transcritas, y la segunda, una secuencia didáctica (SD) diseñada colectivamente para su posterior aplicación en el aula. Para ello, se atendieron los criterios éticos de la investigación, garantizando el consentimiento informado, la confidencialidad y la protección de la identidad de los participantes.

El procesamiento de la información, apoyado en el software MAXQDA©, se desarrolló a partir de un sistema de categorías fundamentado en las bases del conocimiento profesional del profesor (Gess-Newsome, 2015), que, desde el marco del MCR, se interpreta como el conocimiento que se construye de manera colectiva. Las fuentes de información (R1–R4 y SD) fueron tratadas de manera independiente y posteriormente integradas para identificar tendencias y relaciones entre los componentes del CDC colectivo mediante procedimientos descriptivos y mapas de co-ocurrencias.

Las categorías del sistema se analizan a la luz de las tres dimensiones analíticas: técnica, práctica y crítica, de acuerdo con la Hipótesis de la Complejidad. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de co-ocurrencias entre códigos para identificar las relaciones entre categorías y sub-categorías del CDC colectivo.

Tabla 1. Sistema de categorías

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA
Conocimiento didáctico en cambio climático	Enfoque en la enseñanza-aprendizaje en cambio climático
	Metodología en la enseñanza-aprendizaje en cambio climático
Conocimiento de los estudiantes en cambio climático	Percepción de los estudiantes en torno al aprendizaje del cambio climático
	Obstáculos de aprendizaje de los estudiantes en temas del cambio climático
	Participación de los estudiantes
Conocimiento del currículo en cambio climático	Objetivos de aprendizaje en torno al cambio climático
	Recursos y fuentes para abordar el cambio climático en el aula
	Organización del contenido: vínculo de temas sobre el cambio climático al plan de estudios

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA
Conocimiento de la evaluación en cambio climático	Qué evaluar sobre el cambio climático
	Finalidad de la evaluación
	Participantes en la evaluación
	Instrumentos de evaluación
Conocimiento del contenido en cambio climático	Conocimiento sobre el cambio climático
	Relevancia del contenido sobre el cambio climático
	Papel dialógico del conocimiento científico y el contenido escolar en la resolución de problemas del contexto

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan de manera integrada los resultados y la discusión de la investigación. El análisis se organiza en dos apartados complementarios. El primero se centra en la exploración de los saberes profesionales que emergen del trabajo colaborativo del equipo interdisciplinario de educadores en torno a la enseñanza del CC. El segundo examina cómo dichos saberes se relacionan, articulan y movilizan en procesos de diseño de propuestas educativas orientadas a este mismo campo de conocimiento.

Componentes del CDC colectivo en la enseñanza del cambio climático en un equipo interdisciplinario de educadores

A partir de la información recopilada se obtuvieron 1.040 códigos; en la tabla 2 se presentan de acuerdo con el sistema de categorías:

Tabla 2. Segmentos codificados a partir de los instrumentos de información

CATEGORÍA	SEGMENTOS	PORCENTAJE
Conocimiento didáctico en cambio climático	140	13,46
Conocimiento de los estudiantes en cambio climático	136	13,08
Conocimiento del currículo en cambio climático	326	31,35
Conocimiento de la evaluación en cambio climático	74	7,12
Conocimiento del contenido en cambio climático	364	35,00
TOTAL	1040	100,00

El conocimiento del contenido y el conocimiento curricular sobre el cambio climático fueron los componentes más activados y se consolidaron como el núcleo del CDC colectivo, en coherencia con la literatura que reconoce el dominio disciplinar como requisito previo para el desarrollo del CDC y la estructuración de experiencias significativas. El estudio aporta, además, una perspectiva situada, en la que el contenido adquiere un significado crítico al vincularse con fenómenos locales y con el currículo escolar (Rushton y Walshe, 2025).

La iniciativa individual del profesorado, asociada al CDC personal, fue decisiva para favorecer la colaboración interdisciplinar y fortalecer el CDC colectivo, lo que coincide con los planteamientos que sitúan la autoformación y la agencia docente como motores de la innovación educativa en el abordaje del cambio climático (Greer et al., 2025; Rushton y Walshe, 2025). Los conocimientos pedagógicos se activaron mediante metodologías activas —aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en la investigación y en el lugar— que garantizaron la eficacia pedagógica y promovieron el aprendizaje social y situado. Aunque la literatura advierte sobre limitaciones derivadas de la falta de formación estructurada del profesorado (Greer et al., 2025), el trabajo colectivo permitió superar parcialmente

estas barreras, fortaleciendo la relación entre la identidad profesional y la confianza en la enseñanza del CC.

El conocimiento de los estudiantes emergió de forma incipiente a través de las percepciones y la participación, lo que sugiere un tránsito hacia prácticas más participativas, donde las ideas previas juegan un papel clave. El conocimiento sobre la evaluación del cambio climático fue el menos desarrollado, aunque se identificaron intentos iniciales de integrar las dimensiones conceptuales, procedimentales y actitudinales, lo que confirma que la evaluación sigue siendo una de las dimensiones más débiles del CDC (Hanuscin et al., 2018) y requiere más tiempo y apoyo para su consolidación. En conjunto, los resultados confirman que el CDC colectivo se activa de manera diferenciada (Hanuscin et al., 2018).

Interacción de los componentes del CDC colectivo en la formulación de propuestas educativas sobre CC

La Figura 2 presenta las relaciones entre los componentes del CDC colectivo; el tamaño de los círculos representa la cantidad de unidades codificadas, mientras que el grosor de las líneas indica la fuerza de conexión entre las distintas categorías y su-categorías. A partir de este análisis, se observa que el conocimiento de los contenidos y el conocimiento curricular sobre el cambio climático se consolidan como un eje articulador entre las dimensiones del conocimiento pedagógico, confirmando el papel central de los contenidos en el CDC. No obstante, estos resultados amplían dicha perspectiva al evidenciar que el currículo puede configurarse como un espacio de reconstrucción social desde el cual se resignifica la enseñanza del cambio climático (Rushton y Walshe, 2025).

En relación con el conocimiento pedagógico, las metodologías de enseñanza flexibles y adaptadas al currículo actuaron como un elemento mediador para el desarrollo del conocimiento de los contenidos. Asimismo, los resultados refuerzan la idea de que la riqueza del CDC reside en la interacción dinámica entre sus componentes y en el carácter holístico que requiere su desarrollo.

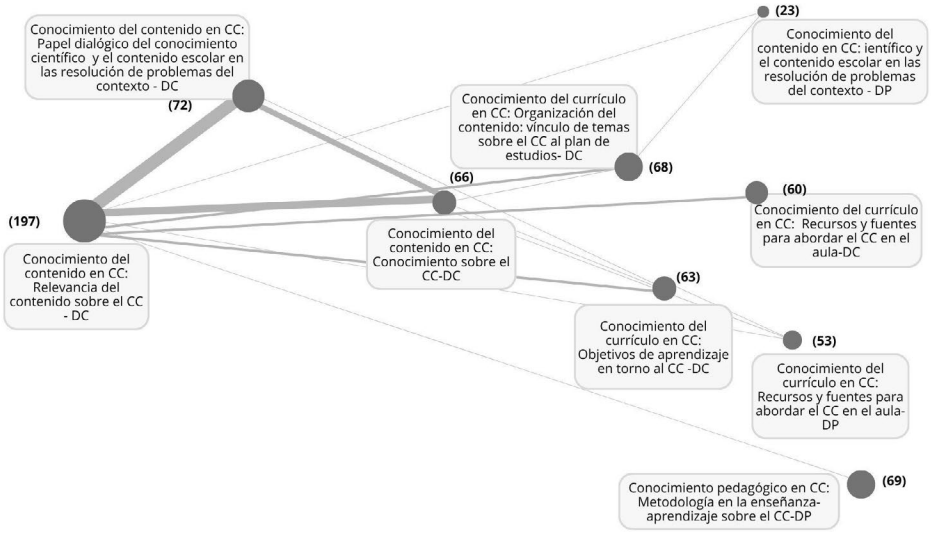


Figura 2. Red de co-ocurrencias. Nota. DT, DP, DC corresponden a las dimensiones de la complejidad

CONCLUSIONES

Este estudio muestra que el desarrollo del CDC colectivo constituye un elemento clave para fortalecer la enseñanza del cambio climático desde una perspectiva ambiental, situada y contextualizada. El trabajo colaborativo docente, apoyado en procesos formativos territoriales, favorece la articulación entre el conocimiento del contenido, el currículo y las decisiones pedagógicas, lo que permite resignificar el cambio climático como un problema educativo relevante y cercano. No obstante, los resultados muestran que dicho desarrollo es progresivo y desigual, especialmente en dimensiones como la evaluación, lo que refuerza la necesidad de programas de formación docente que integren la complejidad, la reflexión crítica y el compromiso social como ejes para afrontar los desafíos socioambientales contemporáneos.

Este estudio se deriva de una investigación más amplia orientada a analizar el desarrollo del CDC sobre el cambio climático en profesores del Valle de Aburrá, a partir de procesos de formación docente y del diseño de prácticas pedagógicas situadas. Los resultados aquí presentados corresponden a un análisis de carácter general y destacan los hallazgos más relevantes; un desarrollo más profundo de los componentes del CDC y de sus co-ocurrencias se presenta en Herrera-López (2026a).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Funtowicz, S. O., & Ravetz, J. R. (2000). *La ciencia posnormal: Ciencia con la gente*. Icaria / Antrazyt.

Gess-Newsome, L. (2015). A model to teach professional knowledge and skill including PCK. In: A. Berry, P., Friedrichsen, y Loughran, J (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28–42). New York: Routledge.

Greer, K., Kitson, A., Rushton, E. A. C., Walshe, N., y Dillon, J. (2025). Teaching climate change and sustainability in England: Committed individuals and the prevalence of 'self-taught' professional learning. *Professional Development in Education*. Advance online publication.

Herrera-López, A. C., Vázquez-Bernal, B., de las Heras-Pérez, M. Á., y Lopera Pérez, M. (2026a). Collective Pedagogical Content Knowledge on Climate Change: An Exploratory Study with In-Service Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 1–22. https://doi.org/10.1080/1046560X.2025.2601284

Herrera-López, A. C., Vázquez-Bernal, B., de las Heras-Pérez, M. Á ., Freire, L. M. (in press). Conocimiento didáctico del contenido en contextos ambientales: Estado de la cuestión respecto a su configuración. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, EUREKA*.

Herrera-López, A. C., Vázquez-Bernal, B., y De las Heras-Pérez (2024). Travesía educativa: un modelo para abordar temas de Educación Ambiental en la formación de maestros. *Bio-grafía*, 17 (Extraordinario), 1020–1030.

Carlson, J. y Daehler, K. R. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper y A. Borowski (eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77–92). Singapore: Springer Nature.

Hanuscin, D. L., Cisterna, D., y Lipsitz, K. (2018). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching structure and properties of matter. Journal of Science Teacher Education, 29(8), 665–692. https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1488486

Rushton, E. A. C., y Walshe, N. (2025). Curriculum making and climate change and sustainability education: A case study of school teachers' practices from England, UK. *Environmental Education Research*, 31(5), 1083–1097. https://doi.org/10.1080/13504622.2025.2471990

Vázquez-Bernal, B., Mellado, V., y Jiménez-Pérez, R. (2022). The long road to shared PCK: A science teacher's personal journey. *Research in Science Education*, 52, 1807–1828. https://doi.org/10.1007/s11165-021-10028-4

¿Cómo desarrollan los estudiantes de Grado en Educación Infantil una actividad formativa sobre prevención de accidentes en el hogar?

Marta Ruiz Morcillo[1], Francisco Javier Robles Moral[1], Carlos de Pro Chereguini[1] y José Cantó Doménech[2]

[1]Dpt. de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España.

[2]Dpt. de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials, Universitat de València, España.

*Correspondencia: franciscojavier.moral@um.es

RESUMEN: Cada vez existe un mayor consenso, entre los formadores y formadoras de las futuras maestras de Educación Infantil (EI), sobre qué competencias profesionales y aspectos metodológicos se han de priorizar en los estudios de Grado en EI, pese a las diferencias existentes de esta titulación en cada universidad española. Aquí analizamos cómo 46 estudiantes de tercer curso de Grado en EI desarrollan una propuesta –con 22 escolares de EI- basada en juegos motores sobre prevención de accidentes en el hogar, en el contexto de su primera asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) de la titulación. Se trataba de un estudio con enfoque cuantitativo no experimental de tipo ex post facto. Principalmente, se centra el análisis en las capacidades mostradas por los estudiantes universitarios durante la intervención y en los conocimientos didácticos adquiridos, recogidos en los informes presentados para justificar y reflexionar sobre el trabajo realizado. Los resultados obtenidos reflejaron que los estudiantes inician su formación en DCE con importantes carencias formativas (ajenas a nuestra área), pero son capaces de desarrollar la propuesta con el alumnado de EI de manera supervisada. Como conclusión, al comprobar que continúan presentando algunas carencias formativas de carácter didáctico tras cursar nuestra materia, pensamos que estas deberían ser subsanadas, en la medida de lo posible, durante el siguiente curso y antes de finalizar sus estudios.

PALABRAS CLAVE: formación inicial de maestros; educación infantil; contenidos didácticos; prevención de accidentes.

ABSTRACT: There is a growing consensus among instructors of future early childhood education (ECE) teachers regarding which professional competencies and methodological aspects should be prioritized in ECE bachelor's degree programs, despite the differences in these programs across Spanish universities. Here we analyze how 46 third-year ECE undergraduate students developed a proposal -involving 22 ECE students- based on motor games focused on preventing accidents in the home, within the context of their first course in Didactics of Experimental Sciences (DES) in the program. This was a quantitative, non-experimental, ex post facto study. We primarily focused our analysis on the skills demonstrated by the university students during the intervention and on the pedagogical knowledge acquired, as documented in the reports submitted to justify and reflect on the work carried out. The results showed that students begin their training in DES with significant gaps in their preparation (unrelated to our field) but are capable of implementing the proposal with early childhood education students under supervision. In conclusion, having observed that they continue to exhibit certain pedagogical training gaps after completing our course, we believe these should be addressed, to the extent possible, during the following academic year and before they complete their studies.

KEYWORDS: initial teacher training; early childhood education; didactic content; accident prevention.

INTRODUCCIÓN

Como se resalta en Pro *et al.* (2020), no son pocos los que consideran que las necesidades formativas de una maestra o un maestro de EI, en el ámbito de la DCE, son inferiores que en otras etapas porque se trabaja con contenidos científicos más elementales. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no es lo mismo enseñar contenidos de ciencias a estudiantes de Grado en EI que a estudiantes de secundaria, sencillamente porque son colectivos con distintos tipos de necesidades formativas (Cantó *et al*., 2016).

En este sentido, sería clave disponer de distintos referentes sobre los que articular un modelo formativo para cada una de las etapas del desarrollo profesional de los docentes, comenzando por la etapa de formación inicial que es la que nos ocupa. En esta línea, en los últimos años son cada vez más frecuentes los debates que inciden sobre cómo debería orientarse la formación inicial de docentes en EI para enseñar ciencias y, consecuentemente, a qué competencias profesionales se debería dar más importancia y qué aspectos metodológicos se deberían priorizar como "esenciales" en los estudios de Grado (Pro *et al*., 2023).

Tal y como sugieren Pro y Cantó (2020), dentro de la formación inicial es importante poner en práctica actividades con escolares de infantil, puesto que esto redunda de forma muy positiva en la mejora formativa de nuestros estudiantes, aunque esta práctica no sea siempre fácil de llevar a cabo en las asignaturas que quedan al margen de las prácticas escolares.

Por otra parte, las metodologías activas se han ido incorporando al sistema educativo con el paso de los años y cada vez son más relevantes pues con ellas se pretende el desarrollo de la autonomía del alumnado (del Castillo, 2018). Centrándonos en el principio pedagógico del juego, este debe ser considerado como la metodología principal en EI, debido a su carácter holístico contribuye al desarrollo integral del niño incidiendo en los ámbitos psicomotor, cognitivo, afectivo y social (Cantó y Pro, 2019).

Existen varios tipos de juegos pero aquí nos centramos en el juego motor. Baena y Ruiz (2016), indican que este constituye un elemento pedagógico de primer orden puesto que ayuda a desarrollar la creatividad, comprender los conceptos intrínsecos del lenguaje, desarrollar la personalidad, el carácter, las habilidades sociales, el dominio motor y las capacidades físicas, así como ofrecer diversidad de experiencias que facilitan la adaptación y la autonomía. Ruiz et al. (2004, como se citó en Ureña, 2010), establecen una serie de características que debe tener implícitas el juego motor durante la etapa de EI, estas son: proporcionar una serie de sensaciones y emociones personales que resulten beneficiosas (como actividad placentera); debe estar compuesto de un alto grado de motivación (como herramienta de crecimiento y desarrollo personal); nace de la realidad que rodea al niño tomando sus elementos y nunca se aleja de ella más que lo preciso para volver a ella de nuevo con el fin de recrearla y enriquecerla; es necesario para que el niño continúe con los aprendizajes acerca de su propia concepción de sí mismo como ser físico en un entorno concreto; es un comportamiento en sí mismo en el que el uso de objetivos y las acciones no tiene un objetivo obligatorio para el niño (aunque puede obligarse a cumplir unas normas); y es una forma concreta en la que los niños comienzan a comprender las reglas que prescriben las actividades y los procesos humanos.

A nivel estatal, el Real Decreto 95/2022 es el documento legislativo que establece la ordenación y las enseñanzas mínimas para la etapa de EI (BOE, 2022), en el mismo se pone un especial énfasis al desarrollo competencial que el alumnado infantil ha de ir asimilando de manera integral con el resto de los elementos curriculares. Así, las principales menciones directas sobre "prevención de accidentes" se detallan en el "Área 1. Crecimiento en Armonía", donde se relaciona directamente con tópicos sobre el cuerpo humano y el cuidado de la salud. Además, en las orientaciones metodológicas de esta área se explicita que la promoción de hábitos saludables debería desarrollarse a través de rutinas, en la jornada escolar, incorporando la prevención de riesgos para evitar accidentes, entre otras.

En consecuencia, este trabajo se orienta a responder la pregunta de investigación "*¿Cómo desarrollan los estudiantes de Grado en Educación Infantil una actividad formativa sobre prevención de riesgos en el hogar?"*, la cual dividimos en tres problemas principales (PP):

- PP1. ¿Cómo plantearían la actividad antes de recibir formación en DCE para EI?

- PP2. ¿Cómo ponen en práctica la actividad tras recibir formación en DCE para EI?
- PP3. ¿Cómo reflexionan tras la puesta en práctica de la actividad formativa?

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Los participantes de esta investigación fueron 46 estudiantes (44 mujeres y 2 hombres) que, en el curso 2022-2023, se encontraban cursando la asignatura "Enseñanza y aprendizaje de las ciencias de la naturaleza I", primera materia de DCE situada en el tercer curso del Grado en Educación Infantil de la Universidad de Murcia. Su edad media estaba comprendida entre los 20 y 21 años, solo un 22% procedía de un bachillerato científico y cerca de un 75% tenía una actitud positiva hacia las ciencias antes de iniciar la asignatura.

Nuestro estudio se sitúa, concretamente, en la segunda de las prácticas recogidas en la guía docente de la citada asignatura de DCE. En esta materia se abordaban los diferentes aspectos didácticos (currículo, dificultades de aprendizaje, selección de contenidos, secuencias de enseñanza, diseño de actividades y materiales de enseñanza, y evaluación), todos ellos vertebrados por el tópico científico de "el cuerpo humano y la salud". Sin embargo, la propuesta se concretó, de forma particular, centrando la parte de salud en la prevención de accidentes en el hogar y en los aspectos didácticos principales de justificación curricular, selección de contenidos/objetivos, y evaluación de la puesta en práctica.

Así, esta práctica contempló varias fases que cubrieron temporalmente casi toda la asignatura. Esta giraba en torno al diseño, puesta en práctica y evaluación de una actividad de aplicación basada en juego motor, para que un grupo de 22 escolares de EI (segundo curso de segundo ciclo) –que visitarían la Universidad- usara sus conocimientos para resolver distintas situaciones de accidentes domésticos (adaptación del protocolo "Proteger-Avisar-Socorrer [P.A.S.]" al hogar), que les plantearíamos en una jornada en un pabellón polideportivo. En Tabla 1 mostramos las tareas realizadas por el alumnado en formación inicial en cada fase.

Tabla 1. Fases del desarrollo de la segunda práctica de la asignatura

Fase	Duración	Tareas realizadas
1. Diseño y preparación	3 semanas	- Explicitación de ideas previas del alumnado en formación inicial en relación con el diseño de actividades. - Elaboración de las hojas de registro de evaluación. - Elaboración de materiales. - Formación y establecimiento de roles.
2. Puesta en práctica	1 hora	- Implementación en tres partes de la sesión P.A.S. (proteger, avisar y socorrer) y recogida de datos.
3. Evaluación	3 semanas y media	- Análisis de los datos recogidos en la fase anterior. - Elaboración del informe escrito.

El primer día de clase se recogieron las ideas previas de las estudiantes a través de un breve cuestionario de tres preguntas sobre metodologías en EI, diseño de actividades para EI y evaluación (relacionadas curricularmente con "situaciones peligrosas en la vida cotidiana y prevención de accidentes"). Para la puesta en práctica de la actividad formativa se planteó una estructura de sesión de juego motor similar a la de Cifo y Pro (2024), adaptada a las siguientes situaciones (ver Tabla 2) para que el alumnado infantil las realizase individualmente distribuidos en pequeños grupos (4/5 escolares), guiados por las estudiantes de Grado en EI.

Tabla 2. Descripción de las actividades y tareas realizadas en la sesión para trabajar el protocolo P.A.S.

Actividad	Descripción
P (proteger)	Contexto: *"Una persona ha tenido un accidente y se encuentra en el suelo de la cocina"* Problema: averiguar qué le ha pasado a la persona accidentada y cómo vamos a protegerla. Resumen: se pide, por turnos, que se asegure la zona del accidente (colocar conos), identificación de los 8 elementos distintos que hay en el "suelo de la cocina", identificación del tipo de lesión de la persona accidentada (golpe/herida) y el posible objeto causante del accidente. Duración: 20 min.
A (avisar)	Contexto: *"Hay que llamar a emergencias para que nos envíen una ambulancia"* Problema: cómo avisamos a los servicios de emergencia mediante llamada telefónica. Resumen: se pide identificación de los dígitos del número de teléfono de emergencias (112), recorrido del camino que incluya los dígitos que conforman dicho número y realización de la llamada en un móvil real. Duración: 15 min.
S (socorrer)	Contexto: *"Hay que atender a la persona accidentada hasta que llegue la ambulancia"* Problema: cómo socorremos a la persona accidentada mientras esperamos a la ambulancia. Resumen: se pide, por turnos, que se atienda a la persona accidentada a través de una consigna compuesta por el tipo de lesión (golpe o herida) y la localización de esta en una parte del cuerpo (frente, brazo, codo, dedos, espalda, pierna, rodilla o barbilla). Duración: 20 min.

Para recabar los datos de la sesión se utilizó un diario de campo donde se documentó todo el trabajo desarrollado por el alumnado en formación inicial.

Finalmente, se realizó un análisis documental de los informes de prácticas elaborados por las estudiantes que recogían los aspectos didácticos trabajados en la propuesta: justificación curricular, selección de objetivos y contenidos, evaluación y reflexión de la puesta en práctica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de resultados del PP1, a través del cuestionario, se comprobó que:

- En cuanto a la identificación de principios pedagógicos para trabajar las Ciencias en EI, no solían tener problemas en identificarlos porque se les mencionaban en otras asignaturas de la carrera, aunque se podría pensar que les costaría saber cómo llevarlos a la práctica de manera adecuada para enseñar ciencias en EI.
- Con relación al diseño de una actividad que cumpliera determinados requisitos, los estudiantes sabían normalmente plantear contextos de temática adecuada y justificar los contenidos trabajados cuando se les indicaba la temática (en este caso sobre prevención de accidentes en el hogar) antes de iniciar su formación en DCE para EI. Sin embargo, sí presentaban más dificultades en cuanto a aspectos metodológicos, adecuación a la edad del alumnado, utilización de conocimientos para el desarrollo competencial y, sobre todo, a la hora de plantear situaciones que supusieron un reto a resolver por parte del alumnado infantil.
- En lo que respecta a la evaluación de la actividad anterior, inicialmente no tenían nada clara la diferencia entre técnica e instrumento de evaluación, puesto que no eran capaces de identificarlos en uno u otro caso y, además, porque en ocasiones citaban instrumentos que no tenían asociado su correspondiente técnica de evaluación (no siempre hay que utilizar la observación directa como incidían la mayoría).

En resumen, los estudiantes comenzaban su primera asignatura de DCE en EI con carencias didácticas evidentes, sobre todo en lo referido a aspectos relacionados con el diseño y la evaluación de actividades, similar a lo expuesto por Aragón y Cruz (2016) y Pro *et al.* (2020).

Del análisis de resultados del PP2, a través del diario de campo, se dedujo que:

- Todos los estudiantes se esforzaron al máximo, motivados por la oportunidad de trabajar con escolares de EI, cumpliendo prácticamente todas las tareas que se le encomendaron en función del rol que desempeñaran.

- Todas las actividades se ajustaron al tiempo previsto y no hubo contratiempos reseñables.
- El trabajo desempeñado por los "maestros" y, especialmente, el de los "tutores" fue esencial para el correcto desarrollo de la propuesta. Siendo muy importante también que todo el grupo supiera, en todo momento, qué se debía hacer en los tres tipos de roles.
- Los estudiantes de Grado supieron hacer frente a las distracciones de los escolares (repitiendo las consignas) y les ayudaron dando refuerzo positivo en toda la sesión, generándoles una mayor confianza a la hora de actuar o responder.
- De forma casi anecdótica e inconsciente, solo unos pocos estudiantes cometieron algún error de acompañamiento, no dejando a algún escolar resolver alguna situación de manera totalmente autónoma.
- En algún caso, se aportaron sugerencias de mejora interesantes como la sustitución de la placa de hielo, en la última actividad, por otros objetos con una función más focalizada a la acción en la que se usaban (para curar hematomas).

En resumen, a la hora de trabajar con escolares de EI, la predisposición e implicación mostrada por los estudiantes de Grado fue máxima para cumplir con los objetivos previstos, hasta el punto de generar vínculos emocionales con los discentes.

Y del análisis de resultados del PP3, a través de la revisión de los informes, se obtuvo que:

- En general, varios estudiantes presentaban problemas para justificar adecuadamente la propuesta con el currículo en muchos de los elementos curriculares contemplados (objetivos de etapa, competencias clave, competencias específicas y criterios de evaluación). Es cierto que sabían justificar bien algunos pero obviaban demasiados.
- La adecuación con las competencias clave sigue suponiendo un reto para los estudiantes, ya que no parecía que supieran interpretarlas y mucho menos cómo se deberían trabajar.
- En cuanto a la justificación concreta de competencias específicas y criterios de evaluación, las dificultades fueron palpables debido a la incapacidad de algunos para comprender la relación existente entre sí de elementos curriculares que se han de trabajar de manera conjunta con el desarrollo de las competencias clave.
- A la hora de justificar los saberes básicos, los contenidos de la tercera área eran los que más solían olvidar, puesto que tendían a centrarse en los de las otras dos áreas.
- En lo que respecta a la selección de objetivos aprendizaje y contenidos de enseñanza, tuvieron menos problemas para justificar los primeros, probablemente ayudado porque disponían de las hojas de registro para recoger la información al alumnado infantil.
- Los estudiantes tenían más facilidad para concretar los sabes básicos de tipo procedimental (con mayor presencia) seguidos de los de tipo conceptual, siendo los actitudinales los que claramente más les costaba.
- A la hora de determinar la evaluación, entendían mejor la diferencia entre técnica e instrumento de evaluación y también supieron justificar mejor su uso. No obstante, pese a la mejora en la redacción de los indicadores de evaluación, presentaron varios problemas de coherencia con los objetos de enseñanza que ellos mismos planteaban.
- Cuando reflexionaban sobre la puesta en práctica de la propuesta, eran capaces de valorar, con una buena argumentación, el esfuerzo por llevar a cabo la metodología empleada, así como la idoneidad formativa tanto para escolares como para ellos mismos. También algunos fueron capaces incluso de aportar sugerencias de mejora.

En resumen, pese a la mejora evidente en la adquisición de determinadas competencias profesionales asociadas al desarrollo de algunos de sus conocimientos didácticos, todavía había estudiantes que acababan con lagunas en algunas de ellas, similar a lo expuesto por Aragón y Cruz (2016) y Pro *et al.* (2020), las cuales deberían ser atendidas posteriormente.

CONCLUSIONES

Como se ha expuesto anteriormente, se considera interesante intentar proporcionar a nuestros estudiantes de Grado en EI de situaciones de aprendizaje que representen problemas "reales" relacionados con la vida cotidiana de los escolares de EI, para que, de esta forma, sean capaces de transferir los contenidos aprendidos a las situaciones que se pueden dar en su día a día en un aula. Por este motivo, se considera que no solo se debería trabajar en el diseño y puesta en práctica de actividades, sino que los estudiantes también deberían abordar la elección de las temáticas de las propuestas didácticas, pero partiendo siempre de las necesidades, intereses y conocimientos previos que tengan los niños y niñas a los que deban dirigirse.

Siendo conscientes de algunas de las limitaciones de nuestra investigación, creemos que, en general, se han obtenido datos suficientemente interesantes que nos pueden ayudar a seguir reflexionando, con la intención de mejorar, en la medida de nuestras posibilidades, la situación actual de la formación inicial, en DCE, de los futuros maestros y maestras de EI.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto PID2022-142019OB-100, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aragón, L. y Cruz, I. M. (2016). ¿Cómo es el suelo de nuestro huerto? El Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia en Educación Ambiental desde el Grado de Maestro/a en Educación Infantil. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 30*, 171-188. https://doi.org/10.7203/DCES.30.6475

Baena, A. y Ruiz, P. (2016) El juego motor como actividad física organizada en la enseñanza y la recreación. *Revista digital de educación física, 38*, 73-86.

BOE (2022). Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. *BOE (Boletín Oficial del Estado), 28*, de 2 de febrero de 2022, 1-33.

Cantó, J., Pro, A. y Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias, 34*(3), 25-50. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870

Cantó, J. y Pro, C. (2019). La indagación como propuesta didáctica para trabajar las ciencias en Educación infantil. En J. Solbes, M. Jiménez y T. Pina (Eds.), *Propuestas de educación científica basadas en la indagación y modelización en contexto* (pp. 164-173). Tirant.

Cifo, M.I. y Pro, C. (2024). Juegos motores para trabajar la prevención de accidentes en Educación Infantil: aspectos a considerar en el diseño e intervención. *E-Motion. Revista de Educación, Motricidad e Investigación, 22*, 51-65. https://doi.org/10.33776/remo.vi22.8033

del Castillo, M. (2018). Origen y desarrollo de las metodologías activas dentro del sistema educativo español. *Revista de investigación e innovación en la clase de idiomas, 27*, 4-21.

Pro, C., Inglés, C. y Gómez, A. (2020). ¿Qué aprenden unos estudiantes en una experiencia formativa de Didáctica de las Ciencias Experimentales en el Grado de Educación Infantil? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 38*, 97-114. https://doi.org/10.7203/dces.38.16174

Pro, C., Robles, F. J. y Cantó, J. (2023). How do prospective teachers approach an interview to find out the ideas of children's learners? En M. Pedreira, J. Sabido-Codina, C. Quesada-Pallarès y L. Vázquez (Eds.), *Science since birth: Llibre d'actes del I Congrés Internacional de Ciencia a l'Educació Infantil* (pp. 30-32). Edicions FUB.

Pro, C. y Cantó, J. (2020). Relación teoría-práctica para la enseñanza de las ciencias en la formación inicial de maestros de Educación Infantil. En M. Mora (Ed.), 29 *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp.1411-1417). Universidad de Córdoba y ÁPICE.

Ureña, N. (2010). *Didáctica de la Educación Física en Educación Infantil*. Diego Marín.

Valoración de propuestas de física y de química por docentes de primer ciclo de Educación Infantil

Sandra P. Tierno, Cristina Sendra, Tatiana Pina y Anna R. Esteve

Grupo Didacies. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València, España

* Correspondencia: sandra.tierno@uv.es

RESUMEN: En este trabajo se presenta la valoración de 12 docentes en activo de primer ciclo de Educación Infantil de diferentes propuestas de física y química para alumnado de Educación Infantil que forman parte de un programa de formación continua de didáctica de las ciencias. Mediante un cuestionario de elaboración propia, se han recogido las opiniones del profesorado acerca de los materiales utilizados, la adecuación de las propuestas y la potencialidad de estas para la enseñanza de la ciencia a alumnado de 0 a 3 años. Los resultados muestran una valoración positiva, encontrando una preferencia por las propuestas realizadas con materiales didácticos habituales ante las implementadas con materiales cotidianos. También se observan diferencias en la percepción de las distintas propuestas. A pesar de tratarse de un estudio de caso, los resultados muestran que propuestas como las aquí presentadas pueden ser de utilidad para acercar la física y la química a las primeras edades de manera viable y accesible.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; formación continua del profesorado; propuestas didácticas; ciencia 0-3; física y química

ABSTRACT: This study presents the evaluation by 12 in-service early childhood education teachers of several physics and chemistry teaching proposals for early childhood education, which are part of a professional development programme in science education. Using a self-designed questionnaire, the teachers' opinions were gathered regarding the materials used, the appropriateness of the proposals, and their potential for teaching science to children aged 0 to 3 years. The results show a positive evaluation, with a preference for the proposals using conventional teaching materials over those implemented with everyday materials. Differences were observed in the perception of the different proposals. Although this is a case study, the results show that proposals such as those presented here can be useful for introducing physics and chemistry to young children in a feasible and accessible way.

KEYWORDS: Early childhood education; in-service teacher professional development teaching strategies; science for ages 0-3; physics and chemistry

INTRODUCCIÓN

Sabemos que los primeros años de vida son fundamentales en los procesos de aprendizaje y desarrollo de la infancia, por lo que es razonable que la didáctica de las ciencias aborde la alfabetización científica desde el nacimiento. A pesar de conocer los beneficios de enseñar ciencias en la primera infancia (Esach y Fried, 2005), la realidad es que las investigaciones de didáctica de las ciencias en Educación Infantil, especialmente en el primer ciclo, son escasas (Vázquez et al., 2023). No obstante, en los últimos años se han publicado diferentes propuestas dirigidas a este ciclo, como la situación de aprendizaje centrada en pañales de Cantó et al. (2023) o la secuencia didáctica basada en las abejas de Prieto y Torralba-Burrial (2021), por ejemplo.

El profesorado es el agente que vehicula la educación científica en estas edades tempranas. Sin embargo, el trabajo de Cantó y Serrano (2017) mostraba que docentes en activo referían dificultades a la hora de introducir la ciencia en sus clases debido, entre otras razones, a la falta de formación científica, tanto disciplinar como didáctica, y a la falta de recursos adecuados para hacer ciencia en Educación Infantil. Asimismo, la literatura también indica que las maestras suelen preferir abordar contenidos de biología en sus aulas de Educación Infantil (Cantó et al., 2016; Marcos-Merino y Calvino, 2024), por lo

que, en base a todo ello, elaboramos un programa de formación continua en didáctica de las ciencias, centrado en el aprendizaje y enseñanza de la física y la química para docentes de la etapa de Educación Infantil y del primer ciclo de Educación Primaria. Este programa, implementado en los últimos cursos en diferentes centros escolares de la provincia de Valencia, nos ha sugerido diferentes preguntas y reflexiones.

En concreto, en este trabajo, queremos centrarnos en responder a las preguntas siguientes: ¿Qué opinan las docentes de primer ciclo de Educación Infantil sobre las diferentes propuestas de física y química basadas en materiales habituales o cotidianos realizadas en el programa de formación? ¿Qué material consideran más apropiado para el alumnado de 0-3 años, según su experiencia? ¿Consideran que estas propuestas sirven para acercar las ciencias al alumnado del primer ciclo de Educación Infantil? ¿En qué grado? Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo analizar la valoración de las propuestas del programa formativo por las maestras y educadoras participantes.

METODOLOGÍA

Descripción de la muestra

La muestra la componen 12 docentes de primer ciclo de Educación Infantil (técnicas y maestras/os) de dos centros públicos de la provincia de Valencia. La técnica de muestreo ha sido no probabilística, por conveniencia.

Descripción de las propuestas utilizadas

A lo largo de dos sesiones de dos horas cada una, las cuatro autoras del trabajo implementaron 15 propuestas de física y de química con las personas participantes del estudio, dejando tiempo para la realización de las diferentes propuestas y la discusión posterior. La realización de las actividades planteadas se hizo siempre de forma grupal para fomentar el debate, y se intentó que hubiera al menos una investigadora acompañando a las personas participantes en las diferentes propuestas.

Las propuestas se agruparon en dos sesiones según el tipo de material utilizado: material didáctico habitual de las aulas de Educación Infantil (sesión 1), entendido como materiales específicamente diseñados con finalidad educativa, como bloques translúcidos, libros espejo o bloques sensoriales; o material de la vida cotidiana (sesión 2), es decir, objetos de uso cotidiano como imanes de nevera, pelotas o menaje de cocina. En la primera sesión se realizaron 7 propuestas y en la segunda 8 propuestas. Los detalles de las propuestas se recogen en la Tabla 1.

Recogida de información

Una vez realizadas las dos sesiones de propuestas, a las personas participantes se les administró un cuestionario de valoración individual, en papel, de elaboración propia, con tres preguntas de tipo Likert de cinco valores (1: muy poco apropiado – 5: muy apropiado) para que valoraran los siguientes aspectos de cada una de las quince propuestas:

a) ¿En qué grado (del 1 al 5) consideras que el material utilizado es apropiado para alumnado de 1-3?

b) ¿En qué grado (del 1 al 5) consideras que la propuesta planteada es apropiada para alumnado de 1-3?

c) ¿En qué grado (del 1 al 5) consideras que la propuesta planteada es apropiada para acercar las ciencias al alumnado de 1-3?

También se incluyeron las preguntas abiertas siguientes, para cada una de las sesiones: «Pensando en tu alumnado actual, si tuvieras que elegir una única propuesta de cada bloque, ¿cuál de estas propuestas elegirías para incluir algún aspecto de física y química? ¿Por qué?».

Una vez recogidos los datos, estos se analizaron con el programa SPSS, versión 29, y se calcularon medias, desviaciones estándar y medianas, así como se realizaron pruebas no paramétricas (Friedman y Wilcoxon) para la comparación de las diferentes propuestas. Además, las respuestas abiertas fueron

analizadas mediante análisis de contenido y se utilizaron para complementar e interpretar los resultados obtenidos en las preguntas cerradas anteriores (a, b y c).

Tabla 1. Descripción de las propuestas de física y de química implementadas

SESIÓN	PROPUESTA
Sesión 1: Materiales didácticos	P01: Utilización del retroproyector.
	P02: Realización de construcciones con bloques translúcidos.
	P03: Observación de y con diferentes bloques sensoriales.
	P04: Observación de y con semiesferas sensoriales.
	P05: Reflexiones de diferentes objetos con libros espejo para estudiar luz y óptica.
	P06. Realización de mezclas de colores con colorantes y agua.
	P07: Uso de imanes.
Sesión 2: Materiales cotidianos	P08: Estudio de movimiento de coches en rampas.
	P09: Comparación de pelotas de diferentes tipos.
	P10: Observación del fenómeno del sonido de un timbre en diferentes medios.
	P11: Actividades en el arenero del centro.
	P12: Magnetismo con imanes de cocina.
	P13: Realización de cambios físicos/químicos con elementos cotidianos.
	P14: Observación de los reflejos en elementos de cocina.
	P15: Realización de dibujos con agua en diferentes superficies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto al objetivo del trabajo, debemos decir que la valoración general es positiva en los tres aspectos analizados, puesto que las puntuaciones medias obtenidas se sitúan próximas a los valores superiores de la escala Likert utilizada (entre 4,3 y 4,6 sobre 5), tal y como muestran los estadísticos de la Tabla 2 para el material (pregunta a), la propuesta (pregunta b) y la visión científica de la propuesta (pregunta c). Para facilitar el seguimiento de los resultados y la discusión, en este apartado nos referiremos como "Material", "Propuestas" y "Ciencias" a las respuestas a las preguntas a, b y c, respectivamente.

En cuanto a la comparación de las valoraciones de las dos sesiones, considerando la puntuación total para cada sesión, sólo encontramos diferencias estadísticamente significativas (prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas) para los materiales de los diferentes bloques, encontrando que el profesorado participante prefiere los materiales didácticos (p-valor < 0,001). Los detalles de las valoraciones se pueden observar en las Figuras 1 y 2, donde se muestra la suma de las valoraciones para cada pregunta de cada propuesta de la sesión 1 y la sesión 2, respectivamente. Destacamos que una barra más alta significa una mayor valoración del ítem. El máximo de puntuación para cada ítem (pregunta y propuesta) es 60.

Tabla 2. Estadísticos para las valoraciones del material, de la propuesta y de la visión científica de la propuesta de cada sesión

	Sesión 1-material	Sesión 1-propuesta	Sesión 1-ciencias	Sesión 2-material	Sesión 2-propuesta	Sesión 2-ciencias
Media	4,4	4,5	4,6	4,4	4,4	4,3
Desv. estándar	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8
Mediana	4,4	4,5	4,8	4,8	4,7	4,6

Al analizar las diferentes propuestas por bloque, encontramos que, en la sesión 1, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las valoraciones de las distintas opciones. A pesar de ello, visualmente se observa cómo el material de la propuesta de retroproyector fue el que obtuvo menor puntuación. En la sesión 2, sí se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre las valoraciones de las propuestas, según la prueba de Friedman para muestras relacionadas.

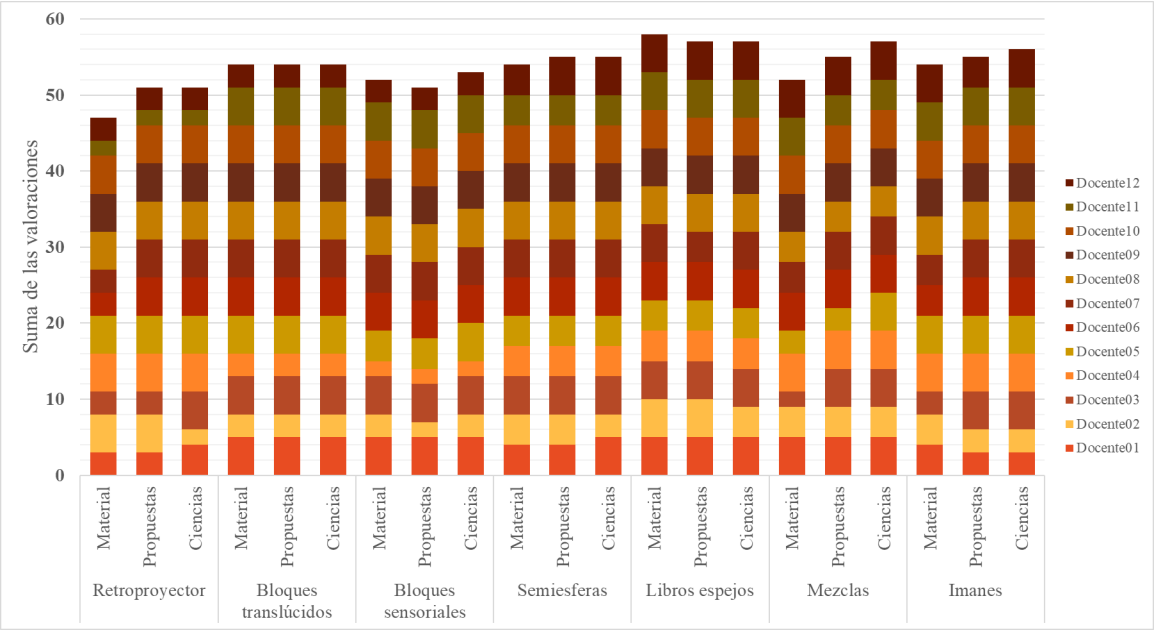


Figura 1. Suma de las valoraciones para cada pregunta y cada propuesta de la sesión 1 (materiales didácticos). Se ha denominado "Materiales", "Propuestas" y "Ciencias" a las preguntas a, b y c, respectivamente, para facilitar la interpretación de la gráfica.

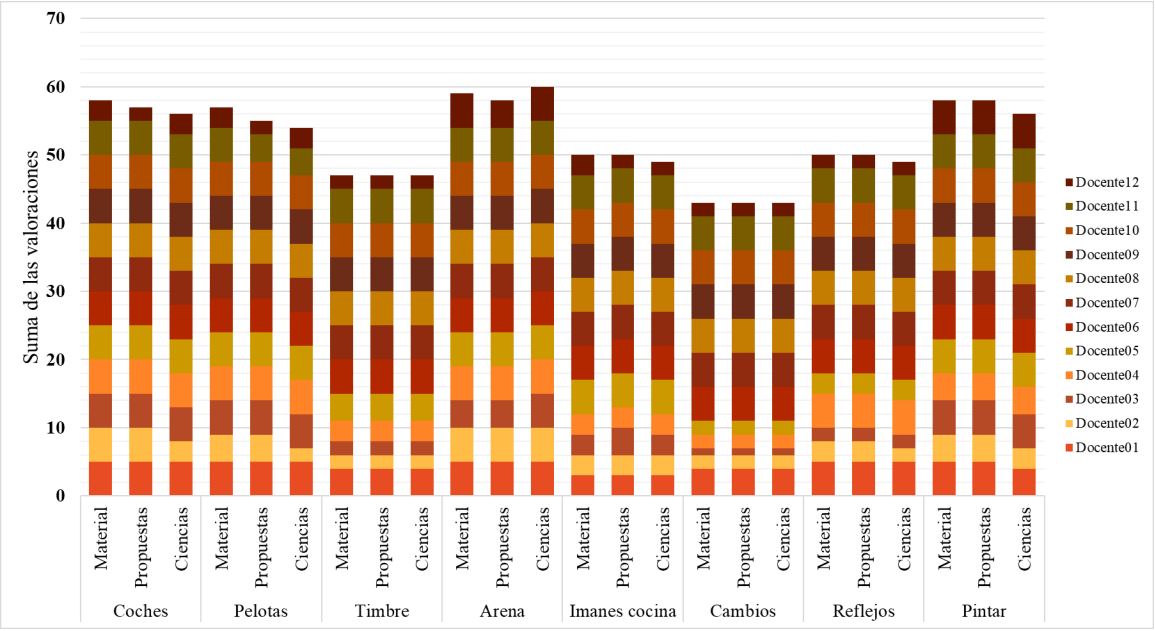


Figura 2. Suma de las valoraciones para cada pregunta y cada propuesta de la sesión 2 (materiales cotidianos). Se ha denominado "Materiales", "Propuestas" y "Ciencias" a las preguntas a, b y c, respectivamente, para facilitar la interpretación de la gráfica.

Por último, la propuesta con la menor puntuación de todas es la de cambios, tanto en la consideración del material como en la propuesta e incluso para el acercamiento de las ciencias a través de esta actividad. En cambio, la mejor valorada es la de la arena, en los tres aspectos analizados, aunque en la valoración general de la propuesta, también la opción de pintar con agua coincide en puntuación con la arena. Como vemos, las dos propuestas mejor valoradas en general son aquellas que incluyen materiales cotidianos (la arena y el agua), en consonancia con la literatura, en la que se encuentra que las investigaciones que se realizan en el primer ciclo suelen estar relacionadas con conceptos científicos en contextos cotidianos y familiares (Vázquez et al., 2023). Las razones aportadas por el profesorado para elegir la actividad de la arena como su preferida hacen referencia a la sensorialidad que puede ofrecer, a la versatilidad que proporciona para trabajar trasvases, encontrar objetos escondidos, construcciones o coordinación óculo-manual y a que es una actividad sencilla con conceptos sencillos.

CONCLUSIONES

La investigación de la didáctica de las ciencias experimentales en el primer ciclo de Educación Infantil es todavía reducida, pero trabajos como éste pueden contribuir a esta línea de trabajo. A pesar del carácter local de la muestra y del carácter exploratorio de la investigación, consideramos que este trabajo es relevante por estudiar la opinión de docentes del primer ciclo de Educación Infantil sobre propuestas de física y química, disciplinas en las que el profesorado suele sentirse menos cómodos, en comparación con otras, como la biología. Como se ha comentado, se realizan pocas investigaciones con alumnado de primer ciclo de Educación Infantil, pero tampoco es frecuente encontrar investigaciones con educadoras y técnicas de educación de primer ciclo, como se ha hecho aquí.

Entendemos que, si realmente queremos una relación horizontal entre el profesorado en activo y el personal investigador en didáctica de las ciencias, trabajos como éste pueden contribuir a mostrar la visión de las maestras y educadoras, al darles voz para valorar las propuestas diseñadas por las investigadoras, especialmente en una etapa poco investigada, como es el primer ciclo de Educación Infantil. Conocer su perspectiva es muy valioso y supone una transferencia de las investigaciones de didáctica en los dos sentidos: tanto desde la investigación-universidad hacia la escuela como, en este caso, desde la escuela a la universidad. Experiencias como ésta enriquecen, además, la formación inicial, puesto que las opiniones expresadas y los contextos reales compartidos acaban trasladándose a las aulas universitarias, a través de las investigadoras.

Por último, queremos destacar que en la muestra participante también había técnicos/as superiores de Educación Infantil. Consideramos que desde la didáctica de las ciencias debemos preocuparnos y ocuparnos también de conocer su visión de la ciencia y de cómo facilitan el acercamiento a la ciencia a su alumnado. Creemos que es necesario hacer una reflexión y análisis de la formación científica que reciben en su etapa de formación inicial, y diseñar e investigar diferentes propuestas de formación continua como ésta. De momento, a partir de los resultados de este trabajo, sabemos que actividades como las implementadas aquí son bien recibidas por las educadoras de primer ciclo, por lo que estos resultados pueden suponer un punto de partida para estas posibles propuestas de formación continua.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado dentro del proyecto de investigación “Formación permanente en ciencias experimentales y su didáctica para maestras de Educación Infantil y primer ciclo de Educación Primaria” (CIGE/2023/90) financiado por la Conselleria de Educación, Universidades y Empleo de la Generalitat Valenciana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cantó, J. C., de Pro, A. y Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las ciencias, 34*(3), 25-50. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870

Cantó, J., Marín, A., Ortiz, M. L. y Viana, J. (2023). Pañales científicos: una situación de aprendizaje contextualizada en el aula de 2 años para trabajar la ciencia. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, 45*, 17-34. https://doi.org/10.7203/DCES.45.27372

Cantó, J. y Serrano, N. (2017). ¿Cuáles son los principales problemas para hacer presentes las ciencias en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en ejercicio. *Enseñanza de las ciencias. Número Extraordinario*, 1995-2000.

Eshach, H. y Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of science education and technology*, *14*(3), 315-336. https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9

Marcos-Merino, J. M. y Calvino Pérez, E. (2024). Enseñanza de la ciencia en las aulas de Educación Infantil según los docentes en activo: implicaciones en la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias, 42*(3), 33-54. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6095

Prieto López, M. M. y Torralba-Burrial, A. (2021). Aprendiendo con las abejas en el primer ciclo de Educación Infantil. *Ápice. Revista de Educación Científica, 5*(2), 55-70. https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.8262

Vázquez, L., Marbà, A. y Pedreira, M. (2023). Desarrollo del pensamiento científico en la etapa 0-3 años: una revisión sistemática. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, *45,* 3-16. https://doi.org/10.7203/DCES.45.27384

Articular ciencia y literatura en Educación Infantil: qué revelan las elecciones de libros y propuestas de actividad de las futuras maestras

Neus Banqué-Martínez[1], Èlia Tena Gallego[1], Martina Fitipaldi[2], Neus Real Mercadal[2]

[1] Dept. de Didàctica de la Matemática i les Ciències Experimentals, UAB, España.

[2] Dept. de Didàctica de la Llengua i la Literatura, i de les Ciències Socials, UAB, España.

*Correspondencia: neus.banque@uab.cat

RESUMEN: Este estudio analiza cómo las futuras maestras identifican e integran el potencial didáctico de articular la literatura infantil y las ciencias experimentales en propuestas de aula en Educación Infantil. Se realiza un análisis descriptivo tanto de las selecciones de libros como de las actividades diseñadas por las futuras maestras, antes y después de una intervención formativa interdisciplinar en dos asignaturas del Grado en Educación Infantil. Los resultados muestran una evolución en la identificación de libros con mayor calidad y en el diseño de propuestas más próximas a modelos de ciencia escolar. No obstante, la presencia de prácticas científicas en las actividades diseñadas sigue siendo minoritaria. Estos hallazgos evidencian dificultades para superar enfoques fuertemente establecidos en Educación Infantil, así como el potencial de las experiencias formativas que permitan definir criterios con las estudiantes sobre la articulación disciplinar.

PALABRAS CLAVE: literatura infantil; ciencias experimentales; formación inicial profesorado; Educación infantil; prácticas científicas escolares.

ABSTRACT: This study analyses how early childhood pre-service teachers identify and integrate the potential of integrate children's literature and experimental science in classroom proposals for Early Childhood Education. A descriptive analysis is conducted of the book selections and activities they design before and after an interdisciplinary training intervention in two courses of the Early Childhood Education degree. The results show progress in identifying high-quality books and in designing proposals that are closer to models of school science. However, the presence of scientific practices in the designed activities remains limited. These findings highlight the challenges involved in overcoming strongly established approaches in Early Childhood Education, as well as the potential of training experiences to help define criteria with students regarding the disciplinary integration.

KEYWORDS: children's literature; experimental sciences; pre-service teacher education; early childhood education; school scientific practices.

INTRODUCCIÓN

La literatura infantil constituye un recurso ampliamente utilizado en las aulas de Educación Infantil (EI), tanto para acompañar el desarrollo literario (Grolig et al., 2020) como para favorecer la exploración de fenómenos naturales presentes en la vida cotidiana de los niños y las niñas (Mantzicopoulos y Patrick, 2011). En este sentido, los libros infantiles, como álbumes ilustrados, poemarios, relatos de tradición oral o libros de conocimientos proporcionan un contexto significativo idóneo (Sackes et al., 2009) para introducir ideas científicas, proponer actividades de observación, formular preguntas e hipótesis o extraer conclusiones a partir de pruebas (Hsiao y Shih, 2016).

Los libros infantiles de calidad integran estructuras explicativas ricas, favoreciendo la comprensión de ideas transversales de la ciencia y la construcción de explicaciones científicas incluso en contextos ficcionados. Asimismo, la estandarización y visualización del contenido científico que ofrecen estos libros facilita que en edades tempranas se acceda a ideas complejas de forma comprensible y atractiva (Roy et al., 2025).

Sin embargo, este potencial requiere que las maestras de EI estén familiarizadas con esta doble funcionalidad (Hsieh et al., 2023) y reconozcan qué libros son adecuados y de calidad para facilitar el trabajo científico en estas edades (Mantzicopoulos y Patrick, 2011). La selección de libros no es un acto neutro: refleja concepciones sobre la literatura infantil, sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias e incluso sobre la infancia. Tal como señalan Roy et al. (2025), la intencionalidad docente en contextos de alfabetización científica, especialmente cuando se articulan juego o literatura, continúa siendo un vacío importante de conocimiento. Aún son escasos los estudios que analizan cómo las futuras maestras eligen estos libros y qué tipo de actividades diseñan a partir de ellos. Sin embargo, autores como Rivera et al. (2023) apuntan que los criterios de selección de las maestras suelen centrarse en las propiedades físicas y visuales del libro infantil, las cualidades del texto, los temas e intereses del niño, la experiencia docente y la práctica en el aula. Esta realidad puede limitar su capacidad para identificar libros que no solo resulten atractivos desde una perspectiva temática o lingüística, sino que, en diálogo con la calidad literaria, también promuevan procesos científicos relevantes en esta etapa educativa.

En este contexto, la formación inicial resulta clave para saber articular de forma intencional ciencia y literatura en las aulas de EI. Es necesario ofrecer oportunidades para analizar críticamente libros infantiles, reconocer su potencial científico y diseñar propuestas que promuevan prácticas científicas relevantes. Tal como señalan Cantó et al. (2016), lo que enseñamos, y cómo lo hacemos, condiciona la mirada profesional de las futuras maestras; por ello, su formación inicial debería asegurar que desarrollen la capacidad de transformar la selección de libros y las actividades vinculadas a ellos en prácticas fundamentadas que integren de manera significativa y relevante la ciencia y la literatura en esta etapa educativa.

OBJETIVO GENERAL

Analizar cómo las futuras maestras de Educación Infantil integran la ciencia y la literatura en la selección de libros infantiles y en el diseño de actividades de extensión literaria, y valorar el potencial didáctico de estas decisiones.

- Objetivo Específico 1 (OE1). Identificar la concepción de ciencia que manifiestan las futuras maestras en la selección de libros infantiles y en las posibilidades de trabajo científico que atribuyen a estos materiales.
- Objetivo Específico 2 (OE2). Caracterizar el tipo de actividades de extensión literaria vinculadas a la ciencia que proponen las futuras maestras y valorar su potencial didáctico en la etapa de Educación Infantil.

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolla en el marco del proyecto de innovación docente *CLIP-GEI. Ciència i literatura a l'Educació Infantil: una proposta interdiciplinària al Grau d'Educació Infantil per al desenvolupament del Pensament Crític*, reconocido en la convocatoria de ayudas para proyectos de innovación docente 2025, de la Universitat Autònoma de Barcelona. Este proyecto tiene como objetivo analizar las potenciales conexiones que ofrecen los libros infantiles para abordar la didáctica de la literatura y la didáctica de las ciencias experimentales en la formación de maestras del Grado de Educación Infantil. En el marco de este proyecto, se seleccionaron dos asignaturas obligatorias de 3r curso del grado que se impartían simultáneamente durante el primer semestre del curso 2025-2026: Didáctica de la lengua y la literatura (9 créditos ECTS) y Didáctica del conocimiento del medio natural y social (5 créditos ECTS). En ambos casos, se trataba de la primera ocasión que el alumnado participaba en asignaturas de didáctica y que reflexionaba sobre el diseño, intervención y evaluación de propuestas para el aula de EI en ambos ámbitos de conocimiento. Un total de 129 alumnas participaron en el proyecto de innovación.

En este contexto, en una primera fase, se abordaron los marcos clave de enseñanza y aprendizaje (E/A) propios de la didáctica ciencias experimentales (p.ej., prácticas científicas, modelos de ciencia escolar) y de la didáctica de la literatura (p.ej., la mediación literaria). Posteriormente, se identificaron criterios de calidad, tanto disciplinares transdisciplinas, para la selección y el uso de libros infantiles (libros ilustrados, poesía, cuentos de tradición oral…) en el aula. A partir de dichos criterios, se seleccionaron obras de calidad para la E/A de ambas áreas en el aula.

Partiendo de estos criterios, ejemplos y reflexiones, tanto disciplinares como de conexión, se diseñó una propuesta formativa integrada, que se incorporó a las asignaturas mencionadas. En el marco de esta propuesta, se recogieron las ideas y actividades de las futuras maestras en tres momentos clave: al inicio del semestre, durante una actividad conjunta de codocencia y al final de la asignatura. Se obtuvieron datos de distinta naturaleza tanto por el tipo de agrupación (individual, en parejas) como por la tipología (p.ej., trabajos de aula en forma de test, trabajos finales, reflexiones orales, fotografías…) con el fin de garantizar la triangulación de los datos.

En esta comunicación nos centramos en el análisis de las ideas iniciales del Pretest (PRE) y finales del Postest (POST) de las alumnas participantes en el proyecto. Estas fueron recabadas de forma escrita e individual como parte de una de las actividades de las sesiones de clase (Jiménez-Liso et al., 2021). En estos casos, la recogida de datos PRE y POST consistió en la lectura en voz alta de un libro infantil de calidad didáctica y literaria (incluyendo tanto la parte oral como la muestra de ilustraciones): en el PRE *La Avellana* de Anne-Florence Lemasson, y en el POST *Banyeta* de Teresa Duran; y *El Prado* de Yukiko Kato. A partir de esta lectura, se pidió a las futuras maestras que reflexionaran en torno a tres cuestiones: (a) los libros de calidad literaria y científica que conocen; (b) los aspectos científicos clave de la obra leída; y (c) una propuesta de actividad para un aula de I5 (Infantil 5 años) que integre la lectura del libro. En total, se reunieron 68 registros correspondientes a los PRE y POST.

Para la definición de las categorías y el análisis de los datos, se adoptó el método de comparación constante (Miles, Huberman y Saldaña, 2014). Para ello se consideraron tanto categorías procedentes de la literatura en didáctica de las ciencias (p.ej., NRC, 2012) como categorías emergentes derivadas del propio análisis de los datos (p.ej. las propuestas explicativas, temáticas de ciencias).

Las categorías identificadas se organizaron en tres dimensiones directamente relacionadas con las preguntas de investigación: (1) tipología de libros; (2) concepciones de la idea de ciencia; y (3) características de las actividades. Estas dimensiones y sus correspondientes categorías se representan mediante la red sistémica que se muestra en la Figura 1. En dicha representación, el color verde señala las dimensiones que se esperaba que las futuras maestras incluyeran, especialmente en el POST (modelo de arribo).

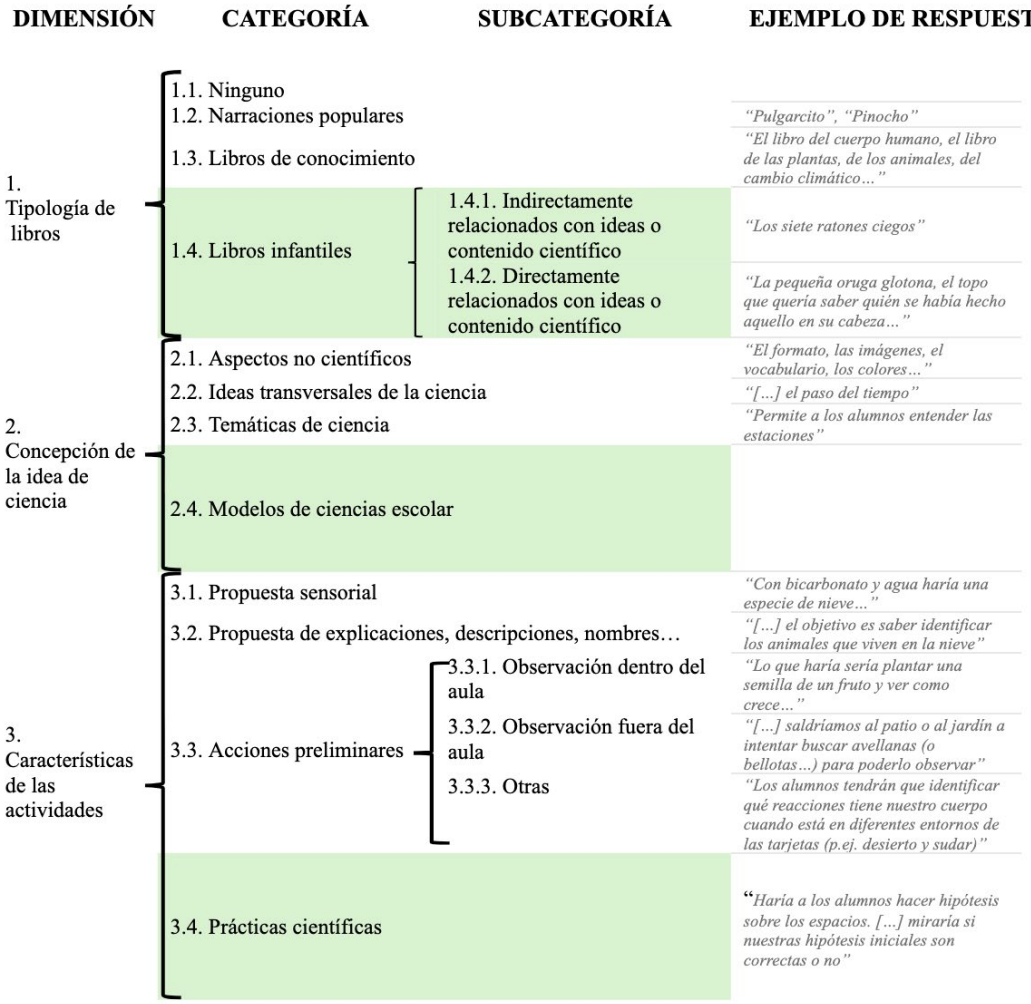


Figura 1. Red sistémica de las categorías de análisis

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con el OE1, orientado a identificar la concepción de ciencia que manifiestan las futuras maestras en la selección de libros infantiles y en las posibilidades de trabajo científico que les atribuyen, los resultados muestran una evolución clara tanto en el número como en el tipo de obras reconocidas. Al inicio del semestre (PRE), casi la mitad de las participantes (49%) indicaba no conocer ningún libro de calidad con potencial para integrar literatura y ciencias en el aula de EI, mientras que un 12% mencionaba narraciones populares (p. ej., Pulgarcito). En el POST, estos porcentajes se reducen notablemente (15% y 9%, respectivamente).

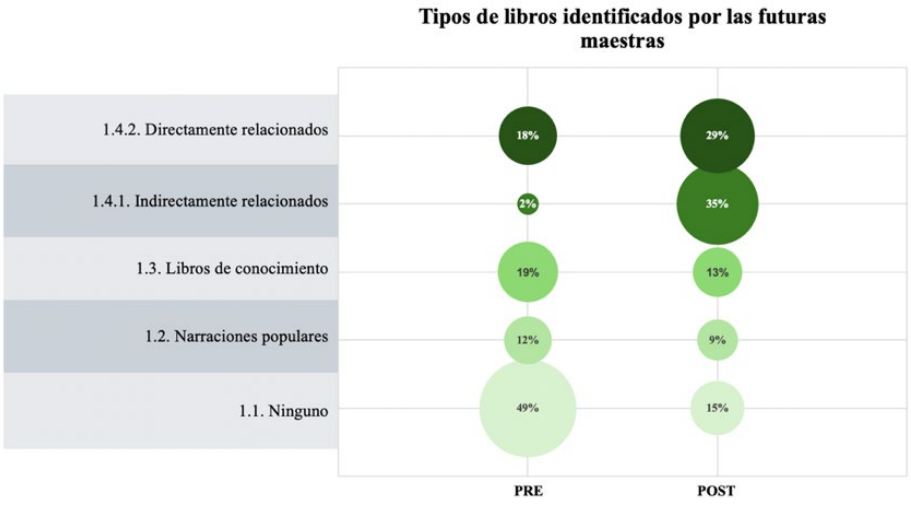


Figura 2. Resultados de los libros identificados por las futuras maestras.

Comunicaciones Estándar
Enseñar ciencia en Educación Infantil: concepciones, recursos y prácticas en la formación inicial

Asimismo, en el POST predominan los libros directamente (29%) o indirectamente (35%) vinculados con la ciencia y con potencial didáctico (Figura 2). Los libros de conocimiento (p. ej., *Frutas y hortalizas de temporada*) están presentes en ambos momentos, aunque con una ligera disminución (19% en el PRE frente a 13% en el POST).

En cuanto a la idea de ciencia que las futuras maestras identifican que se puede trabajar a partir de una obra concreta (p. ej., *La avellana*, en el PRE), se observa una tendencia similar en ambos momentos: predominan las temáticas transversales (54% en el PRE y 55% en el POST) y, en menor medida, las temáticas científicas (41% en el PRE y 27% en el POST). No obstante, en el POST se identifica una incipiente incorporación de modelos de ciencia escolar (15%), especialmente entre aquellas participantes que inicialmente se centraban en contenidos temáticos. Pese a esta evolución, los resultados evidencian que la integración de dichos modelos sigue siendo un reto sobre qué aprender en EI, lo que influye directamente en el tipo de actividades que proyectan para el aula. Este hecho repercute también en cómo se imaginan las actividades, tal como se discute a continuación.

En relación con el OE2, centrado en caracterizar las actividades propuestas y valorar su potencial didáctico, se observa asimismo una evolución entre el PRE y el POST. En el PRE predominan las propuestas sensoriales (21%), las actividades de explicación o descripción (17%) y las observaciones en el aula (33%). En cambio, en el POST emergen con mayor frecuencia elementos vinculados a prácticas científicas (11%) y acciones de carácter investigativo (26%) (Figura 3).

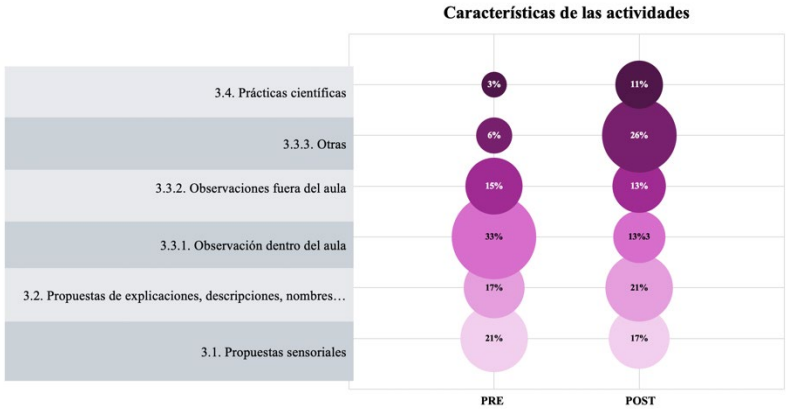


Figura 3. Resultados de las características de las actividades planteadas por las futuras maestras.

Estos resultados evidencian un cambio en la concepción sobre la actividad científica escolar. Mientras que en el PRE las propuestas se orientan principalmente al "cacharreo" o a la manipulación libre (p. ej., "pondría el material para que los alumnos pudieran interactuar con los elementos que salen en la historia" PRE_G62_3.1), en el POST aparecen referencias a procesos como la formulación de hipótesis o predicciones (p. ej., "plantarán en grupo una semilla, concretarán qué creen que pasará (dibujar), registrarán los cambios para discutirlos y elaborar explicaciones conjuntas (...)" PRE_G61_3.4). A pesar de esta evolución, la integración de prácticas científicas escolares sigue siendo limitada y la mayoría de las propuestas continúan priorizando actividades de carácter sensorial, lo que apunta a la necesidad de reforzar este aspecto en la formación inicial.

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian una evolución en la manera en que las futuras maestras identifican el potencial de articular la literatura y las ciencias experimentales en EI. Se confirma la dificultad de superar concepciones arraigadas en esta etapa e integrar marcos más próximos a la actividad científica escolar (Rivera et al., 2023; Roy et al., 2025). No obstante, también se observa que, cuando se generan oportunidades formativas específicas, las futuras docentes amplían sus criterios y comienzan a incorporar

nuevas maneras de pensar y hacer la ciencia en EI (Hsieh et al., 2023). Asimismo, la investigación pone de manifiesto que la presencia de prácticas científicas escolares en las actividades diseñadas sigue siendo limitada. Aunque aparecen indicios de prácticas preliminares, muchas propuestas continúan ancladas en enfoques centrados en la sensorialidad, tanto dentro como fuera del aula.

En este sentido, resulta necesario seguir avanzando en propuestas interdisciplinares en la formación inicial, con el fin de favorecer un cambio en la mirada profesional de las futuras maestras de EI (Cantó et al., 2016) y promover una integración más sólida y fundamentada entre literatura infantil y ciencias experimentales en esta etapa educativa.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto PID2022-138166NB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España), con el apoyo del grupo de investigación SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya), y el reconocimiento en la convocatoria de ayudas para proyectos de innovación docente 2025, de la Universitat Autònoma de Barcelona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cantó Doménech, J., de Pro Bueno, A. & Solbes, J., (2016) ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. Enseñanza de las Ciencias, 34.3, pp. 25-50

Grolig, L., Cohrdes, C., Tiffin-Richards, S. P. & Schroeder, S. (2020). Narrative dialogic reading with wordless picture books: A cluster-randomized intervention study. J. Early Child. Res. Q., 51, 191–203. https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2019.11.002

Hsiao, C. Y. & Shih, P. Y. (2016). Exploring the effectiveness of picture books for teaching young children the concepts of environmental protection. International Research in Geographical and Environmental Education, 25(1), 36–49. https://doi.org/10.1080/10382046.2015.1106203

Hsieh, F. P., Chen, Y. A., Wu, H. J. & Tsai, C. Y. (2023). Promoting first graders' scientific thinking through picture books with the 5E model. The Journal of Educational Research, 116(3), 147–158. https://doi.org/10.1080/00220671.2023.2219635

Mantzicopoulos, P. & Patrick, H. (2011). Reading Picture Books and Learning Science: Engaging Young Children With Informational Text. Theor. Pract., 50(4), 269–276. https://doi.org/10.1080/00405841.2011.607372

NRC (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (Committee). The National Academies Press.

Rivera Jurado, P., Bericua Gordillo, A. & Sánchez Rodríguez, S. (2023). Cómo seleccionar obras para primeros lectores (0-3) desde la visión de maestras mediadoras. AILIJ. Anuario de Investigación en Literatura Infantil y Juvenil, (21), 115-127. https://doi.org/10.35869/ailij.v0i21.4675

Roy, G., Sikder, S. & Letts, W. (2025). Understanding the Process of Scientific Literacy Development among Children in the Early Years Through Play and Intentionality. *Res. Sci. Ed.* https://doi.org/10.1007/s11165-025-10291-9

Sackes, M., Trundle, K. C. & Flevares, L. M. (2009). Using children's literature to teach standard-based science concepts in early years. Early Childhood Education Journal, 36(5), 415–422. https://doi.org/10.1007/s10643-009-0304-

El dibujo animado *El mundo de Luna* en la formación inicial del profesorado de Educación Infantil: análisis de una propuesta sobre la actividad científica escolar

Mónica Gallon da Silva[1], Carlos Agudelo Carvajal[1], Àngela Garcia-Lladó[1] y Carolina Pipitone Vela[1]

[1]Departament d'Educació Lingüística, Científica i Matemàtica, Universitat de Barcelona, España

* Correspondencia: monica.dasilva@ub.edu

RESUMEN: Este estudio tiene como objetivo analizar las interpretaciones que una actividad basada en el uso del dibujo animado "El mundo de Luna" suscita sobre la actividad científica escolar en la formación inicial del profesorado de Educación Infantil, así como sus potencialidades y límites desde la Didáctica de las Ciencias. La investigación se desarrolló con un grupo de 28 alumnas mediante un enfoque cualitativo de carácter exploratorio, a partir del análisis de producciones individuales y colectivas. Los resultados muestran que las estudiantes identifican elementos clave de la actividad científica escolar, especialmente la formulación de preguntas, la experimentación y su relación con la vida cotidiana lo que apunta a una aproximación inicial a la ciencia como proceso de indagación. No obstante, esta comprensión se sitúa principalmente en el reconocimiento de una secuencia estructurada, con dificultades para interpretar la actividad científica como una práctica de construcción de explicaciones. En este sentido, el estudio pone de manifiesto que el uso de "El mundo de Luna" funciona como un recurso que facilita la identificación de la actividad científica escolar, pero que no garantiza su comprensión como práctica investigativa. Estos resultados subrayan la necesidad de diseñar propuestas formativas que impliquen al alumnado en la formulación de preguntas, la toma de decisiones y la construcción de explicaciones, reduciendo la distancia entre reconocer la actividad científica y participar en ella.

PALABRAS CLAVE: Formación del profesorado; Educación Infantil; enseñanza de las ciencias; actividad científica escolar; recursos audiovisuales

ABSTRACT: This study aims to analyze the interpretations that an activity based on the animated series "Earth to Luna!" elicits regarding school scientific activity in the initial training of Early Childhood Education teachers, as well as its potentialities and limitations from a Science Education perspective. The study was conducted with a group of 28 students using a qualitative exploratory approach, based on the analysis of individual and collective written productions. The results show that students identify key elements of school scientific activity, particularly the formulation of questions, experimentation, and their connection to everyday life, which points to an initial approximation to science as a process of inquiry. However, this understanding is mainly situated at the level of recognizing a structured sequence, with difficulties in interpreting scientific activity as a practice of constructing explanations. In this sense, the study reveals that the use of "Earth to Luna!" functions as a resource that facilitates the identification of school scientific activity, but does not guarantee its understanding as an investigative practice. These findings highlight the need to design educational proposals that engage students in formulating questions, making decisions, and constructing explanations, reducing the gap between recognizing scientific activity and participating in it.

KEYWORDS: teacher education; early childhood education; science education; school scientific activity; audiovisual resources

INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Diversas investigaciones han constatado la importancia de las emociones hacia la ciencia en la formación inicial del profesorado (Bravo-Lucas et al., 2022; Mellado et al., 2014; Romero et al., 2024). Estas percepciones, frecuentemente asociadas a experiencias escolares centradas en la memorización y la transmisión de contenidos, contribuyen a construir una imagen de la ciencia como un conocimiento cerrado y alejado de la vida cotidiana. Este contexto justifica la necesidad de generar propuestas formativas que favorezcan una relación más significativa con la ciencia en la formación inicial docente.

En este contexto, la formación inicial debe ofrecer experiencias que permitan reconstruir dicha relación, también desde una dimensión afectiva. La forma en que las futuras maestras y los futuros maestros se aproximan a la ciencia influirá en cómo la presentarán posteriormente, por lo que promover la curiosidad, la formulación de preguntas y la comprensión de fenómenos resulta clave en las primeras etapas educativas (Bravo Lucas, et al., 2024).

Desde la didáctica de las ciencias, esto implica entender la ciencia escolar como una actividad orientada a construir explicaciones para interpretar e intervenir el mundo. Izquierdo (2007) la sitúa en la articulación entre pensar, hacer y comunicar, mientras que Martí (2006) destaca la evolución de las ideas del alumnado mediante la interacción con la realidad y la evidencia. Así, aprender ciencias no consiste en reproducir conocimientos, sino en participar en procesos de construcción y revisión de explicaciones en interacción social y en relación con la realidad.

En este marco, los recursos audiovisuales pueden facilitar una aproximación accesible a la actividad científica escolar. La serie "El mundo de Luna" ("Earth to Luna!" en inglés, y el título original "O Show da Luna!" en portugués), un dibujo animado brasileño creado por Célia Catunda y Kiko Mistrorigo y dirigido a la infancia de 3 a 6 años, se propone promover el pensamiento científico desde edades tempranas, mostrando la curiosidad como punto de partida para comprender el mundo de manera lúdica y significativa. La serie presenta la vida cotidiana de una niña curiosa, Luna, quien, junto a su hermano Júpiter y su hurón Claudio, se embarca en pequeñas investigaciones para responder a preguntas sobre los fenómenos que les rodean. En el contexto brasileño, ha sido utilizada como recurso educativo para introducir contenidos científicos y fomentar el pensamiento investigador en la infancia (Silva, 2025).

De acuerdo con Santana et al. (2021), cada episodio (con cerca de 12 minutos) se organiza en una estructura que articula diferentes momentos: una apertura musical y la presentación del episodio, seguidas de un prólogo en el que los personajes se encuentran en una situación cotidiana que da lugar a una duda; a partir de ella, formulan hipótesis y activan una investigación iniciada por una canción ("Eu quero saber!"). Posteriormente, surge la idea de un experimento, que en ocasiones se complementa con la consulta de diversas fuentes de información (personas, libros u otros recursos), seguido de la realización del experimento y su prolongación en un escenario imaginario, donde la imaginación cumple un papel central en la comprensión del fenómeno. Este proceso culmina con un clip musical explicativo y un cierre también musical que comunica los resultados obtenidos. Esta estructura permite visibilizar una forma de presentar la actividad científica basada en la curiosidad, la indagación, la experimentación y la construcción de explicaciones en un lenguaje accesible para la infancia.

Desde esta perspectiva, interesa analizar qué comprensiones sobre la actividad científica escolar favorece en la formación inicial docente y cómo es interpretado por el alumnado. En este sentido, el recurso no solo se plantea como una herramienta para aproximar la ciencia de manera lúdica y generar emociones positivas hacia su aprendizaje, en línea con su potencial en la Educación Infantil, sino también como un objeto de análisis en la formación de futuros maestros y maestras. Desde esta perspectiva, se busca que el alumnado no solo comprenda la actividad científica representada, sino que también sea capaz de problematizar la imagen de ciencia que se construye y reconocer el recurso como una posible herramienta para su futura práctica profesional en el aula. De este modo, se articula una doble dimensión: por un lado, el potencial del dibujo animado en el aprendizaje infantil y, por otro, su valor en la formación docente como recurso para pensar, analizar y diseñar propuestas de enseñanza de las ciencias en Educación Infantil.

El objetivo del estudio es analizar cómo una actividad basada en el uso de "El mundo de Luna" configura

comprensiones sobre la actividad científica escolar en la formación inicial de maestras y maestros de Educación Infantil, e identificar sus potencialidades y límites desde la didáctica de las ciencias.

METODOLOGÍA

La actividad fue implementada en una asignatura optativa de 6 créditos, en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, del Grado de Maestro/a en Educación Infantil de una universidad española, durante el primer semestre del curso académico 2025-2026. El grupo estaba compuesto por 28 alumnas.

El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo de carácter exploratorio, orientado a analizar cómo las futuras docentes identifican e interpretan los elementos de la actividad científica escolar a partir de un recurso audiovisual, en coherencia con los planteamientos teóricos descritos en la literatura.

La propuesta se desarrolló en la tercera semana de clase y se estructuró en dos fases. En la primera fase, las alumnas, de manera individual, debían visualizar un episodio completo de libre elección del programa "El mundo de Luna", disponible en su canal oficial en YouTube. A continuación, debían identificar y registrar: la pregunta investigable planteada por los personajes al inicio del episodio; las ideas iniciales y las hipótesis formuladas; las acciones de investigación y/o experimentación desarrolladas; el proceso de descubrimiento y la explicación construida a partir de la experiencia, así como posibles cambios en las ideas iniciales. Asimismo, debían señalar los conceptos científicos implicados en el episodio analizado. Esta fase dio lugar a la producción de 28 informes individuales.

En la segunda fase, desarrollada en la sesión siguiente, las alumnas se organizaron en grupos de cinco integrantes para compartir los episodios seleccionados y los análisis realizados. La actividad, titulada "¿Qué han descubierto sobre cómo Luna aprende ciencias?", consistió en discutir la información recogida previamente e identificar elementos comunes y divergentes entre los distintos episodios. A partir de esta puesta en común, los grupos elaboraron conclusiones sobre los procesos de aprendizaje científico representados en el programa y su posible relación con situaciones de la vida real.

Finalmente, se realizó una puesta en común en gran grupo, en la que las alumnas compartieron sus reflexiones y análisis sobre los episodios, con especial atención a aquellos aspectos que se aproximan a la actividad científica escolar y a su posible aplicación en la Educación Infantil.

El corpus de análisis estuvo constituido por los informes individuales elaborados en la primera fase, así como por las producciones grupales generadas en la segunda. El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un proceso de análisis temático de carácter inductivo, a partir de la identificación recurrente de patrones en las producciones del alumnado. En una primera etapa, se examinó en qué medida las alumnas lograban identificar los elementos de la actividad científica presentes en el episodio. En una segunda etapa, se analizaron las producciones con el objetivo de identificar puntos de convergencia y divergencia, así como las comprensiones construidas sobre la actividad científica desarrollada por los personajes y su posible relación con la vida real. Para este artículo se optó por dar mayor relevancia a las producciones colectivas, con el fin de evidenciar los puntos de convergencia y las conclusiones grupales.

Se garantizó el anonimato de las participantes y el uso de los datos exclusivamente con fines de investigación y mejora de la práctica docente. Asimismo, se recogió una valoración final de la actividad mediante un breve formulario abierto. Dado el carácter limitado de las respuestas obtenidas, este material se utiliza únicamente como información complementaria y no forma parte central del análisis.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de las producciones colectivas, se identifican una serie de elementos comunes en la forma en que las alumnas interpretan la actividad científica escolar representada en los episodios de "El mundo de Luna". Estas convergencias se fundamentan tanto en los aspectos explicitados por las propias alumnas como en la lectura analítica de sus producciones. La Tabla 1 sintetiza las principales tendencias identificadas.

Tabla 1. Convergencias en la interpretación de la actividad científica escolar en las producciones del alumnado a partir de "El mundo de Luna"

CATEGORÍA	CONVERGENCIAS OBSERVADAS
Pregunta inicial	La actividad se inicia a partir de una pregunta vinculada a situaciones cotidianas.
Secuencia de la actividad	Se identifica una secuencia que incluye pregunta, hipótesis, experimentación u observación y explicación.
Relación con experiencias previas	Las hipótesis se vinculan a experiencias o conocimientos previos.
Experimentación y observación	La acción aparece como forma de comprobar ideas.
Uso de la imaginación	La imaginación se interpreta como apoyo para comprender fenómenos no observables directamente.
Conceptos científicos	Se identifican contenidos científicos vinculados a fenómenos naturales.
Vida cotidiana	Los fenómenos se vinculan con experiencias próximas al entorno infantil.

Además de estas convergencias, las producciones del alumnado permiten identificar algunas tendencias relevantes que se vinculan con las características del propio "El mundo de Luna". Tal como señalan estudios previos, la serie se organiza en torno a una lógica de investigación basada en la curiosidad, la formulación de preguntas, la experimentación y la construcción de explicaciones (Silva, 2025; Santana et al., 2021). En coherencia con ello, las alumnas tienden a reconocer esta organización en los episodios, lo que sugiere que el recurso facilita la identificación de la estructura de la actividad científica escolar, aunque no necesariamente su comprensión como práctica investigativa. Asimismo, la centralidad de la experiencia y de la acción en sus producciones puede interpretarse en relación con la narrativa del programa, lo que apunta a que el recurso orienta la comprensión de la ciencia hacia el hacer y la exploración, aunque mediada por situaciones ya construidas.

Junto a estas convergencias, también se observan diferencias en la forma en que las alumnas interpretan la actividad científica escolar. En algunos casos, la estructura del proceso aparece formulada de manera más general, como cuando se señala que "la curiosidad es el motor principal" y que, a partir de una pregunta, "observa, experimenta y busca una explicación basada en la evidencia" (Informe 1), lo que refleja una apropiación más estructurada del proceso. En otros, la descripción se mantiene más ligada a situaciones concretas, reconstruyendo los pasos seguidos por los personajes en cada episodio (Informe 2), lo que sugiere una aproximación más descriptiva al recurso.

Del mismo modo, se identifican variaciones en el uso del lenguaje, que oscilan entre formulaciones más próximas al discurso científico, con referencias a conceptos como "evaporación", "fermentación" o "rotación" (Informe 1), y otras de carácter más cotidiano, en línea con el lenguaje del propio programa (Informe 3). Estas diferencias reflejan distintos niveles de apropiación de la actividad científica escolar, situándose entre una aproximación más cercana al discurso disciplinar y otra más vinculada a la experiencia cotidiana. También el papel de la imaginación se interpreta de manera diversa: en algunos casos aparece integrada en el proceso de comprensión, mientras que en otros se vincula más a la representación de la situación. Asimismo, la relación con la vida cotidiana se presenta con distinto grado de explicitación, aunque constituye un rasgo característico del propio diseño del dibujo animado. Estas diferencias permiten visibilizar distintos modos de aproximación a la actividad científica escolar, lo que resulta relevante para comprender cómo este tipo de propuestas puede dar lugar tanto a interpretaciones más estructuradas como a lecturas más descriptivas.

Desde una perspectiva crítica, los resultados sugieren que la propuesta, tal como está diseñada, favorece principalmente una aproximación descriptiva a la actividad científica escolar, centrada en el reconocimiento de sus elementos, más que en la participación en procesos de construcción de explicaciones. Esta cuestión resulta relevante si se considera que, desde la Didáctica de las Ciencias, el aprendizaje implica la evolución de las ideas del alumnado a partir del diálogo entre lo que ya

sabe y las nuevas experiencias (Martí, 2006). En este sentido, se observa el riesgo de que la actividad sea interpretada como una secuencia a reconocer, siguiendo la estructura recurrente de los episodios, más que como un proceso abierto de construcción de explicaciones, lo que entra en tensión con la concepción de la actividad científica escolar como una práctica orientada a dar sentido a los fenómenos (Izquierdo, 2007).

Por otra parte, el uso del recurso audiovisual se centra principalmente en su análisis, sin explorar plenamente su potencial como generador de nuevas situaciones de aprendizaje. En coherencia con ello, se hace necesario avanzar hacia propuestas que otorguen mayor protagonismo al alumnado en la formulación de preguntas, la contrastación de ideas y la construcción de explicaciones, lo que implica la necesidad de diseñar propuestas que no solo permitan reconocer la actividad científica escolar, sino participar en ella como práctica de construcción de conocimiento.

CONCLUSIONES

El análisis realizado indica que el recurso audiovisual facilita la aproximación de la actividad científica al contexto de la Educación Infantil. En este sentido, la propuesta no solo permite trabajar y analizar elementos de la actividad científica escolar, sino también abrir la reflexión sobre su posible transferencia a la práctica docente.

Asimismo, la actividad propuesta es útil para aproximar al alumnado a la actividad científica escolar, aunque de forma parcial y mediada por el propio diseño de la propuesta. En este sentido, el análisis de las producciones muestra que las alumnas tienden a identificar algunos elementos clave, como la formulación de preguntas, la experimentación, la construcción de explicaciones y la relación con situaciones de la vida cotidiana, lo que apunta a una interpretación inicial de la ciencia como proceso de indagación, aunque no necesariamente como una metodología investigativa articulada y orientada a comprender los fenómenos del entorno.

En los registros disponibles sobre la valoración de la actividad, se identifican indicios de interés, motivación y curiosidad hacia la propuesta, tal como expresa una de las alumnas: “Personalment, vaig iniciar la tasca sense gaire motivació, però en observar les possibilitats d’aplicació en l’aula d’infantil, vaig interessar-me més”. No obstante, este aspecto debe interpretarse con cautela, dado el carácter limitado de las respuestas recogidas, lo que impide extraer conclusiones consistentes sobre la dimensión afectiva.

Este estudio aporta evidencias sobre cómo un recurso audiovisual estructurado en torno a una lógica de indagación puede facilitar la identificación de elementos de la actividad científica escolar en la formación inicial del profesorado, aunque también muestra sus limitaciones para promover una comprensión más profunda de dicha actividad como práctica. Asimismo, ofrece una aproximación metodológica basada en el análisis de producciones escritas individuales y colectivas del alumnado como vía para acceder a las interpretaciones construidas en contextos de formación inicial.

Los resultados ponen de relieve que el uso de recursos como “El mundo de Luna” constituye una vía pertinente tanto para aproximar al alumnado a la actividad científica escolar como para favorecer su análisis en el contexto de la formación inicial del profesorado. La propuesta permite no solo identificar elementos como la pregunta, la experimentación o la construcción de explicaciones, sino también abrir un espacio de reflexión sobre cómo estos se configuran en prácticas de enseñanza dirigidas a la Educación Infantil. Asimismo, el uso del dibujo animado funciona como un recurso mediador que puede contribuir a generar interés y emociones positivas hacia la ciencia, tanto en las futuras maestras como en su proyección hacia el trabajo con la infancia.

En esta línea, el análisis desarrollado sugiere la importancia de avanzar hacia propuestas que, además de favorecer la identificación de la actividad científica, impliquen al alumnado en su reconstrucción y en el diseño de situaciones de enseñanza propias. Desde esta perspectiva, el trabajo aporta una primera aproximación al uso de este recurso en la formación docente en el contexto español, abriendo nuevas líneas de investigación orientadas a explorar otras formas de integración del dibujo animado en la enseñanza de las ciencias en la formación inicial del profesorado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo-Lucas, E., Mero, M. B., del Barco, M. A. H., & Jiménez, V. M. (2022). Las emociones en ciencias en la formación inicial del profesorado de infantil y primaria. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado. Continuación De La Antigua Revista De Escuelas Normales*, *97*(36.1). https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92426

Bravo-Lucas, E., Brígido-Mero, M., Hernández del Barco, M., & Mellado-Jiménez, V. (2024). La investigación sobre las emociones en la didáctica de las ciencias experimentales: Momentos clave de consolidación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 21*(3). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3301

Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias: Una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias, 25*(1), 5–14.

Martí, J. (2006). Les idees científiques dels infants i l'ensenyament de les ciències a l'escola primària. *Reflexions Educatives*, 19–26.

Mellado Jiménez, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., et al. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 32*(3), 11–36. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478

Santana, B. R., Silva, W. R., & Freitas, M. O. (2021). O Show da Luna como gênero mediador de educação científica. *Ciência & Educação, 27*, e21003. https://doi.org/10.1590/1516-731320210003

Silva, S. O. (2025). O potencial educacional de O Show da Luna: Promovendo a educação científica na educação infantil. *Revista Transmutare, 10*, e19891, 1–13.

Romero, Y., Adúriz-Bravo, A., Tuay, R., & Pérez, M. (2024). Las emociones en ciencias en la formación inicial del profesorado de infantil y primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 97*(36.1). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3301

¿Qué conocimientos y hábitos de alimentación tiene el futuro profesorado de Educación Infantil?

Cristina Gil González[1]*; Beatriz Bravo Torija*[2]

[1]Grupo Beagle. Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza, España.

[2]Grupo GIECMES. Departamento de Didácticas Específicas. Universidad Autónoma de Madrid, España.

* Correspondencia: [1]crisgilgon@unizar.es

RESUMEN: El importante papel que tienen los futuros docentes en lograr que existan o no próximas generaciones competentes y comprometidas con la alimentación saludable, hace que la detección de sus conocimientos y hábitos sea de interés para la comunidad educativa. Así, este trabajo se centra en conocer los conocimientos y hábitos de alimentación que tienen futuros docentes de Educación Infantil. Para ello, se ha planteado un estudio de caso instrumental en el que 138 futuros docentes de Educación Infantil de Zaragoza han completado un cuestionario online de respuesta múltiple que contiene preguntas sobre estas temáticas divididas en dos bloques (A y B). El análisis de frecuencias realizado a las 72 respuestas obtenidas muestra que la mayoría de las nociones sobre alimentación que tienen son adecuadas, aunque aparecen ideas inadecuadas como que los lípidos saturados son los más perjudiciales para la salud y que el desayuno es la comida más importante del día, al igual que se encuentran en los medios de comunicación. Sin embargo, sus hábitos alimentarios son mejorables, ya que las frecuencias de consumo de casi todos los alimentos no cumplen con las recomendaciones dictadas por las autoridades sanitarias del país. Esto hace que se encuentre pertinente una formación docente enfocada en la importancia de desarrollar hábitos de alimentación saludables y en el tratamiento crítico y reflexivo de los contenidos, ya que los mensajes que transmiten los medios de comunicación sobre alimentación han mostrado tener una notable influencia en sus ideas sobre esta temática.

PALABRAS CLAVE: alimentación; futuros docentes; Educación Infantil; formación

ABSTRACT: The important role that future teachers play in shaping whether or not future generations will be knowledgeable and committed to healthy eating, assessing their knowledge and habits is of interest to the educational community. Thus, this study focuses on understanding the knowledge and eating habits of future early childhood educators. To this end, an instrumental case study was conducted in which 138 early childhood educators from Zaragoza completed an online multiple-choice questionnaire containing questions on these topics divided into two sections (A and B). The frequency analysis of the 72 responses obtained shows that most of their dietary concepts are accurate, although some misconceptions exist, such as the belief that saturated fats are the most harmful to health and that breakfast is the most important meal of the day, views often promoted in the media. However, their eating habits could be improved, as the frequency of consumption for almost all foods does not meet the recommendations issued by the country's health authorities. This makes it appropriate to provide teacher training focused on the importance of developing healthy eating habits and on the critical and reflective analysis of content, since the messages conveyed by the media regarding nutrition have been shown to have a significant influence on the views on this topic.

KEYWORDS: food; future teachers; early childhood education; teaching

INTRODUCCIÓN

Los graves daños en la salud que está sufriendo la población, y especialmente la más joven, como consecuencia de los inadecuados patrones de alimentación que existen en las últimas décadas, han hecho que la educación alimentaria sea considerada una temática clave en el ámbito de la salud, considerándose como una herramienta básica y fundamental para acabar con esta situación (Gil González y Cortés

Gracia, 2022). En este sentido, la formación en alimentación de los futuros docentes resulta esencial, ya que son un agente clave en el ámbito de la educación para la salud (Rodrigo y Ejeda, 2020), dado que tienen la responsabilidad de formar a próximas generaciones competentes y comprometidas con la alimentación. Sin embargo, la instrucción en alimentación no se contempla en el plan de estudios del Grado en Magisterio de Educación Primaria y, en el Grado en Magisterio de Educación Infantil solo está presente en el módulo de formación básica "Infancia, Salud y Alimentación" (Torres-García y Santana-Hernández, 2017). Esto favorece que el futuro profesorado manifieste carencias conceptuales sobre alimentación y tenga unos hábitos alimentarios poco adecuados (Ejeda y Rodrigo, 2017).

El impacto educativo y social que en términos de alimentación tiene esta situación, puesto que no están capacitados para poner en marcha estrategias docentes en las que los contenidos conceptuales se trabajen adecuadamente ni tampoco saben seleccionar los recursos educativos adecuados, hace que sea necesaria la elaboración y/o rediseño de las materias específicas existentes en los actuales planes de formación del profesorado. La instrucción recibida debe permitir a los futuros docentes alcanzar tanto un conocimiento del contenido como de cómo trabajarlo en las aulas, ya que uno limita a otro y, por tanto, es necesario alcanzar un conocimiento adecuado de ambos. De este modo, los futuros docentes alcanzarán una adecuada competencia en alimentación y serán capaces de abordarla apropiadamente en las aulas (Cabello et al., 2016).

De este modo, el objetivo es conocer las ideas sobre alimentación y hábitos alimentarios que tienen futuros docentes que cursan el Grado en Magisterio en Educación Infantil en la facultad de educación de Zaragoza.

METODOLOGÍA

Se ha llevado a cabo un estudio de caso instrumental con dos grupos de 69 futuros docentes (FD) de segundo año del Grado en Magisterio en Educación Infantil de la Facultad de Educación de (ciego) que cursan la asignatura Infancia, Salud y Alimentación. Al comienzo de esta materia, en el curso 2025-2026 se les solicitó que completaran un cuestionario online anónimo (https://forms.gle/GfKihmm6Qa2qaTbcA) que contiene preguntas de respuesta múltiple repartidas en tres bloques relacionadas con los conocimientos de alimentación, los hábitos alimentarios, y las percepciones que tiene este futuro profesorado sobre la educación alimentaria (A, B y C respectivamente). El cuestionario ha sido validado por expertos del área de didáctica en las ciencias experimentales de la facultad de educación de Zaragoza y la facultad de formación de profesorado y educación de Madrid, en el marco de una investigación más amplia.

En concreto, se han analizado las respuestas obtenidas en las preguntas referidas a los bloques A y B, esto es, sobre los conocimientos de alimentación (por ejemplo, ¿qué caracteriza a los alimentos ultraprocesados?) y sobre los hábitos alimentarios (por ejemplo, ¿cuántas veces a la semana consumes legumbre? ninguna/1 vez/entre 2 y 3 veces/ más de 3 veces). Las 72 respuestas recopiladas entre los dos grupos se han analizado identificando su frecuencia de aparición. En la Tabla 1 se muestran los temas abordados en las preguntas planteadas en ambos bloques.

Tabla 1. Temas de alimentación planteados en las preguntas sobre conocimientos y hábitos alimentarios

Temas	Características	Conocimientos	Hábitos
Desayuno saludable	Alimentos ingeridos	x	x
Necesidades energéticas	Factores destacados	x	
Nutrientes	Fibra alimentaria Lípidos más perjudiciales Ingesta de agua	x	
Dieta mediterránea	Características	x	

Consumo de alimentos	Fruta, verduras y hortalizas, carne (roja y blanca), pescado (azul y blanco), legumbres y frutos secos		x
Grupos de alimentos	Características de la carne roja Características del pescado azul	x	
Cocinado de alimentos	Técnicas de cocinado Uso de sal		x
Trastornos e intoxicaciones alimentarias	Trastornos de la conducta alimentaria (TCA) Intoxicaciones alimentarias	x	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se muestran a continuación aparecen centrados en los temas anteriormente mencionados, conectando los resultados obtenidos en cada bloque de preguntas. Hay que señalar que los temas Dieta mediterránea, Consumo de alimentos y Grupos de alimentos se presentan conjuntamente puesto que la información revelada guarda una estrecha relación.

Ideas sobre las características que definen a un desayuno saludable

Al respecto del desayuno saludable, casi la mitad de los FD (48,6%) considera adecuadamente que debe de estar compuesto por alimentos ricos en nutrientes y que debe apartarse al apetito (figura 1). Así, en línea con estas ideas, el desayuno que toman los FD se basa principalmente en café con leche y tostadas con aceite de oliva y jamón. No obstante, casi la otra mitad de FD (45,8%) considera que el desayuno es la comida más importante del día y una tercera parte que debe de incluir cereales, frutas y lácteos, al igual que la información que se transmite desde las autoridades sanitarias del país y los medios de comunicación (SENC, 2025). Estas ideas pueden suponer riesgos en su futura labor como docentes si carecen de nociones con las que matizar estas ideas y que resultan fundamentales por sus implicaciones en la salud, como que los cereales deben ser integrales y sin azúcares añadidos, que la fruta debe ser una pieza entera y no en formato de zumo y que los lácteos deben ser enteros y naturales. ya que favorece que los estudiantes adopten unos hábitos de alimentación poco saludables (Ejeda y Rodrigo, 2017).

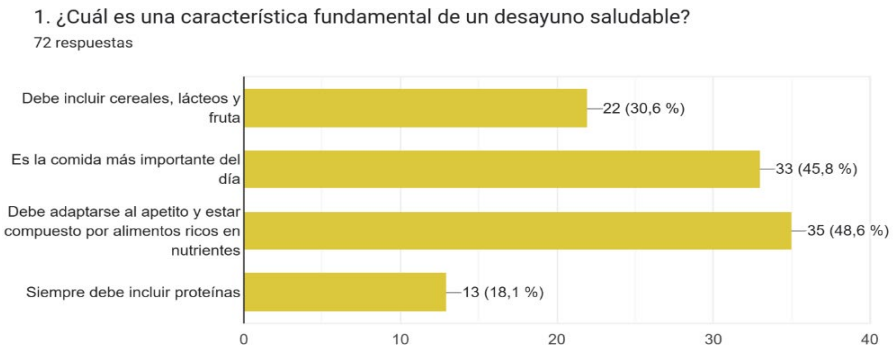


Figura 1. Respuestas de los FD a la pregunta de conocimientos sobre alimentación dirigida al desayuno saludable.

Ideas acerca de los nutrientes y sus funciones en el organismo

Las nociones que tiene la gran mayoría de los FD sobre los nutrientes mencionados en el cuestionario

coinciden con las que se transmiten a través de diferentes fuentes de información. Así, sobre la fibra alimentaria una amplia mayoría (80,3%) indica adecuadamente que es la responsable de los beneficios que tienen en la salud los alimentos integrales. Sobre los lípidos más perjudiciales para la salud, aunque un 40,3% señala que son los trans, hay un 59,7 % que sigue considerando únicamente a los lípidos saturados. Esto nos lleva a pensar que, en su futura labor, la transmisión de esta errónea idea puede hacer que su alumnado adquiera unas nociones al respecto de este nutriente que no se ajustan a la evidencia científica que existe actualmente. De este modo, existe el riesgo de que alimentos como los lácteos, por el hecho de ser altos en grasas saturadas, sean demonizados y, por el contrario, que alimentos como los ultraprocesados, sean ingeridos con elevada frecuencia, tal y como ocurre hoy en día en nuestra sociedad.

Por último, los resultados sobre la cantidad de agua necesaria en condiciones normales muestran que más de la mitad de los FD (60,6%) acierta señalando que ésta debe de oscilar entre los dos y tres litros al día, por lo que parece que las recomendaciones que existen sobre la hidratación en las que se habla de número de vasos e incluso de raciones de líquidos no han afectado en sus ideas.

Ideas sobre las necesidades energéticas de un individuo

Las ideas que tienen todos los FD sobre las necesidades energéticas son adecuadas, ya que consideran que estas dependen de factores como el peso, la altura, la edad y la actividad física realizada.

Ideas sobre la dieta mediterránea, el consumo de alimentos y los grupos de alimentos

Casi tres cuartas partes de los FD (74,6%) caracteriza adecuadamente la dieta mediterránea, indicando que se basa en la ingesta diaria de aceite de oliva virgen extra, frutas y verduras. No obstante, el 49,3% de los FD resalta que se basa en el consumo diario de carne, pescado y huevo, esto es, en alimentos ricos en proteína como los que están actualmente tan extendidos en nuestra sociedad. Sin embargo, observando sus frecuencias de consumo de alimentos (Tabla 2), parece que en su práctica diaria no siguen esta pauta alimentaria ya que sus ingestas de carne y pescado se acercan más a las recomendaciones dictadas por las autoridades sanitarias del país.

Tabla 2. Frecuencias de consumo prioritarias de los FD y frecuencia de consumo recomendadas por las autoridades sanitarias del país

Grupo de alimentos	Frecuencia de consumo FD	Frecuencia de consumo recomendada en el país
Fruta	1 ración/día	2-3 raciones / día
Verduras y hortalizas	1 ración/día	3 raciones / día
Carne roja	1 ración /semana	1 ración / semana
Carne blanca	2-3 raciones /semana	3 raciones máximo / semana
Pescado (blanco y azul)	1 ración /semana	3 o más raciones / semana
Legumbre	1 ración /semana	4 o más raciones semana (hasta diario)
Frutos secos	1 ración /semana	3 o más raciones / semana (hasta diario)
Alimentos ultraprocesados	Semanalmente	Muy ocasional y moderado

Así, su consumo de carne es semanal, llegando al máximo de una ración a la semana en el caso de la carne roja y a tres raciones a la semana en la carne blanca. El hecho de que el consumo de carne cumpla estas recomendaciones, incluida la carne roja de la que saben que se caracteriza por su aporte de hierro, resulta llamativo, ya que es un alimento muy consumido hoy en día en la población y sobrepasa significativamente estas indicaciones. El consumo de pescado también es semanal, pero ni el de pescado azul ni el de pescado blanco alcanzan las tres o más raciones que se recomiendan (AESAN, 2022). En concreto, en cuanto al pescado azul, aunque los FD señalan correctamente que tiene un alto contenido en ácidos grasos omega-3, parece que desconocen sus beneficios en la salud, lo que podría estar limitando su ingesta (una vez a la semana).

La única ración al día/semana que toman los FD de fruta, verduras y hortalizas, legumbres y frutos secos queda muy alejada de las dos y tres raciones diarias/semanales recomendadas. Esto puede deberse a

carencias formativas acerca de la importante función que desempeñan estos alimentos en el organismo, que han demostrado tener la capacidad de prevenir la aparición de diferentes enfermedades crónicas no transmisibles, como las enfermedades cardiovasculares y cánceres (Ríos, 2020). Además, en lo que respecta al consumo de frutas, verduras y hortalizas, estos hallazgos muestran que la información que reciben los futuros docentes a través de las autoridades sanitarias del país y los medios de comunicación no ejerce influencia en sus hábitos alimentarios, ya que las campañas y programas realizados para favorecer su consumo, como "cinco al día", entre otras, no han logrado que el consumo de frutas, verduras y hortalizas de los futuros docentes se ajuste a las cantidades recomendadas en el país. Esto resulta preocupante, ya que puede hacer que en su futura labor como docentes los hábitos de consumo que transmitan a sus estudiantes no sean los más adecuados y, por tanto, se vea afectado el alcance de una ciudadanía competente y comprometida con la alimentación saludable.

Por último, la ingesta de alimentos ultraprocesados es tolerable, ya que a pesar de que casi una tercera parte de los FD (27,8%) los toma diariamente (destacando las galletas, la pizza y la bollería), la mayoría de los FD restantes los consume de forma semanal y opta por acudir a McDonald's y Burger King como establecimientos de comida rápida más frecuentes. Así, las nociones acertadas que tienen sobre estos alimentos, a los que asocian un alto contenido de sal, grasas y azúcares, pueden haber ejercido influencia en su consumo. Consideramos que es necesario destacar este resultado, ya que, actualmente, la población prioriza la ingesta de estos alimentos y deja prácticamente a un lado la ingesta de alimentos saludables (Ríos, 2020).

Ideas sobre el cocinado de alimentos

La técnica de cocinado más señalada por los FD es la plancha (91,7%), seguida muy de lejos por el hervido (36,3%), la fritura (33,3%), y el asado (19,4%). Esto muestra que, en general, optan por usar técnicas de cocinado principalmente saludables, ya que tanto la plancha, el hervido como al asado han demostrado preservar los nutrientes y reducir la síntesis de sustancias tóxicas para la salud en condiciones controladas de tiempo y temperatura. En cuanto al uso de sal, la mayoría (75%) de los FD emplea entre una y dos cucharaditas por comida, lo que excede ligeramente las recomendaciones dictadas por las autoridades sanitarias del país (AESAN, 2022). Este hábito inadecuado puede favorecer que los FD desarrollen problemas de salud asociados con este nutriente, como la hipertensión y, también, obstaculiza la adecuada instrucción en alimentación en su futura labor como docentes, haciendo que sus estudiantes adopten unos hábitos alimentarios inadecuados con notables consecuencias negativas en su salud.

Ideas sobre trastornos e intoxicaciones alimentarias

Casi todos los FD (95,8%) indican adecuadamente que la anorexia y la bulimia nerviosas son TCA. Sin embargo, resalta que un 7% de FD los considera enfermedades digestivas y, además, que afectan exclusivamente a mujeres adolescentes. Estas concepciones erróneas pueden deberse a que los síntomas de los TCA son principalmente físicos y digestivos y, también, a que los medios de comunicación los han estereotipado durante años mostrando únicamente a mujeres (Comabella-Costa et al., 2025). Sobre las intoxicaciones alimentarias, prácticamente todos los FD (95,8%) considera adecuadamente que son causadas por el consumo de alimentos contaminados por microorganismos y/o sustancias químicas, lo que puede deberse a que se han podido encontrar con situaciones cercanas o incluso personales en las que hayan sufrido algunas.

CONCLUSIONES

En general, los conocimientos sobre alimentación que tiene la mayoría de los futuros docentes son adecuados, como el reconocimiento de que los alimentos ultraprocesados se caracterizan por su alto contenido en grasas, sal y azúcares y la identificación de los trastornos de conducta e intoxicaciones alimentarias. No obstante, algunos futuros docentes manifiestan errores conceptuales que coinciden con los mensajes que se transmiten a través de las entidades sanitarias del país y los medios de comunicación (el desayuno es la comida más importante del día; los lípidos saturados son los más perjudiciales para la salud). Al respecto de sus hábitos alimentarios, éstos son mejorables, ya que a

excepción de los alimentos que toman en el desayuno y la ingesta de carne, sus frecuencias de consumo de alimentos se encuentran muy por debajo de las recomendaciones dictadas por las autoridades del país. Todo ello puede llevar a que el futuro profesorado encuentre dificultades para abordar adecuadamente esta temática en las aulas y, a su vez, limitando una adecuada formación en su alumnado. Por tanto, consideramos necesario que durante la formación docente se aborde la importancia de adoptar hábitos de alimentación saludables desde edades tempranas y cómo sus propios hábitos pueden influir en su docencia. Igualmente, los contenidos sobre educación alimentaria deben ser tratados desde un punto de vista más crítico y reflexivo, por ejemplo, analizando mensajes sobre alimentación presentes en los medios de comunicación y redes sociales y su repercusión social, ya que han mostrado tener una notable influencia en las ideas que tienen los futuros docentes sobre esta temática.

AGRADECIMIENTOS

Grupo Beagle. Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA) de la Universidad de Zaragoza. Grupo de Investigación sobre Educación Científica y Matemática en la Sociedad (GIECMES) de la Universidad Autónoma de Madrid.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESAN (2022). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre recomendaciones dietéticas sostenibles y recomendaciones de actividad física para la población española. *Revista del Comité científico de la AESAN*, 36, 11-70.

Cabello, A., España, E. y Blanco, A. (2016). *La competencia en alimentación*. Octaedro.

Comabella-Costa, M., Consuegra-Fernández, M., y Burguera-Serra., J.G. (2025). Narrativas mediáticas sobre los trastornos de la conducta alimentaria en la prensa española (2012-2022): representación, discursos y estigmatización. *Revista Mediterránea de Comunicación, 16*(2), e29182. https://www.doi.org/10.14198/MEDCOM.29182

Ejeda, J.M., Rodrigo M. (2017). Un estudio sobre la ingesta de energía, perfil calórico y contribución de las fuentes alimentarias a la dieta de futuras maestras. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 37(1), 57-66. DOI: 10.12873/371ejedamanzanera

Gil González, C. y Cortés Gracia, A.L. (2022). Leche con galletas para desayunar y pizza para cenar: hábitos alimentarios en estudiantes de Educación Primaria. *EDUCA, Revista Internacional para la calidad educativa*, 2(2),134-146. https://doi.org/10.55040/educa.v2i2.40

Ríos, C. (2020). *Come comida real*. Paidós.

Rodrigo, M., y Ejeda, J.M. (2020). Educación alimentaria-nutricional en el Grado de Magisterio: un estudio sobre cambios de conocimientos y hábitos alimentarios. *Nutrición Hospitalaria, 37*(4), 830-837. http://dx.doi.org/10.20960/nh.02912

SENC (2025). Guías Alimentarias de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) para la Población Española; las nuevas Pirámides (SENC, 2025/26) de la Alimentación, la Gastronomía y la Hidratación Saludables y Sostenibles. Revista Española de Nutrición Comunitaria, 31(3). https://doi.org/10.63474/renc.v31i3.8

Torres-García, M. y Santana-Hernández, H. (2017). La Educación para la Salud en la formación de maestros desde el Espacio Europeo de Educación Superior. *Revista Complutense de Educación, 28*(4), 1083-1101. http://dx.doi.org/10.5209/RCED.51536

LÍNEA TEMÁTICA 5

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PROPUESTAS DIDÁCTICAS INNOVADORAS

Experiencias e investigaciones basadas en enfoques como el aprendizaje basado en problemas, la investigación basada en el diseño, la modelización, la indagación, la integración de emociones en el aprendizaje, o el uso de recursos didácticos (libros de texto, materiales digitales, etc.).

La modelización a través de la Realidad Aumentada en la enseñanza de las ciencias: Una revisión sistemática

Laura Alarcón Busquet

Universidad de Huelva, España

* Correspondencia: laura.busquet@alu.uhu.es

RESUMEN: La modelización científica constituye una práctica epistémica central en la enseñanza de las ciencias, que permite a los estudiantes construir, evaluar y revisar representaciones de fenómenos naturales. La realidad aumentada (AR) emerge como tecnología con potencialidades específicas para apoyar procesos de modelización. Sin embargo, la investigación sobre su integración en prácticas educativas permanece fragmentada. El objetivo del presente estudio es sintetizar la evidencia disponible sobre la integración de tecnologías AR en el desarrollo de competencias de modelización científica en contextos educativos. Se presenta una revisión sistemática de 34 estudios empíricos publicados entre 2017-2026, siguiendo el protocolo PRISMA. Los resultados revelan: predominio de modelos estructurales sobre procesales; uso mayoritario de dispositivos móviles con AR basada en marcadores; diseños centrados en exploración pasiva de modelos frente a construcción activa, y efectos positivos en comprensión conceptual y motivación. Se identifican vacíos significativos: escasez de diseños que promuevan construcción activa de modelos, limitada exploración de sistemas complejos, y una desconexión persistente entre las posibilidades técnicas y su aprovechamiento pedagógico real. Los hallazgos orientan el diseño de futuras intervenciones y señalan necesidades críticas en formación docente.

PALABRAS CLAVE: realidad aumentada; modelización científica; didáctica de las ciencias; revisión sistemática; tecnología educativa

ABSTRACT: Scientific modeling is a core epistemic practice in science education, allowing students to build, evaluate, and refine representations of natural phenomena. Augmented reality (AR) emerges as a technology with distinctive capabilities for supporting modeling processes. However, research on its integration in educational settings remains fragmented. This study presents a systematic review of 34 empirical studies published between 2017 and 2026, following the PRISMA guidelines. Results show a clear predominance of structural models over process-based models, widespread use of smartphones and tablets with marker-based AR, designs focused primarily on passive model exploration rather than active construction, and positive impacts on conceptual understanding and student motivation. Key gaps include the scarcity of interventions promoting active model construction, limited attention to complex systems, and a persistent disconnect between the technology's potential and its actual pedagogical use. These findings inform the design of future interventions and underscore critical needs in teacher professional development.

KEYWORDS: augmented reality; scientific modeling; science didactics; systematic review; educational technology

INTRODUCCIÓN

La modelización científica se reconoce como una práctica epistémica fundamental en la educación científica contemporánea (Garrido-Espeja y Couso, 2017). A través de la construcción, evaluación y revisión iterativa de modelos, los estudiantes no solo aprenden conceptos científicos específicos, sino que desarrollan competencias esenciales del pensamiento científico: la capacidad de abstraer, representar, predecir y explicar fenómenos mediante representaciones conceptuales, estructurales o procesales (Gouvea y Passmore, 2017). Los modelos científicos funcionan como herramientas cognitivas

que permiten a los estudiantes visualizar entidades o procesos no directamente observables, explorar relaciones causales complejas, generar predicciones testables, y comunicar comprensiones científicas de forma precisa y sistemática (Oliva, 2019; Aragón et al., 2018).

En este contexto, las tecnologías de realidad aumentada (AR) y realidad extendida (XR) emergen como herramientas potencialmente transformadoras para la enseñanza de la modelización científica (Arıcı, 2023). La AR se define como una tecnología que superpone información digital (objetos tridimensionales, animaciones, datos, textos) sobre la percepción del mundo físico en tiempo real, creando experiencias mixtas donde elementos virtuales y reales coexisten e interactúan (Mulders et al., 2025)

A pesar del creciente interés académico y el desarrollo de múltiples aplicaciones educativas de AR, la investigación sobre su integración efectiva en prácticas de modelización científica permanece fragmentada y dispersa. Los estudios existentes se distribuyen entre múltiples áreas disciplinares (biología, química, física, astronomía), niveles educativos (primaria, secundaria, universidad, formación docente), contextos geográficos y culturales diversos, enfoques metodológicos variados, y plataformas tecnológicas heterogéneas (Ibáñez y Delgado-Kloos, 2018). Esta fragmentación dificulta la identificación de patrones consistentes, la comprensión de qué diseños pedagógicos resultan más efectivos, y la determinación de bajo qué condiciones la AR realmente potencia el desarrollo de competencias modelizadoras, más allá de servir meramente como medio de visualización mejorado (Wu et al., 2013)

Este estudio tiene como objetivo general sintetizar sistemáticamente la evidencia empírica disponible sobre la integración de tecnologías AR para el desarrollo de competencias de modelización científica en contextos educativos en las ciencias experimentales. Las preguntas de investigación que guían este estudio son:

1. ¿Qué características tecnológicas presentan las implementaciones de AR en contextos de modelización científica (tipos de modelos, plataformas, dispositivos, modalidades de AR) y cómo se distribuyen en la investigación actual?
2. ¿Qué rol se asigna a los estudiantes en los diseños pedagógicos identificados: exploradores pasivos o constructores activos de modelos científicos?
3. ¿Qué efectos reporta la investigación en variables de aprendizaje (comprensión conceptual, motivación y desarrollo de competencias modelizadoras)?

METODOLOGÍA

Se diseñó y ejecutó una revisión sistemática de literatura siguiendo las directrices del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses; Page et al., 2021). La ecuación de búsqueda empleada fue:

("augmented reality" OR "mixed reality" OR "extended reality" OR "AR application") AND ("scientific model" OR "modelling") AND ("science education" OR "science teaching" OR "science learning" OR "STEM education" OR "biology education" OR "physics education" OR "chemistry education")

Esta ecuación se adaptó sintácticamente a los requisitos específicos de cada base de datos empleada (Scopus y Web of Science), pero mantuvo la misma estructura lógica y cobertura conceptual. Se aplicaron filtros por período de publicación (2015 a 2026), lenguaje (español e inglés), y tipología (artículos publicados en revistas académicas con proceso de revisión por pares). El flujo de trabajo siguió las fases indicadas en la figura 1.

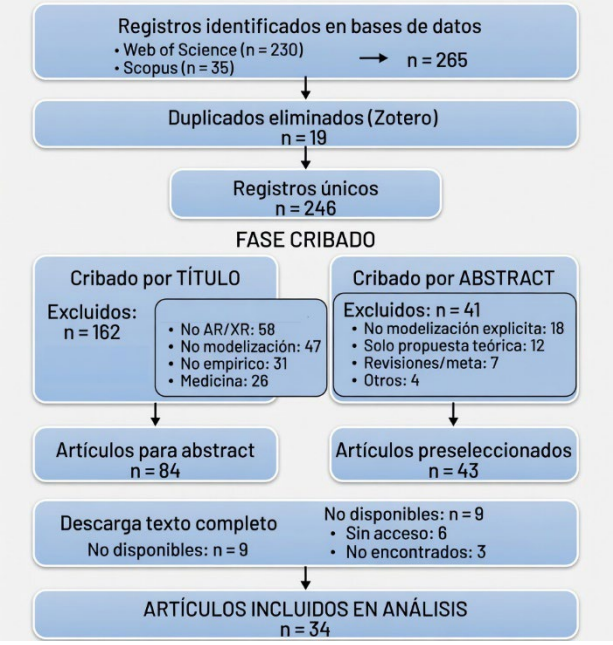


Figura 1. Flujograma PRISMA del proceso de selección e inclusión de artículos. Elaboración propia.

La extracción, codificación y síntesis de los datos se realizó con la herramienta de inteligencia artificial NotebookLM (Google, 2025), combinando procesamiento automático con revisión y validación humana. Se utilizaron *prompts* específicos diseñados para extraer información según los objetivos del estudio (características tecnológicas, diseños pedagógicos, efectos en aprendizaje, y vacíos identificados). NotebookLM generó matrices iniciales y resúmenes estructurados que fueron revisados y corregidos manualmente. Las preguntas de investigación se abordaron mediante categorización sistemática y análisis de frecuencias de los datos extraídos de los estudios.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se incluyeron 34 estudios publicados entre 2017 y 2026. La mayoría de las investigaciones se realizaron en países de Asia y Europa, con una presencia menor en América. Los diseños más comunes fueron cuasi-experimentales y los tamaños de muestra variaron ampliamente.

Caracterización de las implicaciones

El análisis de tipos de modelos trabajados revela un patrón marcado. Los modelos estructurales, que representan configuraciones espaciales estáticas de entidades (moléculas, anatomía, sistemas planetarios, estructuras cristalinas), acumulan 26 menciones, dominando claramente la investigación. Los modelos procesales, que representan fenómenos dinámicos, cambios temporales y transformaciones (división celular, reacciones químicas, ciclos biogeoquímicos, movimientos planetarios), alcanzan solo 12 menciones. Los modelos conceptuales, que abordan relaciones abstractas, mecanismos causales y sistemas de interacciones múltiples sin referentes espaciales directos, obtienen apenas 9 menciones. Esta distribución desigual sugiere que la investigación actual está explotando primordialmente la visualización espacial de AR, pero infrautilizando su potencial para representar transformaciones dinámicas mediante animaciones aumentadas sincronizadas con objetos reales, simular procesos y visualizar relaciones causales abstractas. El predominio de modelos estructurales puede inadvertidamente reforzar concepciones ingenuas de los estudiantes sobre modelos como meras "copias" o "miniaturas" de realidad, más que como construcciones con propósitos explicativos y predictivos específicos (Upmeier zu Belzen et al., 2020).

El análisis tecnológico revela una presencia abrumadora de dispositivos móviles. Los *smartphones* y *tablets*, usados individualmente o en combinación, representan el 88.2% de las implementaciones

(n=30). Solo dos estudios emplean computadoras de escritorio y dos utilizan *headsets* de realidad virtual o mixta inmersiva (HMD: head-mounted displays). Esta distribución refleja múltiples factores convergentes: (a) accesibilidad y costo: los teléfonos móviles son significativamente más asequibles; (b) familiaridad: estudiantes y docentes ya poseen competencias básicas en uso de dispositivos móviles; (c) movilidad: dispositivos portátiles permiten AR ubicua, tanto en aulas como en laboratorios o entornos naturales; (d) políticas BYOD (*Bring Your Own Device*): muchas instituciones educativas permiten o promueven uso de dispositivos personales de estudiantes.

Respecto a modalidades de AR, los sistemas basados en marcadores (*marker-based* AR) dominan claramente con 67.6% de estudios (n=23). En estos sistemas, la aplicación reconoce imágenes específicas (tarjetas, códigos QR, páginas de libros, objetos físicos marcados) que actúan como disparadores para superponer contenido digital. La AR sin marcadores (*markerless*) representa el 23.5% de estudios (n=8). Estos sistemas emplean reconocimiento de superficies planas, detección de objetos naturales, o localización espacial (GPS) para anclar contenido aumentado. Aunque técnicamente más sofisticada y potencialmente más flexible, la AR *markerless* enfrenta desafíos de fiabilidad y requiere mayor preparación técnica de usuarios.

El análisis de plataformas y aplicaciones específicas revela una fragmentación significativa. Se identifican más de 25 aplicaciones diferentes empleadas en los 34 estudios. Solo tres plataformas aparecen en múltiples estudios: moleculARweb; Aumentaty y Aurasma/HP Reveal. El resto son desarrollos *ad-hoc* únicos, creados específicamente para cada estudio mediante motores de desarrollo como Unity, Vuforia, ARKit, ARCore, o herramientas de autoría como ZapWorks. La mayoría de las aplicaciones no están disponibles públicamente para adopción por otros docentes, lo que sugiere que la integración generalizada de AR en enseñanza de ciencias seguirá limitada hasta que emerjan plataformas más accesibles, robustas y documentadas.

Análisis pedagógico

Se identifica una superioridad absoluta de diseños donde los estudiantes asumen roles de exploradores pasivos o guiados de modelos científicos preexistentes (67.6%, n=23). Los estudiantes interactúan con visualizaciones mediante gestos intuitivos (rotación, zoom, desplazamiento), pero no participan en la construcción, modificación, evaluación crítica o revisión de los modelos mismos. Apenas el 8.8% de estudios (n=3) implementan diseños donde los estudiantes actúan como constructores activos de modelos científicos mediante AR. Ejemplos identificados incluyen un estudio donde estudiantes de formación docente diseñan y programan sus propias experiencias AR para enseñar física, construyendo modelos interactivos desde cero; una intervención donde estudiantes construyen modelos moleculares físicos con marcadores y luego exploran cómo diferentes configuraciones producen diferentes propiedades químicas visualizadas en AR; y un diseño donde estudiantes crean representaciones aumentadas de ecosistemas locales mediante recolección de datos de campo y posterior construcción de modelos ecológicos con retroalimentaciones visualizadas en AR.

Los enfoques mixtos, que combinan elementos de exploración y construcción, representan el 14.7% (n=5). Por ejemplo, estudiantes primero exploran modelos preexistentes de fenómenos, luego modifican parámetros o componentes y observan efectos, y finalmente construyen representaciones propias basadas en comprensiones desarrolladas. El rol de evaluador crítico de modelos (examinar modelos alternativos, identificar fortalezas y limitaciones, proponer mejoras) aparece explícitamente solo en dos estudios, ambos centrados en formación docente donde futuros profesores evalúan aplicaciones AR existentes para potencial uso pedagógico.

Efectos en el aprendizaje

El análisis de efectos reportados presenta un cuadro de resultados consistentemente positivos, pero con matices importantes. En comprensión conceptual, el 73.5% de estudios (n=25) reportan mejoras estadísticamente significativas comparadas con grupos control o mediciones pre-intervención.

Estas mejoras se documentan mediante: tests de conocimiento conceptual (pre-post); pruebas de transferencia que requieren aplicar conceptos a situaciones nuevas; tareas de explicación donde estudiantes articulan comprensiones; y análisis de errores conceptuales que muestran superación de concepciones alternativas. El 17.6% de estudios (n=6) reportan efectos parciales o condicionales. Apenas dos estudios no encontraron diferencias significativas respecto a grupos control que usaron métodos tradicionales o imágenes 2D, atribuyéndolo a: intervención excesivamente breve, problemas técnicos que interrumpieron experiencia, o ausencia de andamiaje pedagógico estructurado que integrara AR en actividades significativas.

El efecto más universal aparece en motivación, interés y *engagement*, donde el 100% de estudios reportan incrementos. Estos efectos se manifiestan como: mayor participación activa en actividades, expresiones verbales de entusiasmo y disfrute, mayor tiempo voluntario dedicado a exploración, y actitudes más positivas hacia ciencias en general. Sin embargo, es crucial interpretar estos efectos motivacionales con matiz apropiado. La investigación educativa documenta consistentemente el efecto novedad: tecnologías nuevas tienden a generar entusiasmo inicial que puede decaer con familiarización. Solo cuatro estudios en esta revisión emplean diseños longitudinales que permiten distinguir efectos sostenidos de novedad temporal, y estos muestran que, aunque el entusiasmo inicial disminuye parcialmente, se mantienen niveles de *engagement* superiores a métodos tradicionales en evaluaciones de 3-6 meses. Además, el incremento motivacional es condición necesaria pero no suficiente para aprendizaje profundo: estudiantes motivados, pero cognitivamente pasivos no necesariamente desarrollan competencias complejas.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La concentración en modelos estructurales estáticos y la fragmentación de plataformas evidencian una limitada exploración de AR para modelización de procesos dinámicos, transformaciones temporales y sistemas complejos, importantes en ecología, ciencias ambientales y para la comprensión de fenómenos como cambio climático o evolución. Es evidente la carencia de ecosistemas tecnológicos escalables que incluyan plataformas de autoría accesibles que permitan a docentes crear contenidos personalizados sin programación, repositorios compartidos de recursos validados pedagógicamente, y herramientas de evaluación formativa integradas que capturen desarrollo progresivo de competencias modelizadoras, lo cual perpetúa dependencia de *expertise* técnico externo.

El predominio de exploración pasiva frente a construcción activa en los diseños de las intervenciones pedagógicas representa un vacío crítico. El desarrollo de competencias modelizadoras auténticas requieren participación estudiantil en ciclos completos: construcción de modelos iniciales, generación de predicciones, testeo empírico, evaluación crítica de discrepancias, y revisión iterativa basada en evidencia.

Los efectos en el aprendizaje se muestran universalmente positivos en motivación y mayoritarios en comprensión conceptual. La escasez de estudios que evalúen específicamente el desarrollo de competencias modelizadoras mediante instrumentos apropiados, combinada con la poca presencia de seguimientos longitudinales, limita la comprensión sobre la persistencia en el tiempo de las competencias desarrolladas. Sin esta evidencia longitudinal y de transferencia, permanece incierto si AR constituye genuinamente herramienta transformadora para modelización o meramente un recurso motivacional con efectos superficiales.

REFERENCIAS

Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M., & Aragón-Méndez, M. M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista Científica*,32(2), 193-206

Arıcı, N. Ü. (2023). The effect of augmented reality applications integrated with modeling on pre-service science teachers' modeling skills and academic achievements. *Journal of Science Learning*, 6(4). https://ejournal.upi.edu/index.php/jslearning/article/view/197

Garrido-Espeja, A. & Couso, D. (2017). La modelización en la formación inicial de maestros: ¿qué mecanismos o estrategias la promueven? *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas,* (Número extra), 137–144. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/334001

Google. (2025). *NotebookLM* [Herramienta de inteligencia artificial]. https://notebooklm.google

Gouvea, J., & Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'Models for': Toward an agent-based conception of modeling in the science classroom. *Science & Education*, 26(1-2), 49–63.

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 189-198.

Mulders, M., Buchner, J., & Kerres, M. (2025). Immersive technologies for biodiversity education: A systematic review of extended reality applications. International Journal of Science Education, 47(3), 412-438.

Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza De Las Ciencias. *Revista De investigación Y Experiencias didácticas*, 37(2), 5–24. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, Article n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Upmeier zu Belzen, A., van Driel, J., & Krüger, D. (2020). Introducing a framework for modeling competence. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger, & J. van Driel (Eds.), *Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (pp. 3–19). Springer.

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024

¿Se parece una esponja a un acuífero? Diseño de una analogía en la formación inicial del profesorado

Lourdes Aragón [1] y Rosa Esperanza Galera-Flores[1]*

[1] Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz, España.

*Correspondencia: lourdes.aragon@uca.es

RESUMEN: Se presenta el diseño de una analogía integrada en una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) bajo un enfoque de Indagación Basada en Modelos (IBM) para trabajar el ciclo del agua con futuros docentes de Educación Infantil. Esta propuesta se inserta dentro de una Investigación Basada en el Diseño y constituye una versión mejorada tras un segundo ciclo de implementación. Para avanzar hacia un modelo más complejo del ciclo del agua que incorpora las aguas subterráneas y procesos de infiltración y escorrentías, se propone una analogía cuyo análogo es una esponja y el blanco, un acuífero. El trabajo describe cómo se articula este recurso y su puesta en marcha en el aula. Se muestran resultados iniciales a partir de las respuestas de los estudiantes a algunas de las preguntas del guion de trabajo y a una actividad final de aplicación, para valorar la utilidad de la analogía diseñada.

PALABRAS CLAVE: acuífero; analogía; ciclo del agua; Indagación Basada en Modelos; formación inicial del profesorado.

ABSTRACT: The design of an analogy integrated into a Teaching and Learning Sequence (TLS) is presented, utilizing a Model-Based Inquiry (MBI) approach to address the water cycle with future Early Childhood Education teachers. This proposal is part of a Design-Based Research project and constitutes an improved version following a second implementation cycle. To progress toward a more complex model of the water cycle—incorporating groundwater, infiltration processes, and runoff—an analogy is proposed using a sponge as the analog and an aquifer as the target. The paper describes how this resource is structured and its implementation in the classroom. Initial results are presented based on student responses to specific workbook questions and a final application activity to assess the utility of the designed analogy.

KEYWORDS: aquifer; analogy; water cycle; Model Based Inquiry; initial teacher training.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

La enseñanza de las ciencias se enfrenta hoy al reto de formar ciudadanos capaces de entender una realidad cada vez más compleja y cambiante. A esto se suma una situación de crisis climática global como uno de los mayores desafíos a los que la humanidad debe hacer frente (Cárdenas, 2025), siendo necesaria una formación científica para entender desastres naturales como la DANA en 2024 en Valencia (España), o fenómenos como el "tren de borrascas" o "borrascas encadenadas" ocurridas a principios de este año 2026, provocando en determinados municipios niveles históricos de lluvias e inundaciones, como es el caso de Grazalema en la provincia de Cádiz (El País, 2026). Estos fenómenos meteorológicos, cada vez más extremos, ponen de manifiesto la necesidad de educar a una ciudadanía capaz de manejar Modelos Científicos Escolares (MCE), entendidos como reconstrucciones didácticas de los modelos científicos a través de procesos de transposición didáctica (Adúriz-Bravo, 2012).

En este marco, la Indagación Basada en Modelos (IBM) se posiciona como una estrategia valiosa para desarrollar prácticas científicas como la modelización e indagación, lo que implicaría la participación activa de los estudiantes en la construcción, uso y revisión de sus modelos mentales, permitiendo encontrar sentido a los conocimientos que se aprenden y avanzar hacia una comprensión más ajustada de la realidad (Oliva, 2019). Ante la situación actual, de crisis climática, se considera relevante

para la ciudadanía manejar modelos más sofisticados y acordes al MCE que les permitan describir, explicar y predecir fenómenos naturales para entender el mundo (Gilbert y Justi, 2016). Fenómenos como los registros históricos de pluviosidad detectados en Grazalema durante este 2026 no pueden ser comprendidos desde visiones fragmentadas o simplistas del ciclo del agua, sino que es necesario manejar modelos que contemplen las aguas subterráneas y los procesos de infiltración, escorrentía y su reincorporación al ciclo hidrológico (Márquez y Bach, 2007). Sin este modelo complejo, es complicado que los estudiantes sean capaces de predecir consecuencias e incluso entender los procesos naturales que están ocurriendo, valorando los riegos que existen y las medidas que se puedan tomar.

La literatura científica evidencia dificultades a la hora de comprender las aguas subterráneas. Según Calvo et al. (2007), estos obstáculos derivan principalmente de su invisibilidad. En un estudio con estudiantes de entre 10 y 12 años, Pozo-Muñoz et al. (2021) observaron que estos mencionan pocas veces a las aguas subterráneas, identificando los pozos como la única vía de salida del agua a la superficie. Otro estudio reciente con docentes en formación inicial revela que la mayoría no contempla los acuíferos en sus representaciones gráficas, predominando un modelo de circulación superficial (Aragón, 2024) de acuerdo con la clasificación propuesta por Márquez y Bach (2007), lo que indica la persistencia de un modelo mental de acuífero como un gran depósito o embalse subterráneo aislado del ciclo hidrológico.

Para atender estas dificultades es necesario diseñar recursos didácticos articulados en propuestas didácticas más amplias que contribuyan a una formación científica y orientados a que los estudiantes puedan revisar y construir modelos mentales complejos para entender los efectos del cambio climático en su entorno inmediato. En este sentido, un recurso útil y coherente a la estrategia de IBM son las analogías. Estas son comparaciones entre dos sistemas que pueden presentar semejanza entre sí (Marcos-Merino et al., 2021), actuando como puente entre lo que el alumnado sabe y es familiar para él, denominado análogo, y el nuevo conocimiento, el objeto. Se trata de uno de los recursos más importantes y utilizados en la enseñanza de las ciencias ya que permiten comprender fenómenos y conceptos abstractos, la aplicación de conocimientos y aumentan la motivación y el interés de los estudiantes (Duit, 1991).

Por todo ello, el propósito de este trabajo es presentar un diseño de una analogía de tipo funcional y su puesta en marcha en el aula usando como análogo una esponja para acercar el concepto de acuífero a futuros docentes, con objeto de progresar hacia un modelo más complejo del ciclo del agua.

ENFOQUE METODOLÓGICO

El presente trabajo se enmarca en un estudio más amplio, orientado a la mejora de la enseñanza de las ciencias y de la formación del profesorado de ciencias en Educación Infantil desde la modelización como estrategia didáctica. Para ello, se parte de la Investigación Basada en el Diseño (IBD) como enfoque de investigación, a través de ciclos sucesivos de diseño-implementación-evaluación y rediseño de secuencias didácticas que permiten proponer soluciones a problemas educativos detectados a partir de una comprensión profunda y explícita de las decisiones que se tomen para el diseño de dichas intervenciones (Akker et al., 2006).

Participantes y contexto

En este estudio han participado 64 estudiantes (54 mujeres y 10 hombres), con edades comprendidas entre 19 y 32 años, de la asignatura Didáctica del Medio Natural (DMN) en el curso 2025/2026. Esta asignatura se imparte en el primer semestre del tercer curso del Grado en Educación Infantil de la Universidad de Cádiz, siendo la única asignatura de Didáctica de las Ciencias impartida en esta titulación. Los estudiantes se organizan en dos subgrupos: el subgrupo 1 compuesto por 30 estudiantes y distribuidos en 6 equipos de trabajo, y el subgrupo 2, de 34 estudiantes repartidos en 7 equipos. Todos ellos de 4-5 integrantes.

DISEÑO DE LA ANALOGÍA

La analogía propuesta se inserta en un tercer ciclo de diseño e implementación de una SEA, en la que se introdujeron recursos propios de la modelización para abordar las dificultades detectadas en los futuros docentes respecto a la noción de acuífero y progresar hacia un modelo más complejo del ciclo de agua, contemplando aguas subterráneas, y procesos de infiltración, escorrentías y afloramientos naturales. La actividad se diseña en varias etapas siguiendo el modelo de enseñanza con analogías (Teaching-With-Analogy; TWA) propuesto por Duit (1991) y que permitió estructurar el guion de trabajo a completar individualmente por los estudiantes (tabla 1). La duración de la actividad analógica fue de hora y media y se articuló en torno a cinco fases.

Tabla 1. Etapas seguidas para la implementación de la analogía en base al modelo TWA (Duit, 1991) y estructura del guion de trabajo a realizar por cada estudiante.

Etapa	Preguntas
1. Introducir el objeto a analizar	1. Describe qué es un acuífero para ti y por qué crees que puede ser importante en el ciclo urbano del agua.
2. Presentar el análogo	2. Describe cómo es una esponja, qué características tiene y por qué crees que la utilizamos para ducharnos. Puedes fijarte en la imagen.
3. Identificar qué tienen en común el objeto y el análogo	3. ¿Qué semejanzas encuentras entre una esponja y un acuífero? Explícalas. Señala en el dibujo dónde crees que se encuentra el acuífero.
4. Proyectar las similitudes desde el análogo al blanco	4. Completa la siguiente tabla para destacar las similitudes entre las distintas partes de la esponja y el acuífero.
5. Explicar y establecer diferencias entre objeto y análogo	5. ¿En qué se diferencian una esponja y un acuífero? Justifica tu respuesta para cada diferencia indicada.
6. Analizar las limitaciones de la analogía	6. ¿En qué casos la comparación deja de funcionar? ¿Por qué?
7. Proponer otras analogías	7. ¿Con qué otra cosa podrías comparar un acuífero? Describe la comparación.

Fases 1 y 2

La fase 1 se realiza en gran grupo, y tiene como objetivo, por un lado, explicitar las dificultades detectadas en los modelos del ciclo del agua de los estudiantes para justificar la necesidad de utilizar recursos didácticos para avanzar hacia modelos mentales más complejos. Por otro, contribuir a la propia formación didáctica, con la presentación del concepto de analogía, elementos (análogo y objeto) y un posible modelo de enseñanza para secuenciar este recurso en el aula. En la fase 2, se entrega a cada estudiante el guion de trabajo (tabla 1) para realizarlo de forma progresiva. Las preguntas 1 y 2 permiten presentar el acuífero y la esponja como objeto y análogo respectivamente, para, posteriormente, establecer semejanzas y relaciones con estos (pregunta 3). Un aspecto importante de la actividad para favorecer el pensamiento analógico y establecer relaciones entre objeto y análogo fue incluir una tabla en la pregunta 4 que permite focalizar los elementos más relevantes y facilitar la comparación (tabla 2).

Tabla 2. Tabla para establecer las similitudes entre las distintas partes de la esponja y el acuífero (las columnas 1 y 2 debían ser completadas por el alumnado).

Elemento Esponja	Elemento Acuífero	Explicación de la Relación
Polímero (tipo de plástico)	Matriz de grava, arena, tipo de sedimento (permeable)	Es el tipo de material que constituye la estructura física de cada elemento.
Agujeros (huecos)	Poros (espacios vacíos entre rocas/arena)	Es el espacio donde se almacena el líquido. El tamaño y número de estos espacios determina la capacidad total de retención de líquido.
Agua del grifo/ ducha	Agua subterránea	Es el líquido que se almacena y se puede extraer del elemento.
Capilaridad	Gravedad	Es el mecanismo que permite que el líquido entre, fluya y sea retenido dentro de la estructura.

Mojar la esponja	Infiltración por lluvias (Recarga)	Es el proceso por el cual el cuerpo incorpora o adquiere el líquido para su almacenamiento.
Exprimir la esponja	Extracción (pozos) o surgencia (natural: manantiales o fuentes)	Es el proceso por el cual el líquido sale o es liberado del elemento para ser utilizado.

Fases 3 y 4

En la fase 3 se realizó una puesta en común en gran grupo. Los estudiantes aportaban sus respuestas y confrontaban estas con la información proporcionada por otros estudiantes y por la docente, anotando aspectos claves en su guion de trabajo. A continuación, en la fase 4, los estudiantes agrupados por equipos de trabajo y a modo de síntesis y recapitulación de la actividad analógica, completaron la figura 1 para explicitar las relaciones entre la esponja y el acuífero.

Figura 1. Modelo de esponja y acuífero para establecer relaciones entre ambos elementos de la analogía.

Fase 5

Esta última fase constituye para los estudiantes un momento de revisión y aplicación de sus modelos mentales del ciclo del agua, atendiendo a la analogía utilizada y contextualizada en la siguiente noticia de prensa:

"En el periódico El País parece el siguiente titular: Grazalema, el pueblo de Cádiz desalojado y convertido en una *esponja gigante* de roca caliza". Las intensas lluvias en la Sierra de Grazalema estas últimas semanas han provocado la aparición de numerosos manantiales naturales e incluso un fenómeno llamado hidrosismo (pequeñas fracturas en la roca causadas por la presión del agua cuando el acuífero está lleno de agua). A partir de la analogía de la esponja utilizada en clase para comprender el funcionamiento de un acuífero, contesta a las siguientes preguntas: a) Identifica qué parte de la esponja representa a la roca sólida. Basándote en esa estructura, explica por qué el agua sigue saliendo por los manantiales días después de que haya dejado de llover. ¿Cómo se denomina este proceso de salida de agua en un acuífero y qué consecuencias (tanto positivas como negativas) puede tener para la población local de este pueblo?; b) Teniendo en cuenta la definición de hidrosismo del enunciado ¿por qué la analogía de la esponja no funciona para explicar este fenómeno? Argumenta por qué esto constituye una limitación del modelo de la esponja para entender un acuífero.

RESULTADOS PRELIMINARES

Para valorar la utilidad de la analogía se han analizado las respuestas de las preguntas 1, 3, 4 y 6 del guion de trabajo (tabla 1) y de la prueba escrita dadas por una muestra representativa de 27 estudiantes elegidos al azar. Para el análisis cualitativo, se ha empleado el sistema de categorías adaptado de Gómiz-Aragón et al. (2025), incluyendo 5 indicadores (caracterización del objeto, semejanzas, limitaciones, aplicación a un contexto y limitación de la analogía para explicar un nuevo proceso) evaluados sobre una escala ordinal de cuatro niveles de desempeño, siendo el 1, respuestas simples o triviales y 4 el más avanzado.

Las respuestas de los estudiantes a la pregunta 1 permite identificar las ideas previas y dificultades en torno a la concepción de acuífero. El 63% lo consideran como un recipiente lleno de agua a modo de almacén o reserva de agua: "*Es como un almacenaje de agua que está debajo tierra*" (A13), mientras que el 25,9% maneja la idea de acuífero como reserva, donde hay agua, rocas y tierra, contemplando, en algunos casos, que esta agua se desplaza: "S*on aguas que se encuentran debajo de la tierra*. *Aguas subterráneas almacenada y transporta agua*" (A27). Solo el 11,1% identifica los acuíferos como canalizaciones que se conectan con el ciclo urbano del agua, probablemente debido a la segunda parte de esta pregunta, centrada en la importancia de los acuíferos para el ciclo urbano del agua. La reformulación de esta pregunta puede ser una posible mejora dentro de la actividad analógica, dado que parece inducir concepciones poco adecuadas más que permitir cuestionar si ambos ciclos se encuentran conectados.

La pregunta 3 analiza la identificación de similitudes entre el objeto y el análogo. Sus resultados muestran que el 81,5% de los estudiantes se sitúan en el nivel 3, identificando similitudes correctamente, aunque con falta de información, y el 14,8% es capaz de mapear correctamente todas las similitudes entre ambos (nivel 4). Al proyectar los elementos que conforman el objeto (pregunta 4), los resultados muestran que el 51,9% de los estudiantes se sitúan en un nivel de desempeño 1, es decir, son capaces de proyectar solo un elemento, como infiltración, poros o extracción, sin existir uno predominante. Por su parte, el 26,9%, se sitúa en un nivel 2, proyectando además de los anteriores, el material que constituye la estructura física. En menor medida, los estudiantes se sitúan en los niveles de desempeño más avanzados, 3 y 4 (11,1% y 7,4%, respectivamente), lo que parece sugerir que el objeto es un concepto que entraña dificultades para los estudiantes dado que deben romper con la idea predominante de acuífero como una gran reserva de agua, a modo de cueva subterránea donde esta se acumula, sin plantearse el componente dinámico del agua. Estos resultados apoyan la importancia del rol del docente en el proceso de andamiaje a través de la propia actividad analógica, ofreciendo información nueva que ayude a conceptualizar el propio objeto a enseñar, pero también mostrando explícitamente los elementos y las relaciones entre estos ya que un aspecto relevante en el uso de analogías en ciencias es la familiaridad del alumnado con el contenido preguntado en las actividades a resolver. En cuanto a las limitaciones (pregunta 6), se ha observado que se trata de uno de los aspectos más difíciles ya que exige destrezas cognitivas de orden superior más complejas. En este caso, el 63% de los estudiantes no identifican ninguna limitación de la analogía (nivel 1) dando respuestas del tipo: "Deja de funcionar cuando cambiamos de líquido, solo funciona con agua" (A37). Un 18,5% (nivel 4) es capaz de identificar las limitaciones del tipo funcional como, por ejemplo, la velocidad del agua en la esponja y en el acuífero o procesos de limpieza por otras sustancias: "La esponja se llena y se vacía muy rápido y en el acuífero tarda millones de años" (A9). No obstante, se considera de interés utilizar analogías no solo para clarificar conceptos sino también para favorecer dichas destrezas como la imaginación o la creatividad (Oliva y Aragón, 2009). Estos resultados poseen importantes implicaciones didácticas para los futuros docentes respecto al CDC, ya que no solo se trata de presentar la analogía si no que se requiere de toda una secuenciación de actividades para identificar elementos y relaciones, incluyendo analizar las propias limitaciones de la analogía.

Finalmente, las respuestas de los estudiantes a la pregunta de aplicación permiten valorar el impacto de la analogía diseñada, contribuyendo al diseño de secuencias más refinadas, desde la perspectiva de la IBD, permitiendo aplicar sus modelos mentales del ciclo del agua a un contexto real, como es en el municipio de Grazalema. En cuanto a su utilidad, el 18,5% no es capaz de utilizarla ni de identificar consecuencias, el 55,6% de los estudiantes no utiliza la analogía, aunque es capaz de valorar consecuencias negativas o positivas del fenómeno, el 14,8% utiliza la analogía parcialmente (nivel 3) y el 11,1% la utiliza adecuadamente (nivel 4). Respecto a la segunda parte de la actividad, el 37% del alumnado muestra el nivel de desempeño más elevado identificando limitaciones adecuadamente, aludiendo a la flexibilidad de la esponja respecto a la matriz de sedimentos que conforma el acuífero. El 33,3% lo hace parcialmente y el 22,2% no identifica ninguna limitación.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten valorar la validez y utilidad de la analogía diseñada para una mejor comprensión de un acuífero, permitiendo a los estudiantes inferir cómo funciona e introducir conceptos como porosidad e infiltración. Sin embargo, se detectan dificultades al aplicar sus modelos a un contexto real, sobre todo para relacionar el objeto con el análogo, ya que no relacionan la matriz de fibras de la esponja con el conjunto de rocas y sedimentos del acuífero. Parece, por tanto, que la analogía contribuye a progresar hacia un concepto de acuífero más complejo incorporando la porosidad de las rocas. Finalmente, destacar la necesidad de emplear contextos reales para que los estudiantes puedan usar sus modelos para explicar y predecir fenómenos relacionados con problemas sociocientíficos urgentes como es el caso de la gestión del agua.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PID2022-136353NB-I00 financiado MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER Una manera de hacer Europa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'Semantic' View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education, 22*, 1593–1611. https://doi.org/10.1007/s11191-011-9431-7

Akker, van den J., Gravemeijer, K., McKenney, S. y Nieveen, N. (2006). *Educational Design Research*. Routledge.

Aragón, L. (2024). ¿Dónde está y en qué estado se encuentra el agua en nuestro huerto? En P. Membiela y M.I. Cebreiros (editores). *Herramientas y estrategias para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias* (pp.57-62). Educación Editora.

Berland, L.K. y Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(1), 68– 94. https://doi.org/10.1002/tea.20446

Calvo, M., Reyero, C., Vidal, M.P., Ortega, J.G.M. y García, E.G. (2007). El trabajo con modelos en aguas subterráneas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 15*(3), 341-347.

Cárdenas, J.W.B. (2025). La educación para el cambio climático en la escuela: un imperativo en la acción climática como herramienta de mitigación territorial. *Revista Sergipana de Educação Ambiental, 13*(1), 1-20.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education, 75*(6), 649-672. https://doi.org/10.1002/sce.3730750606

Gilbert, J.K. y Justi, R. (2016). Models of Modelling. In J. K. Gilbert y R. Justi (Eds.), *Modelling-based Teaching in Science Education* (pp. 17-40). Springer.

Gómiz-Aragón, M., Aragón-Méndez, M.M. y Oliva, J.M. (2025). *Assessment of analogical activities for learning an immune system model*. 16th Conference of the European Science Education Research Association. Copenhague, Dinamarca.

Marcos-Merino, J.M., Esteban, R. y Ochoa, J. A.G. (2021). Analogías propuestas por futuros maestros para la enseñanza de Biología: implicaciones en la formación inicial. *Ápice. Revista de Educación Científica, 5*(1), 73-86. https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.1.6675

Márquez, C. y Bach, J. (2007). Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 15*, 3, 280-286, https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/121419

Oliva, J.M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 37*(2), 5-24. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/356151.

Oliva, J.M. y Aragón, M.M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias, 2*(27), 195-208. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3731

Planelles, M. (10 de febrero de 2026). La reserva de agua embalsada bate el récord de crecimiento semanal tras las borrascas encadenadas. El País. https://bit.ly/3N0VrqP

Pozo-Muñoz M.P., Velasco-Martínes L.C., Martín-Gámez C. y Tójar-Hurtado J.C. (2021). ¿Qué sabe el alumnado sobre las problemáticas socioambientales del agua y su gestión sostenible? Investigación mixta en Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(3), 3501. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3501

Progresión de los modelos sobre regulación climática en estudiantes de Bachillerato

Carmen Brenes-Cuevas[1], *María Armario*[1] *y Natalia Jiménez-Tenorio*[1]

[1] Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz, España.

*Correspondencia: carmen.brenes@uca.es

RESUMEN: Este trabajo analiza la progresión de los modelos de estudiantes de 1º de Bachillerato sobre la regulación del clima del planeta tras la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en la modelización. La propuesta se enmarca en una investigación basada en diseño y aborda la comprensión integrada de la circulación global oceánica, la circulación atmosférica y el efecto invernadero como mecanismos interdependientes de regulación climática, un aspecto que ha sido identificado como especialmente problemático en la enseñanza de la regulación del clima del planeta. La secuencia didáctica se estructuró en fases orientadas a la explicitación de ideas previas, la construcción progresiva de modelos, su revisión y su aplicación. Como instrumento de recogida de información se empleó un cuestionario abierto cuyas respuestas se categorizaron mediante un mapa de constructo validado, que define niveles progresivos de comprensión y el cual se aplicó antes y después de la implementación. Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en los niveles de comprensión del alumnado entre ambos momentos, así como un desplazamiento generalizado del alumnado desde explicaciones fragmentadas y descriptivas hacia modelos más integrados. No obstante, los datos evidencian que dicha integración sinérgica de los distintos submodelos continúa siendo la principal dificultad de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: Regulación del clima; Modelización; Test de Wilcoxon; Investigación basada en diseño; Bachillerato.

ABSTRACT: This study analyses the progression of 1st-year Bachillerato students' models regarding the regulation of the Earth's climate following the implementation of a teaching–learning sequence based on modelling. The proposal is framed within a design-based research approach and addresses the integrated understanding of global ocean circulation, atmospheric circulation and the greenhouse effect as interdependent mechanisms of climate regulation, an aspect that has been identified as particularly problematic in climate education. The didactic sequence was structured into phases aimed at eliciting prior ideas, progressively constructing models, reviewing them and applying them. An open-ended questionnaire was used as the data collection instrument. Students' responses were categorized using a validated construct map that defines progressive levels of understanding and was applied before and after the implementation. The results show statistically significant differences in students' levels of understanding between both moments, as well as a general shift from fragmented and descriptive explanations towards more integrated models. However, the data indicate that the synergistic integration of the different submodels remains the main learning difficulty.

KEYWORDS: Climate regulation; Modelling; Wilcoxon test; Design-based research; Bachillerato.

MARCO TEÓRICO

La comprensión escolar de la regulación del clima del planeta implica abordar un fenómeno complejo cuya explicación requiere integrar procesos físicos y naturales que interactúan a diferentes escalas espaciales y temporales. Desde la didáctica de las ciencias, esta complejidad no debe abordarse mediante la adquisición aislada de conceptos, sino a través de la construcción de modelos que permitan articular relaciones causales entre variables y procesos interdependientes (Shepardson et al., 2011). En este sentido, situar los modelos escolares en el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje resulta clave para favorecer explicaciones progresivamente más coherentes y funcionales del sistema climático

(Justi y Gilbert, 2002). Estos se entienden como representaciones limitadas de la realidad que sirven para describir, explicar y predecir fenómenos relevantes, a las que deben llegar el alumnado mediante procesos de modelización, con apoyo docente (Adúriz-Bravo, 2012).

Sobre esta base epistemológica se fundamenta la modelización como eje central en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, al situar la construcción, el uso, la evaluación y la revisión de modelos en el centro de la actividad científica escolar (Justi y Gilbert, 2002). Desde este enfoque, aprender ciencias no implica la sustitución directa de las ideas previas del alumnado por conceptos científicos acabados, sino el desarrollo de una progresión de modelos en la que las explicaciones iniciales se transforman gradualmente hacia formas de mayor poder explicativo y coherencia desde el punto de vista escolar (Oliva, 2019).

En el caso concreto de este trabajo, el modelo escolar que se pretende, se sitúa en el marco de la comprensión de la regulación del clima del planeta, que se articula en torno a tres factores fundamentales (submodelos): la circulación global oceánica, la circulación atmosférica y el efecto invernadero. Este modelo escolar se apoya en una representación integrada del sistema Tierra, coherente con los principios de la cultura oceánica, que conciben el océano como una única masa de agua interconectada con la atmósfera y la superficie terrestre (Payne y Marrero, 2021).

A grandes rasgos, la interacción océano-atmósfera es la que regula el clima global mediante el intercambio de calor y gases como el CO_2. Así, la circulación global oceánica es esencial para el transporte y almacenamiento de CO_2 en el agua (Sabine et al., 2004), al igual que lo es la circulación atmosférica para su distribución en el aire. Además, este gas también es crucial para el efecto invernadero, responsable de mantener la temperatura terrestre en niveles óptimos para la vida (Sabine et al., 2004). De este modo, el modelo escolar no entiende estos procesos como fenómenos aislados, sino como componentes interrelacionados de un mismo sistema, en el que el océano y la atmósfera intercambian continuamente energía y materia, contribuyendo conjuntamente al equilibrio térmico del planeta.

En relación con este tema, diversos estudios han mostrado que el alumnado suele construir explicaciones fragmentadas y locales sobre la regulación del clima, centradas en relaciones simples y lineales. Por ejemplo, es frecuente que interprete el cambio climático mediante una única cadena causal del tipo "más contaminación(CO_2)= más calor" y la aplique al entorno cercano, sin integrar procesos globales como el balance radiativo, la circulación atmosférica y oceánica o las retroalimentaciones implicadas en la regulación climática (Shepardson et al., 2011). Estas explicaciones suelen apoyarse en experiencias cotidianas o en informaciones parciales, lo que dificulta la comprensión de las interacciones entre subsistemas y la consideración de escalas globales propias del sistema climático (Lombardi y Sinatra, 2012).

En este contexto, el objetivo de este estudio es analizar la progresión de los modelos explicativos del alumnado de 1.º de Bachillerato sobre la regulación del clima del planeta tras la implementación de una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) basada en la modelización.

METODOLOGÍA

Este estudio se enmarca en una investigación basada en diseño, un enfoque que concibe las Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje como prototipos educativos fundamentados teóricamente, susceptibles de ser implementados, analizados y rediseñados a partir de la evidencia empírica obtenida (Oliva y Aragón, 2024). Desde esta perspectiva, la secuencia diseñada se utiliza para analizar la progresión del alumnado y orientar su posterior rediseño.

La intervención se llevó a cabo con un grupo de 29 estudiantes de 1.º de Bachillerato de un centro de la provincia de Cádiz, en el marco de la asignatura de Biología y Geología. La secuencia se desarrolló a lo largo de diez sesiones, organizándola en cuatro bloques correspondiendo a los principales

factores implicados en la regulación del clima del planeta (circulación global oceánica, circulación atmosférica, efecto invernadero e integración sinérgica), tomando la modelización como principal criterio didáctico y eje vertebrador. Concretamente, se partió de los modelos iniciales del alumnado y se promovió su contraste con distintos recursos de modelización, como simulaciones, experimentos mentales y analogías, entendidos como facilitadores de la construcción de conocimiento. Además, la docente realizó procesos de andamiaje para orientar, apoyar y facilitar la progresiva revisión de sus explicaciones, y favorecer su reestructuración hacia un modelo escolar más integrado, contextualizado en la relevancia social del cambio climático y conectado con experiencias cercanas al alumnado.

Para analizar la progresión del alumnado tras la implementación de la SEA, se empleó un diseño pretest–postest con un único grupo. Este diseño permitió comprobar posibles avances en la comprensión de la regulación climática y de la interdependencia entre sus submodelos, así como identificar las dificultades que persistían tras la intervención. Para ello, se utilizó un cuestionario abierto compuesto por cuatro preguntas que exploran, respectivamente, las explicaciones y representaciones del alumnado sobre la circulación global oceánica (incluida su localización y direccionalidad en un mapamundi), la circulación atmosférica (representación en el globo y la explicación de su movimiento), el efecto invernadero (explicación causal y una representación a partir de un esquema guía) y, finalmente, la integración de estos submodelos ante un problema contextualizado (la quema de bosques del norte de Europa), con el fin de analizar si el alumnado articula relaciones entre cambios de masa y energía y la regulación climática.

Las respuestas se categorizaron mediante un mapa de constructo previamente validado (Brenes-Cuevas et al., 2024), organizado en niveles progresivos de comprensión para cada dimensión: circulación global oceánica, circulación atmosférica, efecto invernadero e integración de los tres procesos en la regulación climática. En todas las dimensiones, el nivel 1 corresponde a respuestas triviales, irrelevantes o en blanco. A partir del nivel 2, en las dos circulaciones se pasa de descripciones generales del movimiento, incompletas o con direccionalidad confusa, hacia explicaciones que reconocen su carácter global, con una direccionalidad más adecuada y añaden factores causales pertinentes. En el efecto invernadero, la progresión va desde un reconocimiento básico del fenómeno, con posibles confusiones, hacia explicaciones centradas en el papel de la atmósfera en la retención/reemisión de radiación, hasta incluir su carácter natural y su función reguladora del clima. Por último, en la dimensión sinérgica, los niveles avanzan desde identificar cambios de masa o energía sin articular relaciones entre procesos, hacia explicaciones que conectan esos cambios con uno o varios de los factores reguladores y sus efectos en la temperatura global, culminando en una articulación integrada de la interacción entre circulación global oceánica, circulación atmosférica y efecto invernadero. Con el fin de garantizar la consistencia del análisis, la codificación de las respuestas se sometió a un proceso de comprobación de fiabilidad mediante el índice Kappa de Cohen que, de acuerdo con los criterios habituales de interpretación, los resultados (entre 0,8 y 1) indican una concordancia sustancial a muy alta, lo que avala la consistencia del proceso de categorización y la robustez del análisis realizado.

El análisis de los datos se realizó desde una perspectiva mixta. Por un lado, se llevó a cabo una comparación pretest–postest mediante el test de Wilcoxon, prueba adecuada para comparar medidas relacionadas y examinar no solo la significatividad de los cambios, sino también su sentido en términos de progresión, mantenimiento o retroceso (Siegel y Castellan, 1988). En este análisis, los rangos positivos indican que el alumnado mejora su nivel de respuesta en el postest respecto al pretest, los rangos negativos reflejan un descenso y los empates muestran ausencia de cambio. Su aplicación permitió analizar la evolución del alumnado entre ambos momentos en cada una de las dimensiones evaluadas. Por otro lado, se realizó un análisis descriptivo de frecuencias por niveles de comprensión, con el fin de visualizar la progresión del alumnado en términos de evolución de modelos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del test de Wilcoxon muestran diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el postest en todas las dimensiones analizadas ($p < .001$), lo que indica una mejora global en la comprensión del alumnado tras la implementación de la secuencia. En concreto, en circulación global oceánica (D1) se registraron 22 rangos positivos y 7 empates; en circulación atmosférica (D2), 25 rangos positivos y 4 empates; en efecto invernadero (D3), 22 rangos positivos, 6 empates y 1 rango negativo; y en el modelo sinérgico (D4), 23 rangos positivos y 6 empates. En conjunto, el claro predominio de rangos positivos evidencia un desplazamiento generalizado del alumnado hacia niveles de comprensión más avanzados, en consonancia con investigaciones previas que señalan el potencial de las propuestas basadas en modelización para promover aprendizajes más profundos en fenómenos científicos complejos (Shepardson et al., 2011).

Por su parte, el análisis de frecuencias por niveles revela un desplazamiento generalizado del alumnado desde explicaciones iniciales, caracterizadas por descripciones parciales, locales y poco articuladas, hacia niveles intermedios y superiores, en los que comienzan a establecerse relaciones causales entre los distintos procesos implicados en la regulación del clima. Este tipo de progresión concuerda con la idea de aprendizaje como evolución de modelos escolares, en la que las explicaciones no se sustituyen de forma abrupta, sino que se transforman gradualmente hacia formas de mayor coherencia y poder explicativo (Oliva, 2019). La figura 1 muestra la comparación porcentual pretest–postest por niveles de comprensión de los submodelos que contribuyen a la regulación del clima del planeta, de acuerdo con el mapa de constructo, descrito previamente.

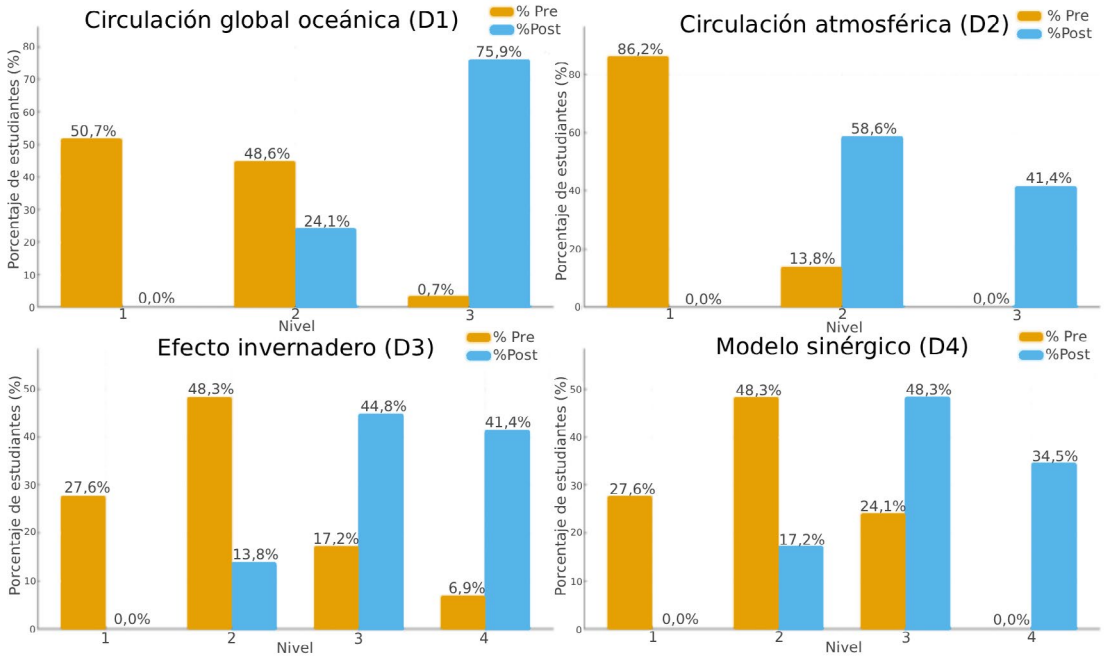


Figura 1. Comparación porcentual pretest–postest por niveles de comprensión del modelo de regulación del clima del planeta y los submodelos.

Así se puede observar cómo en el pretest las respuestas se concentran en los niveles más bajos, caracterizados por explicaciones parciales, locales o lineales; por ejemplo, atribuir el cambio climático únicamente al aumento de la contaminación por gases, sin relacionarlo con el balance energético ni con el papel del océano y la atmósfera, o describir las circulaciones como "vientos/corrientes que se mueven" sin su carácter global ni su función en el transporte de calor. Y en el postest, se observa una disminución clara de estos niveles y un desplazamiento hacia niveles superiores, donde el alumnado incorpora mecanismos más completos y, en mayor medida, relaciones entre la circulación global oceánica, la

circulación atmosférica y el efecto invernadero, lo que apunta a una comprensión más sinérgica del fenómeno. En concreto, en circulación global oceánica (D1), el alumnado pasa de concentrarse en los niveles 1 (50,7%) y 2 (48,6%) a situarse mayoritariamente en el nivel 3 (75,9%), desapareciendo el nivel 1 (0%) y quedando un 24,1% en el nivel 2. En circulación atmosférica (D2) el cambio es aún más marcado: del 86,2% en nivel 1 y 13,8% en nivel 2 se pasa a un 0% en nivel 1, con el alumnado distribuido entre nivel 2 (58,6%) y nivel 3 (41,4%). En contraste, el efecto invernadero (D3) y, sobre todo, la integración sinérgica (D4) muestran una progresión clara, pero con mayor heterogeneidad. En D3 se pasa de una distribución mayoritaria en niveles 1–2 (27,6% y 48,3%, respectivamente) a una concentración en niveles 3–4 (44,8% y 41,4%), aunque permanece un 13,8% en nivel 2. Y en D4 el alumnado evoluciona desde niveles 1–3 (27,6%, 48,3% y 24,1%, respectivamente) hacia niveles 3–4 (48,3% y 34,5%), manteniéndose un 17,2% en nivel 2. En conjunto, los datos evidencian una progresión generalizada en todas las dimensiones, especialmente sólida en los submodelos de circulación, mientras que la integración requiere un salto cognitivo adicional: coordinar procesos de distinta naturaleza (transferencias de energía, transporte de materia y dinámicas de circulación oceánica y atmosférica) y explicitar relaciones causales entre ellos, lo que puede explicar la permanencia de una parte del alumnado en niveles intermedios cuando se le demanda articular el modelo sistémico completo.

Por tanto, los resultados ponen de manifiesto que la integración sinérgica de los submodelos continúa siendo una de las principales dificultades de aprendizaje. Aunque la mayoría del alumnado progresa hacia explicaciones más relacionales, una parte significativa permanece en niveles intermedios, especialmente en los niveles 2 y 3, lo que refleja la elevada demanda cognitiva asociada a la comprensión de sistemas climáticos complejos (Shepardson et al., 2011). Esto se observa en la D4 en respuestas de nivel 3 como la siguiente: "*Si se queman los bosques del norte de Europa, se emitirían gases de efecto invernadero. Si bien el efecto invernadero es un suceso natural de la Tierra, la acentuación de este por gases en exceso emitidos por el humano o por la quema de bosques en este caso, puede resultar muy problemático. Pues el aumento de gases de efecto invernadero podría elevar la temperatura de la Tierra. Si esto ocurre, implicaría que el hielo de los polos se derrita antes de lo debido, afectando significativamente a la circulación global oceánica, lo que haría que las temperaturas aumentaran o disminuyeran dependiendo de la zona. También, al aumentar la temperatura del aire, se ve afectada la circulación global atmosférica*". Como puede apreciarse, se establecen conexiones entre el efecto invernadero, la circulación global oceánica y la circulación atmosférica, pero estas relaciones siguen organizándose de forma principalmente lineal y no llegan aún a configurar un modelo plenamente integrado de la regulación del clima.

El estudio llevado a cabo sugiere que la comprensión integrada de la regulación del clima del planeta no se alcanza únicamente mediante la introducción de los distintos submodelos, sino que requiere oportunidades reiteradas para su articulación, revisión y conexión explícita (Schwarz et al., 2009). En este sentido, la persistencia de explicaciones parciales evidencia tanto la resistencia de ciertas concepciones iniciales como las dificultades derivadas de un tratamiento curricular fragmentado del clima, lo que refuerza la necesidad de abordar este fenómeno como un sistema desde etapas tempranas y de diseñar secuencias basadas en la modelización como la presentada en este estudio (Shepardson et al., 2011).

CONCLUSIONES

El presente estudio aporta evidencias empíricas sobre el potencial de una SEA basada en la modelización para favorecer la comprensión de la regulación del clima del planeta en alumnado de Bachillerato. A partir de un análisis integrado de tipo cuantitativo y cualitativo, los resultados muestran una progresión significativa tras la intervención, evidenciando avances en el alumnado de los distintos submodelos que conforman este fenómeno complejo.

El análisis pretest–postest mediante el test de Wilcoxon confirma una mejora significativa en las respuestas todas las dimensiones evaluadas, mientras que el análisis de frecuencias permite interpretar dicha mejora como un desplazamiento de dichas respuestas hacia niveles de mayor complejidad

explicativa. En conjunto, los resultados indican que el alumnado avanza desde explicaciones iniciales fragmentadas o descriptivas hacia modelos más relacionales y funcionales, especialmente en las dimensiones asociadas a la circulación oceánica y atmosférica.

No obstante, los resultados evidencian que la progresión del alumnado no es homogénea, especialmente en el efecto invernadero y, sobre todo, en la integración sinérgica de submodelos, donde persisten explicaciones parciales y dificultades para coordinar cambios de masa y energía en un marco sistémico (Shepardson et al., 2011). Desde una perspectiva didáctica, estos hallazgos orientan el rediseño de la SEA para el segundo ciclo de implementación hacia un refuerzo específico de los apoyos destinados a favorecer la integración entre procesos y la explicitación causal de sus relaciones. En términos generales, se prevé reorganizar algunas tareas para reducir las desconexiones entre actividades, incorporando transiciones conceptuales más claras, y reforzar el trabajo con evidencias mediante actividades en las que el alumnado tenga que observar, contrastar e interpretar datos, imágenes o representaciones en pequeños grupos para justificar sus explicaciones. En conjunto, se buscarán cambios para facilitar el paso desde la comprensión de los submodelos por separado hacia su articulación en un modelo escolar de regulación climática más coherente e integrado.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación- Proyectos de Generación de Conocimiento/ Proyecto PID2022-136353NB-I00.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación científica. Educación Química, 23(1), 1–9. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9.

Brenes-Cuevas, C., Armario, M., y Jiménez-Tenorio, N. (2024). *Elaboración y validación de una rúbrica para evaluar las ideas sobre la regulación del clima.* SIEC

Justi, R., y Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education, 24*(4), 369–387.

Lombardi, D., y Sinatra, G. M. (2012). College students' perceptions about the plausibility of human-induced climate change. *Research in Science Education, 42*, 201–221.

Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 37*(2), 5–24. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648

Oliva, J. M., y Aragón, L. (2024). *Investigación basada en diseño en didáctica de las ciencias*. RODIN.

Payne, D. L., y Marrero, M. E. (2021). Ocean literacy: From a ripple to a wave. En K. C. Koutsopoulos & J. H. Stel (Eds.), *Ocean literacy: Understanding the ocean* (pp. 17–32). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70155-0_2

Sabine, C. L., et al. (2004). The oceanic sink for anthropogenic CO_2. *Science, 305*(5682), 367–371.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 632–654.

Shepardson, D., Niyogi, D., Choi, S., y Charusombat, U. (2011). Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change, 104*(3), 481–507. https://doi.org/10.1007/s10584-009-9786-9

Siegel, S., y Castellan, N. J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.). McGraw-Hill.

¿Qué quiero aprender sobre las aves? Análisis del contenido y la demanda cognitiva de las preguntas de 2º de Primaria sobre avifauna urbana

Beatriz Bravo, Marta Castellar, Lucía Domínguez, Leticia Flores, Clara Megías, Aikaterini Psegiannaki

Universidad Autónoma de Madrid. España

*Correspondencia: beatriz.bravo@uam.es

RESUMEN: Este trabajo analiza las preguntas formuladas por alumnado de 2º de Educación Primaria, en el marco de un proyecto educativo sobre aves urbanas, con el objetivo de identificar tanto los contenidos científicos que desean conocer como la demanda cognitiva de sus cuestiones. Participó alumnado (N=106) de cinco clases de dos centros públicos urbanos, quienes generaron un total de 278 preguntas. Se realizó un análisis cualitativo de contenido para clasificar las preguntas según el conocimiento solicitado sobre las aves y su nivel de demanda cognitiva, complementado con un análisis descriptivo de frecuencias. Los resultados muestran un predominio de las preguntas relacionadas con contenidos sobre la función de relación y sus características generales, como tamaño o número de huevos, así como una mayor presencia de demandas declarativas y descriptivas, frente a causales, predictivas y de aplicación. Estos resultados permiten identificar tanto el conocimiento que busca adquirir el alumnado como el tipo de razonamiento que predomina en sus aulas. Además, favorece un diseño de actividades enfocadas a responder a sus intereses, promoviendo su adquisición de conocimiento científico y su formulación de preguntas.

PALABRAS CLAVE: aves urbanas, formulación de preguntas, demanda cognitiva, educación primaria

ABSTRACT: This study analyses the questions formulated by second-grade primary school students within the framework of an educational project on urban birds, with the aim of identifying both the scientific content they wish to learn and the cognitive demand of their questions. A total of 106 students from five classes of two urban public schools participated in the study, generating 278. A qualitative content analysis was conducted to classify the questions according to the knowledge requested about birds and their level of cognitive demand, complemented by a descriptive frequency analysis. The results show a predominance of questions related to the relational function of birds and their general characteristics, such as size or number of eggs, as well as a greater presence of declarative and descriptive demands compared to causal, predictive, and application-based questions. These findings make it possible to identify students' interests and recognize the type of reasoning that predominates in the classroom. Besides, these results enable us to design learning activities that address students' interests while promoting their knowledge acquisition and their formulation of questions.

KEYWORDS: urban birds, question formulation, cognitive challenge, primary education

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, con los continuos cambios sociales y el papel que la ciencia juega en ellos, desarrollar la destreza de formular preguntas se ha convertido en una pieza clave en la adquisición de la alfabetización científica (Ferrés-Gurt, 2017), ya que se consigue que se conecte con la realidad del estudiantado sirviéndole como herramienta para interpretar y comprender su mundo, y no solo como un contenido a adquirir (Tena y Couso, 2023). Hughes y Marhatta (2023) ponen de manifiesto en su trabajo que el alumnado que formula preguntas tiene mejor desempeño en ciencias que el que no tiene la oportunidad. Zeegers y Elliot (2019) conectan esta mejora con el hecho de que formular preguntas ayuda al estudiantado a identificar aquello que quiere saber, al identificar las lagunas en su conocimiento. Además, le ayuda, a medida que resuelve sus interrogantes iniciales, a generar nuevas

cuestiones, desarrollando un razonamiento científico cada vez mayor. Este hecho también contribuye a aumentar su curiosidad y su implicación en el aprendizaje (Causey y Spencer, 2024). Todo ello ha hecho que el estudio de las preguntas sea de interés para la comunidad educativa, siendo mayor el número de estudios que investigan sobre la formulación de preguntas en el alumnado de Educación Secundaria y de Universidad frente al de Educación Primaria (Cousey y Spencer, 2024; Ferrés-Gurt, 2017; Hughes y Marhatta, 2023). Aun así, podemos encontrar ejemplos realizados en primaria como Hughes y Marhatta (2023) y Tena y Couso (2023), pero todos ellos se centran en alumnado de segundo y tercer ciclo. Es por ello, que en este trabajo dirigimos nuestra atención a las preguntas realizadas por el alumnado del primer ciclo, en concreto 2º de Educación Primaria.

Esta investigación forma parte de un proyecto más amplio "Las aves como vecinas, exploraciones en torno a la reconciliación ecológica en la Comunidad de Madrid" cuyo objetivo es acercar las aves urbanas y periurbanas al alumnado para que comprendan el papel que estas desempeñan en la conservación de los entornos que recorren a diario, favoreciendo, a su vez, la creación de un vínculo afectivo que promueva su cuidado y preservación (Puig y Casas, 2017). Sobre todo, en el contexto urbano actual, donde las experiencias con la naturaleza se han visto reducidas. Para conseguirlo, se propone acercar al alumnado a las aves de su entorno ya que representan un recurso pedagógico de gran potencial al ser visibles, accesibles y poseer un papel ecológico clave. Para ello se emplea la metodología *Desing for Change* (Speicher, 2017), apoyada en cuatro pasos: sentir (identificar un problema del entorno para la mejora del bienestar colectivo), imaginar (diseñar soluciones creativas de manera conjunta), hacer (crear un plan de acción) y compartir (animar a difundir sus proyectos para inspirar a otros). A partir de estos pasos, se busca que alumnado y profesorado participen en la mejora del mundo a través de su implicación. Esto hace que, el papel del alumnado, en la fase de sentir, sea crucial, ya que, mediante sus interrogantes, se determina qué trabajar y cómo. Por ello, sus preguntas son un elemento clave de la propuesta educativa, ya que ayudan a identificar los núcleos de interés guían en el diseño de las actividades, el prototipado de los recursos y las estrategias docentes a desarrollar (Bravo-Torija et al., 2025). A lo anterior se suma que identificar la demanda cognitiva de las preguntas del estudiantado nos ayuda a conocer cómo este se aproxima al conocimiento científico, sirviéndonos de guía para acompañarle en el proceso (Tena y Couso, 2023). Las preguntas de investigación son:

- ¿Qué conocimientos sobre las aves solicita aprender el alumnado de 2º de Educación Primaria con sus preguntas?
- ¿Qué demanda cognitiva presentan las preguntas formuladas por el alumnado?
- ¿Qué relación existe entre el conocimiento solicitado por el alumnado y la demanda de las preguntas que realizan?

METODOLOGÍA

Participantes

Los participantes del estudio son 106 alumnos y alumnas de 2º de Educación Primaria de un total de cinco clases de dos centros **públicos urbanos de la Comunidad de Madrid**. Estos participan en el proyecto AVECINAS Madrid junto con sus docentes.

Recogida y análisis de datos

El proyecto comienza mostrando al alumnado un vídeo en que un detective les pide ayuda para conocer más sobre las aves de su entorno, y para ello les solicita conocer qué preguntas tienen sobre las aves y qué saben sobre ellas. Posteriormente, para recoger esta información inicial, se solicitó al estudiante por una parte que escribiera todas las preguntas que tenía sobre las aves y por otra que realizara un dibujo de un ave incorporando en el dibujo todos los detalles que fueran capaces de expresar. Dado los

objetivos de este trabajo, los datos analizados son las preguntas realizadas por los y las participantes. Debido a que la mayoría formuló **más de una pregunta,** el número de cuestiones analizadas es superior al número de participantes, en concreto se recogieron 278 preguntas.

La metodología empleada es, principalmente, de corte cualitativo, basado en análisis recurrente de contenido (Mayring, 2021). Asimismo, la amplitud de la muestra permitió hacer un estudio descriptivo para determinar qué relación existe entre los contenidos a los que hacen referencia las preguntas y sus demandas. Para el análisis de contenido relacionado con el conocimiento que los participantes demandan sobre las aves, se construye una herramienta de análisis en interacción con los datos. Se agrupan las distintas preguntas considerando el contenido al que hacen referencia, distinguiendo entre el origen de las aves, sus funciones vitales y su interacción con el ser humano (Tabla 1).

Tabla 1. Herramienta de análisis del contenido científico al que hacen referencia las preguntas

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN
Origen	Se solicita información sobre el origen de la existencia de las aves
Características generales	Se solicita información sobre características de las aves en forma de datos concretos de su tamaño, su número, su velocidad al volar etc.
Nutrición	Se solicita información relacionada con la alimentación y la excreción de las aves
Relación	Se solicita información sobre la comunicación, desplazamiento o interacción de las aves con su medio
Reproducción	Se solicita información sobre las características de las aves en función de su género, sus huevos, su proceso de formación…
Interacción aves-ser humano	Se solicita información sobre las consecuencias que tiene las acciones humanas para las aves del entorno

Para conocer la demanda cognitiva de las preguntas, se diseña una herramienta basada en Tena y Couso (2023) y Ferrés-Gurt (2017) y se establece un orden de complejidad en la demanda cognitiva desde las cuestiones declarativas hasta las de aplicación (Tabla 2). Una vez se definen las categorías resultantes, se contrastan con las respuestas del alumnado identificando que las categorías cumplen los criterios de exhaustividad y exclusividad.

Tabla 2. Herramienta de análisis de la demanda cognitiva de las preguntas

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN
Declarativas	Demandan recordar o buscar un dato concreto, por ejemplo, de tamaño, peso o velocidad de vuelo. También se incluyen las preguntas que solo demandan una afirmación o una negación
Descriptivas	Solicitan una descripción o explicación del fenómeno planteado yendo más allá de indicar un solo dato aislado
Causales	Remiten a la explicación de los motivos que provoca un determinado suceso en el fenómeno explorado
Predictiva	Consideran qué consecuencias tendría el cambio de uno de los elementos del fenómeno en su conjunto
Aplicación	Requieren situarse en un contexto concreto y aplicar su conocimiento para resolverlo

En el ciclo de análisis se distinguen tres fases. La primera en la que se realizó la construcción y adaptación de las herramientas de análisis y su aplicación por una de las autoras del trabajo. La segunda, en la que otras dos autoras, de forma independiente, analizaron una muestra representativa

de preguntas, empleando las mismas herramientas de análisis. Se contrastaron los resultados obtenidos por las tres autoras, y se encontró en el análisis de contenido una coincidencia del 93% y en el de demanda cognitiva, un 55% con una de ellas, y un 99% con la otra. Se identificó que el problema se encontraba en la distinción entre la demanda declarativa y la descriptiva, modificándose la descripción de ambas para establecer diferencias claras entre ellas. Por último, se reanalizó la demanda cognitiva, encontrando ahora un 97% de acuerdo y se estableció la relación entre el análisis del contenido de las preguntas y su demanda, para identificar si existe alguna relación entre el contenido y el tipo de demanda, considerando qué tipo de razonamiento se favorece en cada caso.

RESULTADOS

Respecto a los resultados relacionados con el contenido (Tabla 3), predominan las preguntas sobre aspectos relacionados con la función relación (102), en concreto cuestiones que, requieren establecer conexiones entre las partes de las aves y su función como el papel de las alas en el vuelo. La segunda está relacionada con conocer características de las aves como su tamaño, su peso, los kilómetros que vuelan o los años que viven (83).

Tabla 3. Resultados del análisis del contenido al que hacen referencia las preguntas analizadas

CONTENIDO	N. º PREGUNTAS	EJEMPLO
Origen de las aves	11	**¿Cómo se crearon los pájaros?**
Características generales	83	**¿Cuántos picotazos da al día (el pájaro carpintero)?**
Nutrición	54	**¿Qué come el gorrión?**
Relación	102	**¿Las aves se pueden comunicar entre ellas?**
Reproducción	22	**¿Cómo distingues a un macho de una hembra?**
Interacción aves-ser humano	6	**¿Por qué los humanos comen veneno y no mueren y los pájaros sí?**

En tercer lugar, con 54 preguntas, tenemos las relacionadas con su nutrición, en ellas se fijan en el tipo de alimentación, destacando un gran interés por conocer qué alimentos ingieren las aves. También encontramos preguntas que demandan establecer la relación entre el tipo de alimento y la forma de pico del ave, avanzando a respuestas de mayor complejidad.

Además, obtenemos un total de 22 relacionadas con la reproducción, entre la que destacan las que abordan la existencia de las diferencias entre machos y hembras o el proceso de la formación de los huevos. Por **último,** encontramos las relacionadas con origen de las aves (11), y las que solicitan información sobre la interacción entre el ser humano y el entorno (6). Los resultados muestran que, a pesar de que la presencia de las aves, su interés por las relaciones que establecen con ellas es ínfimo y, en los casos que aparece, está relacionado con acciones de los seres humano hacia ellas. No se ha encontrado ninguna que cuestione el papel de las aves en los ecosistemas urbanos que les rodean. Por ello, consideramos necesario realizar actividades para que reconozcan esa interacción.

En cuanto a la demanda cognitiva (Tabla 4), hay un claro predominio de las preguntas declarativas (118) y descriptivas (92). Resultado similar al encontrado en trabajos como Tena y Couso, (2023) y Hughes y Marhatta (2023); sin embargo, en el caso de las causales, su número es superior. Esto nos muestra que el alumnado, además de demandar datos concretos, es capaz de solicitar establecer relaciones entre estos y el fenómeno estudiado. Incluso, se identifica una pregunta predictiva. En ella cuestionan qué ocurriría con las aves si no hubiera árboles. Consideramos que, aunque este número es bajo, es un indicio de razonamiento científico complejo (Zeegers y Elliot, 2019).

Tabla 4. Resultados de la demanda cognitiva de las preguntas del alumnado de 2º de Ed. Primaria.

DEMANDA COGNITIVA	N. º PREGUNTAS	EJEMPLO
Declarativa	118	¿Cuánto mide el ave más grande del mundo?
Descriptiva	92	¿Cómo vuelan las aves?
Causal	66	¿Por qué las cacas de los pájaros son blancas?
Predictiva	1	¿Las aves podrían desaparecer si continúan destruyen árboles?
Aplicación	1	¿Por qué los humanos comen veneno y no mueren y los pájaros sí?

Para finalizar, respecto a la relación entre el contenido de las preguntas y su demanda cognitiva (Figura 1), encontramos que en "características generales" predominan las de cuestiones de tipo declarativo, requiriendo recordar o buscar una información concreta.

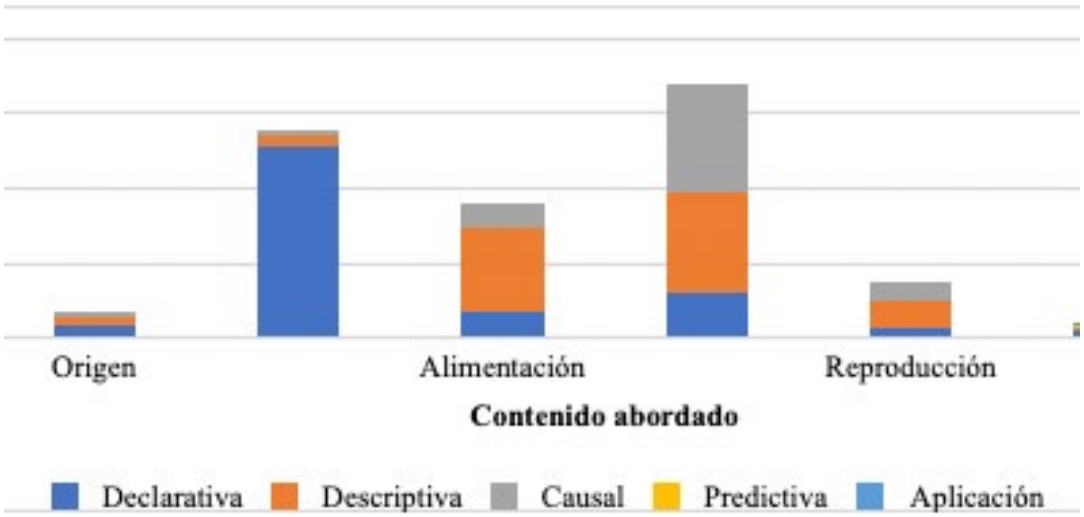


Figura 1. Relación contenidos-demandas de las preguntas analizadas

En el resto, aunque permanecen las preguntas declarativas, estas disminuyen frente a las descriptivas y las causales. En concreto, las causales son más frecuentes en las preguntas de relación puesto que en la mayoría se solicita conocer **cómo se relacionan** las aves con otros organismos o a qué son comportamientos como construir los nidos en los árboles. Solo en la interacción encontramos preguntas de los cinco tipos (Figura 1). En concreto es la única categoría en la que aparecen preguntas de predicción y aplicación. Lo que muestra que favorecer la formulación de este tipo de cuestiones puede llevar al alumnado a generar un modelo más complejo de realidad, comenzando a reconocer que organismo como las aves, que les pueden parecer "inservibles" tiene un papel clave como bioindicadores de la calidad del aire, controladores biológicos de plagas o dispersadores de semillas. Para ello, es necesario que las propuestas los lleven a trabajar estas consideraciones, de forma que puedan establecer un vínculo afectivo con ellas (Puig y Casas, 2017).

CONCLUSIONES

El análisis de las 278 preguntas formuladas por el alumnado de 2º de Educación Primaria permite identificar sus intereses y su forma de aproximarse al conocimiento científico. Los resultados muestran un predominio de cuestiones sobre la función de relación y las características generales de las aves, probablemente vinculado a su contacto cotidiano con estos animales. En cuanto a la demanda cognitiva, predominan las preguntas declarativas y descriptivas, aunque también aparecen cuestiones causales y, de forma puntual, predictivas y de aplicación, lo que sugiere formas iniciales de razonamiento científico. Asimismo, la relación entre contenido y demanda muestra que temáticas como la interacción entre el ser humano y las aves favorecen preguntas de mayor complejidad, que otras como conocer características de las aves como su tamaño o peso, que solo requieren recuperar una información.

Conocer qué preguntas formula el estudiantado, y cómo lo hace, permite orientar mejor el tratamiento del contenido científico, en este caso, las aves y su papel en el entorno cotidiano, conectando sus intereses con las actividades que se propongan en el aula. Además, este enfoque favorece la generación de nuevas preguntas a medida que van resolviendo las iniciales, contribuyendo a una mayor autonomía en el aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto PHS-2024/PH-HUM-354 AVECINAS-CM y al grupo de investigación GIECMES.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo-Torija, B., Psegiannaki, K. y Megías, C. (2025). ¿Qué aves son nuestras vecinas? Co-creación de kit educativos interdisciplinares sobre las aves en la ciudad. Comunicación presentada en el Seminario de investigación: Representaciones literarias y artísticas de las aves, celebrado el en Alcalá de Henares.

Causey, C. y Spencer, A. (2024). Student-generated questions: An exploration of an instructional strategy with young children. *Thinking skills and Creativity*, *53*, 101608. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101608.

Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka*, 14(2), 410- 426. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.09

Hughes, R. E. y Marhatta, P. (2023). Learning to ask their own questions: How elementary students develop social studies inquiry questions. *Teaching and Teacher Education*, *127*, Article 104094. https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104094

Mayring, P. (2021). *Qualitative Content Analysis: A Step-by-step Guide*. SAGE Publications.

Puig, J. y Casas, M. (2017). El impacto ambiental: Un despertar ético valioso para la educación. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, *29*(1), 101-128. https://doi.org/10.14201/teoredu2014261115140

Speicher, S. (2017). Introducción. En Sillóniz, A (Eds.). *Design for Change: Un movimiento educativo para cambiar el mundo* (pp. 9-13). SM

Tena, E. y Couso, D. (2023). El diseño de preguntas investigables en el ciclo superior de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, *41*(1), 101-123. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5573.

Zeegers, Y. y Elliott, K. (2019). Who's asking the questions in classrooms? Exploring teacher practice and student engagement in generating engaging and intellectually challenging questions. *Pedagogies*, *14*(1), 17–32. https://doi.org/10.1080/1554480X.2018.1537186

Integración STEAM mediante un Escape Room–Break Out online y su impacto afectivo y cognitivo en la formación inicial docente

Alejandro Clemente-Montañés [1], Jin Su Jeong [2] y David González-Gómez [3]*

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

[2] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

[3] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: alejandrocm@unex.es

RESUMEN: En el marco de la educación STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), la integración de metodologías activas y gamificadas constituye una estrategia clave para favorecer aprendizajes significativos y el desarrollo de competencias transversales, específicamente en la educación científico-matemática. Dentro de este enfoque, el presente estudio analiza el impacto de un Escape Room–Break Out (ERBO) online, diseñado desde una enseñanza integrada, con especial atención a contenidos científico-matemáticos, sobre el dominio cognitivo y afectivo de estudiantes del Grado en Educación Primaria. Se adoptó un diseño cuantitativo pretest–postest y se aplicaron análisis no paramétricos. La intervención consistió en un ERBO que integraba retos científico-matemáticos con recursos digitales, narrativa interactiva y dinámicas cooperativas. Se evaluaron el rendimiento cognitivo, las emociones, la autoeficacia docente percibida y la actitud hacia las matemáticas. Los resultados muestran un aumento en el número de respuestas correctas, un aumento significativo de las emociones positivas, niveles moderados de emociones negativas asociadas al desafío, una mejora en la autoeficacia para la enseñanza de contenidos matemáticos y una actitud más favorable hacia el aprendizaje de las matemáticas. En conjunto, los hallazgos sugieren que el ERBO online actúa como un catalizador emocional y motivacional. Desde una perspectiva STEAM, la integración de retos científico-matemáticos, narrativa digital y trabajo cooperativo contribuye a generar experiencias formativas coherentes con los principios de interdisciplinariedad e innovación educativa, reforzando la preparación profesional de los futuros docentes.

PALABRAS CLAVE: Educación STEAM; Matemáticas; Gamificación; Dominio Cognitivo y Afectivo; Escape Room-Break Out.

ABSTRACT: In the context of STEAM education (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), the integration of active and gamified methodologies is a key strategy for promoting meaningful learning and the development of cross-curricular skills, specifically in science and mathematics education. Within this approach, this study analyzes the impact of an online Escape Room–Break Out (ERBO), designed with an integrated approach to teaching, with a special focus on science and math content, on the cognitive and affective domains of students in the Primary Education Degree program. A quantitative pretest–postest design was adopted and non-parametric analyses were applied. The intervention consisted of an ERBO that integrated scientific and mathematical challenges with digital resources, interactive narrative, and cooperative dynamics. Cognitive performance, emotions, perceived teaching self-efficacy, and attitude toward mathematics were evaluated. The results show an increase in the number of correct answers, a significant increase in positive emotions, moderate levels of negative emotions associated with the challenge, an improvement in self-efficacy for teaching mathematical content, and a more favorable attitude toward learning mathematics. Overall, the findings suggest that online ERBO acts as an emotional and motivational catalyst. From a STEAM perspective, the integration of mathematical challenges, digital narrative, and cooperative work contributes to generating educational experiences consistent with the principles of interdisciplinarity and educational

innovation, reinforcing the professional preparation of future teachers.

KEYWORDS: STEAM education; Mathematics; Gamification; Cognitive and Affective Domain; Escape Room-Break Out.

INTRODUCCIÓN

En el contexto educativo actual, los enfoques educativos basados en las STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) han adquirido una relevancia creciente al promover una visión integrada del conocimiento que favorece la creatividad, la innovación y el desarrollo de competencias transversales (Jeong y González-Gómez, 2025). Desde esta perspectiva, el aprendizaje se concibe como un proceso interdisciplinar en el que las ciencias y las matemáticas ocupan un papel central que funcionan como disciplina científica fundamental y como lenguaje transversal que conecta y articula el resto de las áreas (Capell Masip et al., 2017). La incorporación de metodologías activas se ha consolidado como una vía eficaz para responder a las demandas de la educación STEAM al situar al alumnado en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje y promover su participación (González, 2016). Entre estas metodologías, la gamificación destaca por su capacidad para integrar elementos propios del juego en contextos educativos, favoreciendo el aprendizaje significativo y la implicación del alumnado (Papastergiou, 2009). En consecuencia, el Escape Room–Break Out (ERBO) online se ha consolidado como una herramienta didáctica especialmente adecuada para contextos STEAM al combinar resolución de problemas, trabajo cooperativo, narrativa y uso de tecnologías digitales (Capell Masip et al., 2017). Al mismo tiempo, el carácter cooperativo y lúdico de estas actividades favorece la interacción social, la comunicación y la construcción compartida del conocimiento, elementos clave en los enfoques STEAM contemporáneos (Nebot y Campos, 2017). Además, la modalidad online del ERBO amplía las posibilidades de diseño y facilita su integración en contextos formativos diversos (Phelps y Vlachopoulos, 2019). Estos entornos virtuales permiten incorporar recursos multimedia, herramientas interactivas y dinámicas digitales que refuerzan el componente tecnológico del enfoque STEAM y fomentan la autonomía del alumnado.

Desde el punto de vista cognitivo, el ERBO online ayuda la activación de procesos complejos relacionados con la comprensión, la aplicación y la transferencia de conocimientos científico-matemáticos. No obstante, este aprendizaje continúa estando condicionado por experiencias cognitivas y afectivas negativas (Cuadra et al., 2017). Variables como la ansiedad, las actitudes desfavorables o la baja percepción de competencia influyen de manera significativa en la implicación y rendimiento del alumnado, así como en la futura práctica docente (Socas, 2011). Desde una perspectiva afectiva, estas experiencias generan contextos emocionalmente significativos, en los que se potencian emociones positivas asociadas al desafío, la cooperación y el logro, reduciendo la ansiedad y el miedo al error tradicionalmente vinculados al aprendizaje matemático (Vergne et al., 2019). En este contexto, la formación inicial del profesorado adquiere una alta relevancia, ya que las concepciones, emociones y creencias que los futuros docentes construyen en relación con las matemáticas y las ciencias tienden a reproducirse posteriormente en el aula (Perry, 2011). En consecuencia, analizar los cambios en el dominio cognitivo y afectivo tras la implementación de un ERBO online gamificado, dentro del marco de las STEAM y con especial atención a las matemáticas como disciplina central, resulta clave para comprender su potencial educativo y su contribución al desarrollo de competencias educativas actuales.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en el marco de la asignatura “Matemáticas y su Didáctica” y “Materia y Energía”, correspondiente al segundo curso del Grado en Educación Primaria en modalidad bilingüe. Participaron 25 estudiantes de manera voluntaria, quienes antes y después de la experiencia, cumplimentaron un cuestionario con escala Likert de cinco puntos, desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo), destinado a medir emociones, autoeficacia percibida en matemáticas y actitudes hacia el aprendizaje gamificado. Además, existe otra sección en el cuestionario para evaluar el dominio cognitivo, que cuenta con 10 preguntas teóricas con 4 respuestas, siendo 1 sola la correcta. El

cuestionario se facilitó mediante un código QR disponible en el campus virtual, realizándose de forma individual y anónima, con el previo consentimiento informado conforme a la aprobación del comité ético universitario (35/2025).

La intervención consistió en un ERBO en formato online titulado «Break 'em all!», diseñado como una experiencia estructurada que integraba contenidos científico-matemáticos en una narrativa temática ambientada en un videojuego (Figura 1). La propuesta se organizó en cuatro retos consecutivos vinculados a contenidos fundamentales, como jerarquización numérica, notación científica o propiedades de operaciones. El progreso en la actividad requería la resolución de retos y acertijos, accediendo finalmente a abrir un candado digital. El diseño incorporó herramientas digitales y recursos multimedia como soporte. Finalmente, esta actividad se realizó en las últimas semanas lectivas, ya habiendo trabajado los contenidos del plan docente.

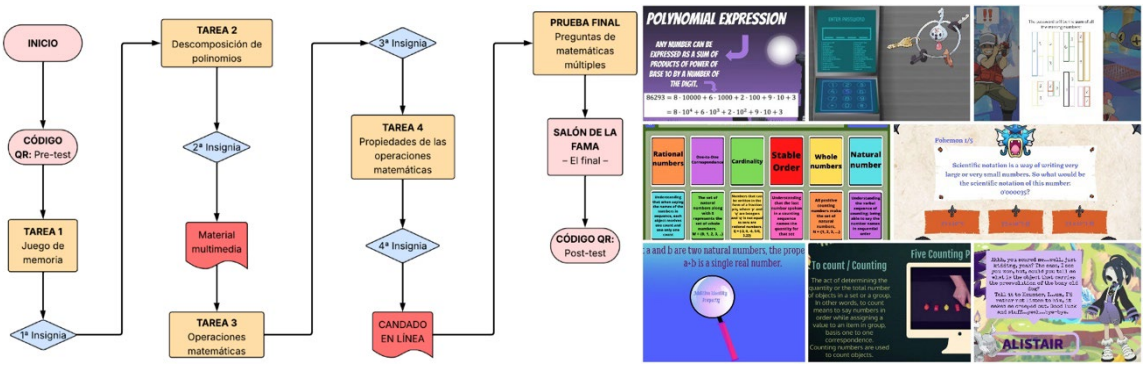


Figura 1. Compilación de pruebas y mecánicas del ERBO online

RESULTADOS

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando Microsoft Excel y el software Jamovi (versión 2.6.26). El coeficiente del alfa de Cronbach alcanzó un valor de 0,895, indicando una consistencia interna alta y, por consecuencia, adecuado para la investigación. En general, los resultados del análisis de los datos revelaron una serie de resultados significativos. En el dominio cognitivo (TC) hubo un incremento en las respuestas correctas en todos los ítems. Por ejemplo, en el TC_2 los aciertos pasaron de 18 en el pretest a 21 en el postest, siendo 25 el máximo puntuaje de respuestas correctas. De manera similar a los del TC_3, de 17 a 21 aciertos. En resumen, los resultados del pretest eran elevados, no obstante estos mejoraron tras la intervención. En el dominio afectivo, en concreto las emociones, ocurre una situación similar. Las emociones positivas ofrecían puntuaciones altas, pero tras el ERBO alcanzaron las puntuaciones máximas. En las emociones negativas existe un pequeño incremento en la frustración y ansiedad. Sin embargo, estas sensaciones son inherentes al juego y sin ellas habría una pérdida del interés y sentido al juego. Los ítems que valoraban la autoeficacia (SE) ofrecieron un incremento en casi todos los apartados, demostrando así que los participantes se ven a sí mismos capaces de enfrentarse a retos matemáticos del día a día. Por ejemplo, el ítem SE_3, que medía la habilidad para enseñar matemáticas, contaba con un valor de 3,52 y cambió a 3,96 en el postest (Figura 2).

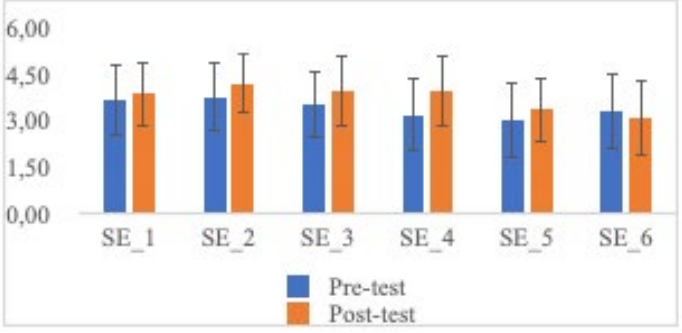


Figura 2. Diferencia entre los ítems de autoeficacia pretest y postest

En cuanto a la actitud (AT), concuerda con la evolución de las variables anteriores y se presenta una evolución positiva en todos los ítems (Figura 3). Específicamente, en el ítem AT_2 que se refería al gusto de actividades matemáticas, tenía una puntuación de 3,40 en el pretest y en el postest subió a 3,82. Además, el ítem AT_6, que pone en valor la preferencia del ERBO en la clase, ya era alto con un valor de 3,92, este subió aún más alcanzando un 4,48. Estos datos reflejan una mejora positiva en actitud hacia las matemáticas y el modelo de enseñanza de estas.

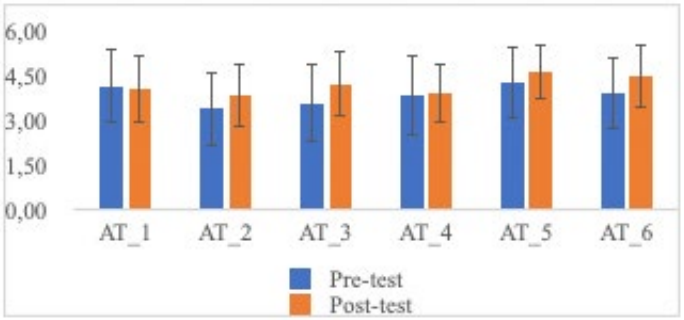


Figura 3. Diferencia entre los ítems de actitud pretest y postest

Por otra parte, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk y dado que ninguna de las variables cumplía el supuesto de normalidad ($p > 0,05$), se decidió utilizar pruebas no paramétricas (U de Mann-Whitney) en el análisis. Finalmente, se obtuvieron los valores *p* y el tamaño del efecto. Para este estudio, el tamaño del efecto fue evaluado a través del cálculo de la correlación rango-biseral (r_{rb}). Algunos de los resultados más significativos evidencian cambios relevantes en el dominio afectivo tras la implementación del ERBO online (Tabla 1). En concreto, se observó una disminución significativa del nerviosismo y una mejora significativa en la habilidad percibida para enseñar matemáticas correctamente, ambos con tamaños del efecto medianos. En el resto de las variables se apreciaron tendencias de mejora, aunque sin alcanzar significación estadística ($p > 0,05$). En conjunto, los resultados indican un impacto especialmente relevante en la reducción de emociones negativas y en el fortalecimiento de la autoeficacia docente.

Tabla 1. Resumen de los resultados clave de la intervención de ERBO online

VARIABLE	MEDIANA		VALOR-*P*	TAMAÑO DEL EFECTO (r_{rb})
	Pre	Post		
PE_3: Confianza	3,00	4,00	0,103	|-0,469| (Pequeño)
NE_1: Nerviosismo	3,00	2,00	0,047	0,578 (Mediano)
SE_4: Habilidad para enseñar matemáticas correctamente	4,00	4,00	0,025	|-0,653| (Mediano)
SE_6: Las matemáticas son fáciles	3,00	3,00	0,572	0,161 (Pequeño)
AT_3: Buena enseñanza mejora la adquisición de contenidos matemáticos	4,00	5,00	0,072	|-0,520| (Mediano)
AT_6: Preferencia de ERBO frente a una clase tradicional de matemáticas	4,00	5,00	0,088	|-0,492| (Pequeño)

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten analizar el impacto del ERBO online desde una doble perspectiva: cognitiva y afectiva. En el plano cognitivo, las mejoras observadas fueron limitadas, lo que puede explicarse por el elevado nivel de conocimientos previos del alumnado, que ya había trabajado los contenidos a lo largo del desarrollo de las asignaturas. En este sentido, más que generar nuevos

aprendizajes conceptuales, el ERBO parece haber actuado como un recurso de consolidación y refuerzo, favoreciendo la revisión de contenidos y el aumento del atractivo.

En contraste, los efectos más consistentes se localizaron en el dominio afectivo. La disminución significativa del nerviosismo indica que el entorno gamificado contribuyó a reducir la activación emocional negativa asociada al aprendizaje matemático y científico. Este resultado es especialmente relevante si se considera que la ansiedad en las asignaturas de ciencias constituye una de las principales barreras en la formación del profesorado (Socas, 2011; Cuadra et al., 2017). En línea con Nicholson (2018), la estructura lúdica, el componente narrativo y la resolución cooperativa de retos parecen favorecer una reinterpretación del error como parte del proceso, mitigando percepciones de amenaza vinculadas tradicionalmente a la disciplina. Asimismo, el incremento significativo en la percepción de habilidad para enseñar matemáticas correctamente pone de manifiesto un fortalecimiento de la autoeficacia docente. Este aspecto concuerda con el estudio de Perry (2011), que establece que las creencias de competencia influyen directamente en la futura práctica profesional. El ERBO no solo facilitó la implicación activa del alumnado, sino que generó un contexto de desempeño exitoso que pudo reforzar la confianza pedagógica, coherentemente con lo señalado por Saçkes et al. (2012) sobre el potencial de las metodologías activas para promover autonomía y motivación. Aunque las variables relacionadas con la confianza general y la actitud hacia la enseñanza y el uso del ERBO mostraron tendencias positivas, no alcanzaron significación estadística. Este resultado puede interpretarse desde dos perspectivas complementarias: por un lado, el tamaño muestral puede haber limitado la potencia estadística; por otro, las actitudes suelen presentar mayor estabilidad estructural y requieren intervenciones más prolongadas para evidenciar cambios significativos. No obstante, la dirección de los cambios observados resulta coherente con investigaciones que señalan la preferencia del alumnado por enfoques pedagógicos innovadores y digitalmente integrados (Cuadra et al., 2017).

Desde una perspectiva STEAM, la implementación del ERBO online integra resolución de problemas científico-matemáticos, creatividad digital, pensamiento crítico y narrativa (Capell Masip et al., 2017). La convergencia de estos componentes favorece el desarrollo de competencias transversales que trascienden el contenido disciplinar y promueven aproximaciones más significativas a las tareas matemáticas (Muñiz-Rodríguez et al., 2021). En este sentido, el impacto observado en la dimensión afectiva puede interpretarse como un facilitador indirecto del aprendizaje interdisciplinar, ya que un clima emocional positivo y una mayor autoeficacia constituyen condiciones necesarias para la implicación sostenida en contextos STEAM complejos. En conjunto, los hallazgos sugieren que el ERBO online, más que transformar de manera inmediata el rendimiento cognitivo, actúa como catalizador emocional y motivacional en la formación inicial del profesorado, contribuyendo a crear una relación más constructiva en la educación científico-matemáticas.

CONCLUSIÓN

La implementación de un ERBO online, diseñado desde una enseñanza integrada, se establece como una propuesta de gamificación didáctica con alto potencial para mejorar tanto el dominio cognitivo, como la dimensión afectiva del futuro profesorado de Educación Primaria, favoreciendo contextos de aprendizaje matemático emocionalmente más seguros y motivadores. Más que obtener ganancias cognitivas significativas en un contexto de conocimientos previos elevados, la experiencia funciona como práctica de consolidación y de reconstrucción de la relación del alumnado con las matemáticas y su enseñanza. Desde una perspectiva formativa, este tipo de propuestas contribuye a fortalecer la autoeficacia docente vinculada a la enseñanza de contenidos científico-matemáticos, condición clave para transformar prácticas futuras en el aula.

En términos prospectivos, resulta necesario avanzar hacia estudios con muestras más amplias, diseños longitudinales y comparaciones entre distintas modalidades de gamificación y propuestas STEAM, que permitan valorar la sostenibilidad de los efectos afectivos y su posible traducción en mejoras de competencias científico-matemáticas. Asimismo, se abre una línea de trabajo orientada a explorar cómo integrar de forma sistemática experiencias tipo ERBO en los planes de estudio de la formación inicial docente, analizando su impacto sobre otras competencias transversales (colaboración, pensamiento

crítico, creatividad) y sobre la construcción de una identidad profesional más segura y comprometida con la innovación educativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capell Masip, N., Tejada Fernández, J. y Bosco, A. (2017). Los videojuegos como medio de aprendizaje: Un estudio de caso en matemáticas en Educación Primaria. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, *51*, 133-150. https://doi.org/10.12795/pixelbit.2017.i51.09

Cuadra, F. G., Prados, T. T. y Medina, A. B. M. (2017). Motivación en matemáticas de estudiantes de primaria. *International Journal of Developmental and Educational Psychology Revista INFAD De Psicología*, *1*(1), 85. https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v1.901

González, M. T. G. (2016). El Alumno ante la Escuela y su Propio Aprendizaje: Algunas Líneas de Investigación en Torno al Concepto de Implicación. *REICE Revista Iberoamericana Sobre Calidad Eficacia Y Cambio En Educación*, *8*(4). https://doi.org/10.15366/reice2010.8.4.001

Jeong, J. S. y González-Gómez, D. (2025). Examining the impact of flipped classroom learning (FCL) and gamified-flipped classroom learning (G-FCL) on students' attitudes and emotions toward learning in a university course. Active Learning in Higher Education, 14697874251347184. https://doi.org/10.1177/14697874251347184

Muñiz-Rodríguez, L., Fernández, R. C. C. Guajardo, A. C. A., Cordero, N. R. y Álvarez, E. A. (2021). La enseñanza de las matemáticas y la música a través de un escape room: Una propuesta para fomentar el aprendizaje interdisciplinar. Números: *Revista de didáctica de las matemáticas*, *108*, 309-330. http://funes.uniandes.edu.co/23621/

Nebot, P. D. D. y Campos, N. V. (2017). Escape Room: Gamificación educativa para el aprendizaje de las matemáticas. *Suma: Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*, *85*, 33-40. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6127568

Nicholson, S. (2018). Creating engaging escape rooms for the classroom. *Childhood Education*, *94*(1), 44–49. https://doi.org/10.1080/00094056.2018.1420363

Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, *52*(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004

Perry, C. (2011). Motivation and attitude of preservice elementary teachers toward mathematics. *School Science and Mathematics*, *111*(1), 2-10. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2010.00054.x

Phelps, A. y Vlachopoulos, D. (2019). Successful transition to synchronous learning environments in distance education: A research on entry-level synchronous facilitator competencies. *Education and Information Technologies*, *25*(3), 1511-1527. https://doi.org/10.1007/s10639-019-09989-x

Saçkes, M., Flevares, L. M., Gonya, J. y Trundle, K. C. (2012). Preservice Early Childhood Teachers' Sense of Efficacy for Integrating Mathematics and Science: Impact of a Methods Course. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, *33*(4), 349-364. https://doi.org/10.1080/10901027.2012.732666

Socas, M. M. (2011). Aprendizaje y enseñanza de las Matemáticas en Educación Primaria. Buenas prácticas. *Educatio Siglo XXI: Revista de La Facultad de Educación*, *29*(2), 199-224. https://revistas.um.es/educatio/article/view/133031

Vergne, M. J., Simmons, J. D. y Bowen, R. S. (2019). Escape the lab: An interactive escape-room game as a laboratory experiment. *Journal of Chemical Education*, *96*(5), 985-991. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b01023

Implementación y validación de una SEA con alumnado de primaria en la charca escolar: de la teoría a la realidad

Edorta del Ser Lorente[1], *Lidia Caño Pérez*[1]

[1]Departamento de Didáctica de las Matemáticas, Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU).

*Correspondencia: edorta.delser@ehu.eus

RESUMEN: En este trabajo se evalúa el potencial de una SEA sobre la charca escolar para la mejora de la comprensión del modelo de red ecológica y del conocimiento de los seres vivos en 4º de primaria. Con el fin de extraer claves de mejora para futuras iteraciones, se realiza un análisis de la utilidad y confiabilidad de la SEA de manera preliminar. Para ello se analizó el proceso de implementación en dos escuelas, los resultados de aprendizaje de los 96 estudiantes participantes y las entrevistas realizadas a las 4 maestras implicadas. Tras la implementación se observó una mejora en el conocimiento de los organismos y en la representación de interacciones tróficas y no tróficas. A partir de la observación del proceso de implementación y de las entrevistas se han identificado elementos para mejorar y estandarizar la metodología de implementación, la guía de la docente y el material del alumnado. Se concluye que la optimización de la eficacia de la SEA requiere establecer un proceso sostenido de formación y acompañamiento de los/as docentes y de capacitarles para el desarrollo y mejora de manera autónoma de la SEA.

PALABRAS CLAVE: red ecológica; charca escolar; educación primaria; implementación; colaboración docente-investigador

ABSTRACT: This study evaluates the potential of a TLS centered on the school pond to improve fourth-grade students' understanding of ecological network models and their knowledge of living organisms. To identify areas for improvement in future iterations, a preliminary analysis of the TLS's usefulness and reliability was conducted. To this end, we analysed the implementation process in two schools, the learning outcomes of the 96 participating students, and interviews conducted with the four teachers involved. After the implementation, we observed an improvement in knowledge of organisms and in the representation of trophic and non-trophic interactions. Based on observations of the implementation process and the interviews, elements have been identified to improve and standardize the implementation methodology, the teacher's guide, and the student materials. It is concluded that optimizing the effectiveness of the TLS requires establishing a sustained process of training and support for teachers and empowering them to independently develop and improve the TLS.

KEYWORDS: ecological network; school pond; elementary education; implementation; teacher-researcher collaboration

INTRODUCCIÓN

Ante las actuales crisis ecológicas asociadas al cambio climático y la pérdida de biodiversidad es imprescindible garantizar la alfabetización ecológica durante la educación básica. Para ello los/as estudiantes deben conocer las interacciones complejas que se producen en los sistemas naturales, pero también entre éstos y las sociedades humanas. Es decir, para poder interpretar fenómenos ecológicos el alumnado necesita construir un modelo y desarrollar su pensamiento sistémico. El modelo de ecosistema incluye el estudio de sus componentes bióticos y abióticos, las relaciones de interdependencia entre ellos y los cambios y dinámicas que se producen en el sistema respecto a sus componentes y funciones. En la escuela, la interacción entre organismos se aborda tradicionalmente desde el modelo de la red trófica. Sin embargo, a la hora de predecir las consecuencias de la pérdida de biodiversidad, es necesario

considerar otros tipos de relaciones bióticas de interdependencia (mutualismo, comensalismo...) que pueden afectar a la supervivencia de las especies, introduciendo así el modelo de red ecológica.

La charca escolar es una herramienta didáctica que permite el estudio de primera mano de entornos cercanos, el contacto directo con la naturaleza y genera un vínculo emocional hacia el entorno y hacia el objeto de aprendizaje. En el País Vasco actualmente hay más de 40 escuelas con charca, formando la Red de Escuelas con Charca (Red EUS, https://www.urmaelaeskolan.eus/), por lo que hay una demanda creciente de formación sobre el uso didáctico de este recurso por parte del profesorado. Aunque el profesorado fomenta procedimientos como la observación y toma de datos se ha detectado la necesidad de ampliar esas propuestas para promover otros procedimientos implicados en la indagación auténtica, así como las prácticas de modelización y argumentación (Sanz et al., 2025). En este sentido, en el grupo HEKOSARE se están desarrollando diferentes propuestas desde la Investigación Basada en el Diseño (IBD) para el uso didáctico de la charca escolar en la formación de docentes y de alumnado de Educación Primaria y Secundaria.

En este trabajo presentamos y evaluamos de manera preliminar una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) diseñada para permitir al alumnado de primaria construir y usar el modelo de red ecológica a partir del estudio de la charca escolar. La modelización de la red ecológica se lleva a cabo a través de un enfoque indagativo en la charca mediante muestreo, observación, identificación de patrones y construcción de explicaciones en base a datos. Se pretende adaptar y transferir a la escuela la SEA realizada con el alumnado del Grado de Educación Primaria durante los años previos (Caño y Sanz, 2023). Según nuestro conocimiento, este es el primer estudio que propone el modelo de red ecológica como objeto de enseñanza-aprendizaje en la escuela. Mientras que en el caso del contexto universitario la implementación corre a cargo del propio equipo investigador, la transferencia a primaria plantea el reto de la colaboración eficaz con los/as docentes. La experiencia previa indica que, además de las dificultades logísticas y humanas esperables asociadas a este tipo de colaboración, en el caso de esta SEA, existen también las dificultades derivadas del uso de un ecosistema natural como es la charca escolar (Sistiaga et al., 2025). Asimismo, se quiere evaluar el potencial de una SEA para la mejora de la comprensión del modelo de red ecológica y del conocimiento de los seres vivos en primaria a través del análisis de los resultados de aprendizaje y del proceso de implementación en dos escuelas. Se realiza por tanto un análisis de la utilidad y confiabilidad (Tena y Couso, 2023) de manera preliminar con la intención de obtener claves para la mejora de la SEA en el siguiente ciclo de implementación. En concreto, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo evoluciona la comprensión del modelo de red ecológica y conocimiento de los seres vivos por parte del alumnado de 4º de Primaria a través de una SEA basada en el estudio de la charca escolar?
- ¿Qué claves extraemos del proceso de implementación y de la experiencia de colaboración con maestras para la mejora de la SEA?

METODOLOGÍA

Participantes y contexto

El estudio se llevó a cabo en dos escuelas de la costa de Bizkaia y Gipuzkoa pertenecientes a la Red EUS, situadas en localidades de 17000 y 23000 habitantes, respectivamente. Las características de los grupos participantes y las evidencias analizadas para el estudio se muestran en la tabla 1. Dos maestras (1A, 2AB) habían participado el año anterior a la implementación en un curso específico de 30 horas para la implementación de la SEA que incluía sesiones de muestreo en la charca y formaciones específicas en didáctica de las ciencias. Además, esas maestras participaron en las reuniones previas a la implementación y a lo largo del proceso, mientras que las otras maestras (1B y 1C) no estuvieron en contacto con los investigadores, sino que recibieron las instrucciones e indicaciones de la maestra 1A.

Tabla 1. Escuelas participantes y características de los grupos de estudio

Escuela	Aula y nº de estudiantes	Maestra (Formación y participación en reuniones)	N.º sesiones en charca/total	Evidencias analizadas
Escuela 1	4.B (17)	1B (No)	1/4	Dibujo (pre, post) y entrevista a maestras
	4.C (18)	1C (No)	1/4	
	4.A (17)	1A (Sí)	1/5	Dibujo (pre, post), red ecológica (pre, post) y entrevista a maestras
Escuela 2	4.A (25)	2AB (Sí)	4/8	
	4.B (19)		4/8	

IMPLEMENTACIÓN Y RECOGIDA DE DATOS

La SEA está basada en la indagación para la modelización (Caño y Sanz, 2024) adaptada para 4.º de Educación Primaria en 4/5 sesiones para la escuela 1 y 8 sesiones para la escuela 2, desarrolladas como se describe en la Figura 1. Al inicio de la SEA, se pidió al alumnado que dibujara la charca (dibujo PRE). Ante la pregunta "¿Quién vive en la charca de la escuela?" siguiendo el ciclo de indagación, realizaron muestreos de los seres vivos, y mediante observación y búsqueda bibliográfica, describieron su ciclo vital e identificaron su grupo taxonómico en fichas. El investigador recogió las fichas, elaboró un modelo de red ecológica para ese grupo de seres vivos concretos, y se entregó al alumnado una fotocopia con las imágenes de los seres vivos para que propusieran sus propias redes (red PRE). A continuación, completaron sus modelos mediante búsqueda bibliográfica de la dieta y otras necesidades de los organismos implicados y tras una puesta en común y discusión grupal (red POST). Finalmente, se les pedía dibujar de nuevo la charca (dibujo POST).

Se evaluaron los resultados de aprendizaje y el proceso de implementación de la SEA para evaluar la utilidad (productividad y practicidad) y la confiabilidad (eficacia nivel 1) de manera preliminar (Tena y Couso, 2023). Para ello, se analizaron los dibujos y redes ecológicas elaboradas al inicio y al final de la intervención y las entrevistas realizadas a las maestras al finalizar la SEA sobre el proceso de implementación.

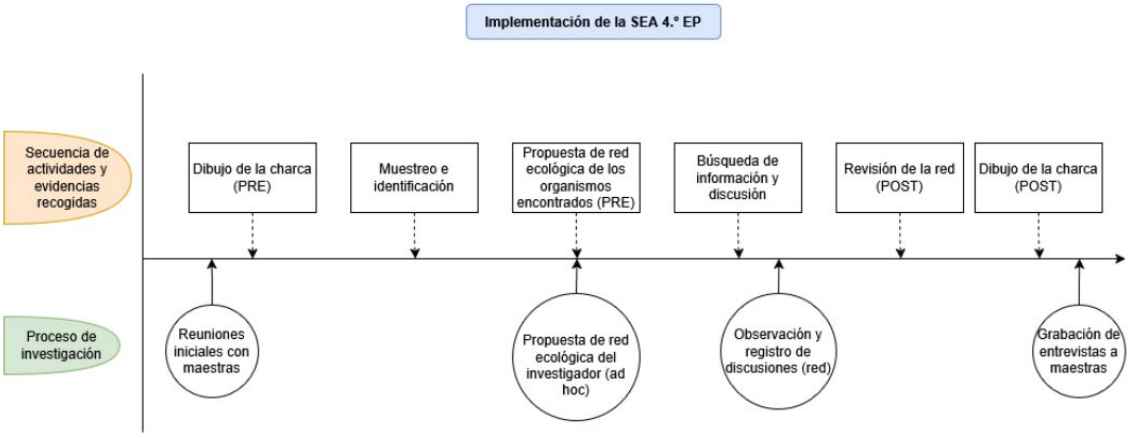


Figura 1. Resumen de la secuencia y del proceso de investigación y recogida de evidencias.

ANÁLISIS DE DATOS

En los dibujos se identificaron los seres vivos dibujados y en las redes se calcularon número de interacciones tróficas correctas, el número de interacciones tróficas incorrectas y el número de interacciones no tróficas correctas. No hubo interacciones no tróficas incorrectas. Para cada grupo se compararon las medias iniciales y finales mediante un t test pareado y las diferencias entre los grupos se analizaron mediante ANOVA y análisis post-hoc mediante el test de Tukey. Las observaciones hechas

en el aula por los investigadores y entrevistas al profesorado permitieron ayudar a interpretar mejor las respuestas del alumnado y se trataron de manera cualitativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conocimiento de la charca y construcción del modelo de red ecológica

Como muestra la figura 2a, en las tres aulas de la escuela 1 hubo un incremento significativo del número de organismos diferentes en los dibujos ($p<0,001$, test t), aumentando en uno (1B) a cuatro organismos (1A). En la escuela 2 no se dio este cambio ($p=0,117$ en 2A y $p= 0,219$ en 2B, test t) ya que desde el inicio dibujaron de media unos 7 u 8 organismos. Los grupos de la escuela 2 y en el grupo 1A representaron de media un número mayor de organismos en los dibujos finales que los grupos 1B y 1C. Dos factores pueden condicionar la riqueza de organismos representada en los dibujos iniciales: el sitio donde se realizó y la proximidad de la charca. Por un lado, el alumnado que hizo el dibujo inicial en la charca (1C y 2AB) representó más organismos inicialmente que el que lo hizo en el aula (1A y 1B). Por otro, en la escuela 2, donde el número de organismos de partida fue superior que en la escuela 1, la charca se encuentra en el mismo patio de juego y es visible desde la ventana del aula.

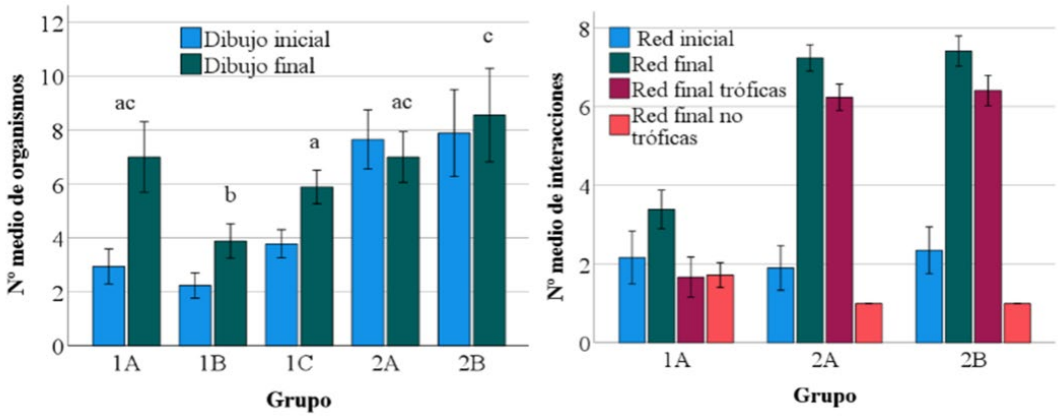


Figura. 2. (a) Número medio (± ES) de organismos diferentes representados en el dibujo inicial y final de cada grupo. Las letras diferentes indican diferencias significativas en los dibujos finales entre pares de grupos según el test de Tukey. (b) Número medio de interacciones en las redes iniciales y finales.

Hemos detectado que la asistencia de las maestras a la formación y las reuniones, el esfuerzo de muestreo y el planteamiento de la maestra en la actividad de dibujo condiciona el número de organismos dibujados. Los grupos guiados por las maestras que realizaron el curso y mantuvieron una mayor interacción con los investigadores (1A y 2AB) representaron más organismos que los otros grupos. Estos mismos grupos también dedicaron más sesiones al muestreo (2AB) o más sesiones a la realización de la SEA que los otros grupos. Las entrevistas revelaron que el planteamiento de la maestra fue ligeramente variable, desde "Dibuja la charca" (1A y 2AB) a "Dibuja el entorno del huerto" (1B).

En las dos escuelas pasan de dibujar organismos muy visibles (junco o espadaña, vegetación en general), conocidos (mariposas, caracoles...) o a menudo observados al pasar por la charca (como la rana y la libélula en la escuela 2), a dibujar organismos observados durante el muestreo (larvas de libélula...) con un mayor nivel de precisión. Como observamos en la Tabla 3, en las dos escuelas aumenta el número de artrópodos "indeterminados" representados al final de la SEA, y en la escuela 1, aumenta también el número de artrópodos reconocibles como mariposas, moscas y hormigas. También existe un aumento general de la representación de plantas, aunque sin aportar detalles que permitan identificar el tipo de planta. Parece que el muestreo y observación de algas es un aspecto en que se debería incidir (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de cada tipo de organismo en los dibujos iniciales y finales.

Aula % Pre **% Post**	Rana	Rena-cuajo	Libé-lula	Espadaña Junco	Alga	Artrópodos reconocibles	Artrópodos indeterminados	Caracol	Plantas indetermi-nadas
1A	5,2 **19**	0 **23,8**	0 **71,4**	42,1 **52,4**	10,5 **14,3**	10,5 **76,2**	0 **23,8**	5,3 **9,5**	68,4 **76,2**
1B	0 0	0 **4,8**	0 0	84,2 **85,7**	5,3 **4,8**	0 **28,6**	10,5 **19**	0 0	52,6 **66,7**
1C	0 0	0 0	0 **52,4**	90 **90,5**	10 0	10 **76,2**	10 **66,6**	0 **23,8**	55 100
2A	80 **40**	80 **76**	80 **48**	40 **40**	0 0	64 **40**	36 **64**	12 **0**	68 **44**
2B	52 **52**	16 **48**	48 **56**	36 **36**	0 0	60 **44**	12 **48**	8 **0**	44 **48**

Es frecuente que el alumnado no tenga un conocimiento detallado de las plantas locales y que no centren su atención en los animales de pequeño tamaño, como los invertebrados, pero las actividades de muestreo y observación, como la aplicada en esta secuencia, pueden mejorar este conocimiento e incluso las actitudes ante los seres vivos locales (Lindemann-Matthies, 2005; Marcos-Walias et al., 2023). En función de los organismos muestreados en cada charca, los investigadores propusieron una red de 5 especies, 5 interacciones tróficas y un inquilinismo en la escuela 1, y de 7 especies, 7 interacciones tróficas y un inquilinismo en la escuela 2. En la escuela 1 el inquilinismo consistió en la necesidad de las larvas de libélula en encaramarse a la espadaña para su eclosión y en la escuela 2 en el beneficio para la rana que supone poner los huevos entre juncos. La figura 2b muestra que en las redes iniciales en ambas escuelas el alumnado propuso de media 2 interacciones (con un máximo de 4-5 interacciones) y todas ellas tróficas mientras que en las redes finales incluyeron al menos una interacción no trófica. Aunque en ambas escuelas el aumento fue significativo ($p<0,005$), en la escuela 1 añadieron de media una interacción mientras que en la escuela 2 añadieron de media unas 5 interacciones, llegándose a incluir en algunos casos un máximo de 8 interacciones en total.

La bibliografía ha señalado tradicionalmente que los/as niños/as presentan limitaciones a la hora de comprender las redes tróficas, considerando solo relaciones lineales o que los organismos "de arriba" comen todos los que aparecen debajo (Munson, 1994). Sin embargo, nuestro estudio muestra, en línea con otros, que, con una correcta instrucción basada en la observación de entornos cercanos, el alumnado de primaria puede desarrollar redes tróficas más complejas (Demetriou et al., 2009) e incluso ampliar su concepción hacia el concepto de red ecológica. Es interesante destacar que en la escuela 1 el alumnado propuso además un inquilinismo no previsto por los investigadores: la necesidad de la araña de la planta (menta) para poner su tela. Esto indica que un conocimiento específico del sistema de estudio y una comprensión más profunda de la biología de los organismos puede mejorar la comprensión de los ecosistemas.

Análisis de la implementación y claves para la mejora de la SEA y la investigación

El análisis de observaciones y entrevistas permitió identificar mejoras clave para futuras iteraciones de la SEA. En primer lugar, es esencial asegurar la participación activa del profesorado en formaciones y reuniones con los investigadores, dado su impacto directo en los aprendizajes del alumnado. Se propone precisar la guía del profesorado, especialmente en la actividad del dibujo inicial. Para maximizar la representación biológica, se recomienda incluir instrucciones explícitas ("Dibuja la charca, los organismos que viven en ella y cómo se relacionan") y que faciliten tanto la implementación de la SEA como la recogida de evidencias por parte de los investigadores. En cuanto al muestreo y análisis de organismos, se sugiere proporcionar mejores recursos de identificación, adquirir material de observación adecuado y rediseñar las fichas del alumnado para mejorar el registro de plantas y algas. También se recomienda compartir observaciones entre grupos mediante exposiciones visibles y, cuando sea posible, aumentar el número de sesiones de muestreo, considerando las limitaciones logísticas y meteorológicas. Finalmente, se resalta la importancia de recoger información detallada

sobre la localización y accesibilidad de la charca, así como sobre la familiaridad del alumnado con ella, dado su papel en la interpretación de los resultados.

CONCLUSIONES

La SEA es un instrumento eficaz para desarrollar el conocimiento del alumnado, aunque su impacto depende de la actuación de la maestra y de cómo implemente la propuesta, incluyendo las dificultades asociadas al uso de la charca escolar. La formación de las maestras y la coordinación entre docentes e investigadores/as contribuyen a mejorar los resultados del alumnado. Identificar claves pedagógicas de "grado fino" vinculadas al proceso de implementación y al factor humano es imprescindible para mejorar progresivamente la secuencia, por lo que resulta necesaria una guía docente estructurada que ofrezca orientaciones explícitas para facilitar la toma de decisiones. No obstante, en primaria la implementación puede verse limitada por aspectos organizativos del centro, de modo que la secuencia debe adaptarse a cada grupo. Esta adaptación requiere del criterio profesional de la maestra, lo que refuerza la importancia de reforzar su autonomía, no solo para garantizar una implementación fiel de la SEA, sino sobre todo que pueda introducir mejoras continuadas en su contexto particular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caño, L. y Sanz, J. (2024). Trabajar el modelo de red ecológica en la charca: una secuencia didáctica basada en las prácticas científicas. En: 31 *Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales.* Universidad de Burgos

Demetriou, D., Korfiatis, K., & Constantinou, C. (2009). A 'bottom-up' approach to food web construction. *Journal of Biological Education,* 43(4), 181-187. https://doi.org/10.1080/00219266.2009.9656180

Lindemann-Matthies, P. (2005). 'Loveable' mammals and 'lifeless' plants: How children's interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. *International Journal of Science Education,* 27(6), 655-677. https://doi.org/10.1080/09500690500038116

Marcos-Walias, J., Bobo-Pinilla, J., Delgado Iglesias, J., & Reinoso Tapia, R. (2023). Plant awareness disparity among students of different educational levels in Spain. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(2), 234-248. https://doi.org/10.30935/scimath/12570

Munson, B. H. (1994). Ecological Misconceptions. *The Journal of Environmental Education*, 25(4), 30-34. https://doi.org/10.1080/00958964.1994.9941962

Sanz, J., Caño, L. y Sanz-Azkue, I. (2025). Análisis de situación de la Red de Escuelas con Charca en el País Vasco: trabajando una ecología real desde las prácticas científicas. En *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025* (págs. 2255-2258). Valencia: Enseñanza de las Ciencias.

Sistiaga, M., Altuna, L., Sanz, J., & Caño, L. (2025). Bridging Inquiry and Eco-Literacy: Place-Based Education in the School Pond and Forest School Networks. En *Discovering Nearby Nature And Urban Adventures: Where We Live & Learning Outside.* Università di Bologna.

Tena, È., & Couso, D. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias,* 20(2), 2801

El uso de rutinas de pensamiento para trabajar la metodología científica en la formación inicial del profesorado

Carmela García-Marigómez[1], Mar Montalvo-García[1], Vanessa Ortega-Quevedo[2] y Cristina Gil-Puente[1]*

[1]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valladolid, España.

[2]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Complutense de Madrid, España.

*Correspondencia: mar.montalvo@uva.es

RESUMEN: La enseñanza tradicional de las ciencias, centrada en la transmisión de contenidos, limita el desarrollo del pensamiento científico. Ante esta problemática, la introducción del enfoque de pensamiento visible constituye una herramienta clave para transformar el paradigma educativo. El estudio se enmarca en una metodología de Design-Based Research orientada al diseño e implementación de una actividad de ciencias centrada en la aplicación del método científico con el enfoque de pensamiento. En una primera fase se identificaron las habilidades de pensamiento implicadas en las fases del método científico y se seleccionaron rutinas de pensamiento para promoverlas. Posteriormente, se implementó una actividad experimental con maestros en formación de Educación Primaria. Los datos se analizaron mediante análisis cualitativo de contenido. Los resultados muestran que las rutinas de pensamiento favorecen la observación, la formulación de preguntas, la generación de hipótesis, la consideración de diferentes perspectivas, la construcción de explicaciones fundamentadas y la síntesis. Por lo tanto, las rutinas de pensamiento actúan como un andamiaje útil para facilitar el desarrollo del método científico.

PALABRAS CLAVE: alfabetización científica; maestros en formación; método científico; pensamiento visible; rutinas de pensamiento.

ABSTRACT: Traditional science teaching focused on content transmission limits the development of scientific thinking. Given this problem, the introduction of the visible thinking approach is a key tool for transforming the educational paradigm. The study is part of a Design-Based Research methodology aimed at designing and implementing a science activity focused on applying the scientific method with the thinking approach. In the first phase, the thinking skills involved in the phases of the scientific method were identified and thinking routines were selected to promote them. Subsequently, an experimental activity was implemented with trainee primary school teachers. The data were analysed using qualitative content analysis. Results show that thinking routines promote observation, question formulation, hypothesis generation, consideration of different perspectives, construction of reasoned explanations, and synthesis. Therefore, thinking routines act as a useful scaffold to facilitate the development of scientific method.

KEYWORDS: scientific literacy; scientific method; thinking routines; trainee teachers; visible thinking; thinking routines.

INTRODUCCIÓN

En una sociedad profundamente influida por el desarrollo científico y tecnológico, la alfabetización científica se considera una competencia esencial para la ciudadanía. Esta permite participar de manera crítica en la toma de decisiones relacionadas con cuestiones sociocientíficas (Lederman et al., 2024). Sin embargo, diversos estudios señalan una falta de cultura científica y una visión negativa de la ciencia (FECYT, 2023). Este fenómeno se ha vinculado, en parte, a modelos de enseñanza centrados en la transmisión de contenidos descontextualizados (Vázquez y Manassero, 2018).

Ante esta situación, la educación científica debe orientarse hacia el desarrollo de capacidades que permitan comprender, analizar y aplicar el conocimiento científico en contextos reales, favoreciendo no solo la adquisición de información, sino también el desarrollo de habilidades de pensamiento y la transferencia de los aprendizajes a la vida cotidiana (Ballesteros-Ballesteros y Gallego-Torres, 2022).

En este contexto, el enfoque de Pensamiento Visible, desarrollado por el Project Zero de la Universidad de Harvard (Ritchhart et al., 2014), se presenta como un marco pedagógico adecuado para integrar el desarrollo de habilidades cognitivas con los contenidos curriculares. Este enfoque promueve que el alumnado haga explícitos sus procesos mentales mediante estrategias como las rutinas de pensamiento, estructuras sencillas que guían la reflexión y favorecen habilidades como establecer conexiones, formular preguntas, razonar a partir de evidencias, sintetizar información o elaborar conclusiones fundamentadas (García-Martín y Gil, 2020).

La externalización del pensamiento permite situar los procesos cognitivos en el centro del aprendizaje, favoreciendo una comprensión más profunda y duradera del conocimiento. Además, contribuye a superar modelos tradicionales de enseñanza basados en la transmisión de información, promoviendo enfoques centrados en el alumnado y en el desarrollo de su autonomía intelectual. En este sentido, aprender a pensar se convierte en una condición fundamental para aprender a aprender y para desarrollar competencias transferibles a diferentes contextos.

Asimismo, la visibilización del pensamiento proporciona al profesorado evidencias sobre cómo aprende el alumnado, permitiendo identificar ideas previas, posibles concepciones alternativas y los razonamientos que sustentan sus respuestas. Esto facilita la implementación de procesos de evaluación formativa basados en retroalimentación ajustada a las necesidades del alumnado y favorece el desarrollo de la metacognición (Ortega-Quevedo y Gil, 2020). Desde esta perspectiva, la incorporación de rutinas de pensamiento en el aula constituye una estrategia para promover una cultura de pensamiento científico (García-Marigómez et al., 2024), en la que el alumnado se implique activamente en procesos de indagación, análisis y argumentación propios de la práctica científica.

Propósito del estudio

El objetivo de este estudio es identificar las habilidades de pensamiento implicadas en cada una de las fases del método científico y seleccionar rutinas de pensamiento que favorezcan su desarrollo, con el fin de promover el pensamiento científico en el ámbito educativo. Asimismo, se pretende analizar la adecuación y eficacia de dichas rutinas como herramienta para guiar la movilización de estas habilidades en una actividad experimental desarrollada con estudiantes del Grado en Maestro en Educación Primaria.

Aunque en este trabajo se utiliza la expresión "método científico" por su valor didáctico y organizador, se asume una concepción no rígida del mismo, entendida más como una actitud científica y un conjunto de prácticas diversas que como una secuencia lineal de etapas universalmente aplicable. En este sentido, las rutinas de pensamiento permiten operacionalizar dichas prácticas (observar, preguntar, hipotetizar, explicar, etc.), alineándose con una visión más flexible y auténtica de la actividad científica.

MÉTODO

Con el fin de abordar los objetivos se emplea la metodología de investigación enfocada al diseño o DBR (en inglés, Design Based Research) dado que ofrece oportunidades para superar los problemas educativos y mejorar los procesos de enseñanza evitando la desconexión entre la investigación y los problemas reales de las aulas (Romero-Ariza, 2014). De forma concreta, dicha metodología se aplica en el proceso de diseño, planificación, implementación y evaluación de una propuesta educativa dirigida a docentes en formación de Educación Primaria que pretende promover y facilitar la adquisición de conocimiento del contenido y didáctico sobre la metodología científica.

Participantes

Participaron 95 estudiantes de la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales del tercer curso del Grado en Educación Primaria y el Doble Grado En Educación Primaria e Infantil del Campus María Zambrano agrupados en equipos de 3-5 personas. La muestra fue no probabilística por conveniencia.

Fase 1: Análisis y selección de rutinas

En primer lugar, se realizó un análisis teórico del método científico con el objetivo de identificar las

habilidades de pensamiento necesarias en cada una de sus fases (observación, búsqueda de información con el planteamiento del problema y la formulación de hipótesis, experimentación, análisis de resultados y conclusiones). A partir de este análisis se procedió a la selección de rutinas de pensamiento, considerando su potencial para favorecer dichas habilidades (Tabla 1).

Tabla 1. Selección de rutinas.

FASE DEL MÉTODO	HABILIDADES DE PENSAMIENTO	RUTINA DE PENSAMIENTO
Observación	Observar de cerca y describir que hay ahí Preguntar y hacer preguntas	Veo – Pienso – Me pregunto
Búsqueda de información	Tener en cuenta diferentes puntos de vista y perspectivas Generar posibilidades y alternativas	Conversación sobre papel
Experimentación	Construir explicaciones e interpretaciones Razonar con evidencia	Predecir – Recopilar - Experimentar
Conclusiones	Captar lo esencial y llegar a conclusiones	El titular

Fase 2: Implementación y recogida de datos

Las rutinas seleccionadas se implementaron en el contexto de una actividad experimental con maestros en formación. Durante la actividad, el alumnado utilizó las rutinas de pensamiento como guía para desarrollar las diferentes fases del método científico para responder a la pregunta: ¿Cómo puede apagarse una vela?

Para analizar su eficacia, se recogieron evidencias del proceso de aprendizaje a través de los productos generados por el alumnado durante la actividad y la observación del desarrollo de las rutinas, con el objetivo de identificar la presencia y movilización de las habilidades de pensamiento previamente definidas. Actualmente, esta propuesta se encuentra en fase de análisis de mejora.

Análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis cualitativo de contenido deductivo, tomando como categorías las habilidades de pensamiento asociadas a cada fase del método científico. Este análisis permitió valorar hasta qué punto las rutinas de pensamiento facilitaron la activación y desarrollo de dichas habilidades.

RESULTADOS

Los resultados del estudio se estructuran en las diferentes fases del método científico y su asociación con cada una de las rutinas de pensamiento seleccionadas (Figura 1).

Figura 1. Rutinas de pensamiento.

Fase 1. Observación

La fase de observación tiene una relación directa con los movimientos del pensamiento "observar de cerca y describir qué hay ahí" y "preguntarse y hacer preguntas", lo cual permite centrar la atención en los elementos clave del problema de investigación, y por ello se emplea la rutina de pensamiento "Veo – Pienso - Me pregunto".

Por un lado, el movimiento del pensamiento "observar de cerca y describir qué hay ahí" se evidencia al inicio de la práctica en la primera parte de la rutina en la que el alumnado realiza un inventario detallado de los materiales con los que cuentan para responder a la pregunta que les planteamos (¿Cómo puedo apagar una vela?). Todos los grupos de trabajo identifican los materiales y reconocen los elementos clave para el experimento. Entre sus respuestas se encuentra, "vemos cada uno de los materiales que hay para poder realizar la práctica (matraz aforado, vela, vaso de precipitados, espátula, bicarbonato, vinagre, cristalizador, cerilla...)", "observamos diferentes materiales: Probeta, Espátula, Vinagre, Vaso de precipitado, Cristalizador, Cuenco, Portamuestras, Erlenmeyer...".

En cuanto al movimiento del pensamiento "preguntarse y hacer preguntas", se genera cuando los estudiantes transforman su curiosidad inicial en interrogantes específicos que guíen la investigación. Las cuestiones más recurrentes fueron la ausencia de oxígeno, la comprensión científica de las reacciones químicas y la búsqueda de alternativas cotidianas, preguntándose por el uso de elementos como sal, aceite, papel húmedo o los propios dedos. Algunas preguntas planteadas por el alumnado son las siguientes: "¿Si junto el vinagre con el bicarbonato de sodio se producirá una reacción que emita un gas y apague la vela?", "¿Humedeciendo los dedos se podría apagar la vela?, ¿se apagará la vela de la misma manera que con cualquier recipiente?", "¿Qué es lo que produce que un líquido no inflamable apague el fuego de la llama?".

Por todo ello la aplicación de esta rutina de pensamiento permite visibilizar habilidades de pensamiento y apoyar al alumnado a estructurar su curiosidad y su evolución hacia preguntas investigables.

Fase 2. Búsqueda de información

Esta fase se relaciona con la formulación de hipótesis y se utiliza la rutina de pensamiento "Conversación sobre papel" para formular las hipótesis a través de un diálogo en el que todas las voces son escuchadas. Esta rutina activa los movimientos del pensamiento "tener en cuenta diferentes puntos de vista y perspectivas" y "generar posibilidades y alternativas". En cuanto al primer movimiento del pensamiento, los diferentes grupos evidencian el debate realizado centrado en las dudas y certezas de cada integrante para decidir el camino a seguir, "Alumno A pensaba que la vela se apagaría tapándola completamente… mientras que Alumna B pensaba que mezclando bicarbonato y vinagre era otra forma…Alumnos C y D compartían esta información".

Respecto al movimiento del pensamiento "generar posibilidades y alternativas" se activa al buscar múltiples formas de resolver el problema planteado. El alumnado propone una gran variedad de alternativas creativas como el uso de objetos metálicos, el uso de arena o mediante cera derretida. "Alumna A: ¿y si usamos el material más simple que es el agua?; Alumno B: ¿Tapando la vela con los dedos se apagará?; Alumno C ¿y la propia cera de la vela la puede apagar…?". En este sentido, la rutina de pensamiento "Conversación sobre el papel" permite transformar una lluvia de ideas en un proceso de construcción colectiva que permita formular la hipótesis grupal que probarán en la siguiente fase.

Fase 3. Experimentación

La fase de experimentación se desarrolla mediante la rutina de pensamiento "Predecir – Recopilar - Experimentar" que permite dar respuestas a los interrogantes del alumnado como ¿qué materiales voy a emplear y para qué?, ¿cuál es la probabilidad de que ocurra lo que he planteado? ¿cómo puedo explicar los datos? Los movimientos del pensamiento que se desarrollan son "construir explicaciones e interpretaciones" y "razonar con evidencias". El primer movimiento del pensamiento consiste en dar

sentido científico a los fenómenos observados. De manera recurrente los diferentes grupos de trabajo dan como explicación la liberación de CO_2 tras la reacción ácido-base (vinagre y bicarbonato) y cómo este gas desplaza al oxígeno, extinguiendo la llama. "La mezcla de vinagre y bicarbonato de sodio produce, entre otros compuestos, dióxido de carbono, lo que hace que la vela se apague".

El movimiento del pensamiento "razonar con evidencias" permite confrontar los datos obtenidos con las hipótesis iniciales y justificar los resultados. Los grupos de trabajo validan o refutan sus hipótesis basándose en la experimentación. Algunos ejemplos del alumnado que evidencian estas ideas son "La vela se apaga porque el oxígeno de dentro del vaso se agota y al no haber oxígeno, la reacción de la combustión no puede continuar", "En nuestro caso, según la hipótesis que quería validar le quitamos el oxígeno a la vela tapando la vela con el vaso de precipitados. Esta se consume poco a poco hasta que finalmente se apaga".

Esta fase conlleva dar explicación a los fenómenos observados que puede resultar compleja para el alumnado, por lo que el uso de la rutina de pensamiento "predecir-recopilar-experimentar" permite planificar las pruebas y el uso de materiales y construir explicaciones basadas en las evidencias.

Fase 4. Conclusiones

En la última fase del método científico el alumnado debe utilizar la rutina de pensamiento "El Titular" para sintetizar sus aprendizajes y extraer conclusiones razonadas. El movimiento del pensamiento que se activa en esta última rutina es "captar lo esencial y llevar a conclusiones". Entre las ideas de los titulares destaca la diversidad de métodos para apagar una vela, destacando que no existe una única solución para resolver el problema planteado, "Múltiples y sorprendentes formas de apagar la llama de una vela sin necesidad de soplar", "¿Cómo algo tan pequeño... puede apagarse de tantas formas diferentes?". Una gran parte de los titulares se centra en la explicación científica clave, la eliminación del comburente (oxígeno) como causa directa del apagado, "La falta de oxígeno es la causa de la pérdida de la llama en la vela".

Así, los titulares evidencian que el alumnado ha integrado el método científico en su proceso de aprendizaje para comprender el fenómeno científico planteado y valoran positivamente el proceso de indagación realizado.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados del estudio sugieren que la integración de rutinas de pensamiento en el desarrollo de actividades experimentales puede constituir una estrategia didáctica útil para promover y hacer visibles las habilidades de pensamiento implicadas en las diferentes fases del método científico. En particular, las rutinas empleadas han permitido estructurar el proceso de indagación del alumnado, facilitando la activación de movimientos del pensamiento como la observación detallada, la formulación de preguntas investigables, la consideración de diferentes perspectivas y la generación de posibles soluciones al problema planteado.

Asimismo, los resultados obtenidos muestran que el uso de rutinas de pensamiento favorece que el alumnado explore diferentes posibilidades para resolver un mismo problema, lo que permite comprender que el proceso de construcción del conocimiento científico no responde a un procedimiento único, lineal y universal. A través de la generación de hipótesis, la consideración de distintas alternativas y la discusión colectiva de ideas, los estudiantes evidencian el carácter creativo del trabajo científico. Además, el análisis de las diferentes propuestas y explicaciones pone de manifiesto que las evidencias deben interpretarse y contrastarse, y que los resultados obtenidos no siempre conducen de forma directa a conclusiones definitivas. De este modo, la actividad permite aproximar a los futuros docentes a una visión más compleja y realista del método científico, aspecto fundamental para su posterior enseñanza en las aulas de Educación Primaria.

En conjunto, estos resultados sugieren que el uso intencional de rutinas de pensamiento puede contribuir al desarrollo del pensamiento científico en la formación inicial del profesorado, al ofrecer herramientas que guían la aplicación consciente de habilidades de pensamiento durante la práctica experimental. Por otro lado, la experiencia resulta especialmente relevante en la formación docente, ya que permite que los futuros maestros vivencien formas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias alejadas de modelos tradicionales basados en la transmisión de contenidos. Experimentar este tipo de enfoques durante su formación inicial puede favorecer que los docentes en formación reconozcan su potencial didáctico y se sientan más preparados para trasladar estas metodologías a sus futuras aulas, promoviendo así prácticas educativas que fomenten el pensamiento científico desde las primeras etapas educativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballesteros-Ballesteros, V. y Gallego-Torres, A. P. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 14*(26). https://doi.org/10.22430/21457778.1855

Fundación Española para la Ciencia y Tecnología, F.S.P. (FECYT) (2023). *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España 2022*. FECYT. https://doi.org/10.58121/msx6-zd63

García Marigómez, C., Ortega Quevedo, V., Gil Puente, C. y Montalvo García, M. M. (2024). El enfoque de pensamiento visible para el desarrollo de una adecuada alfabetización científica. En I. M. Greca Dufranc, E. M. García Terceño, R. B. Toma y J. Ortiz Revilla (Coords.), 31 *Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Hacia una educación científica alineada con la Agenda 2030* (pp. 555–560).

García-Martín, N. y Gil, C. (2020). ¿En qué consiste el enfoque del Pensamiento Visible? En MiríadaX, Módulo 1 MOOC Pensamiento visible para la docencia. Universidad de Valladolid.

Lederman, J., Akerson, V. Bartels, S. y Schwartz, R. (2024). Attention science educators, we have a problem: lack of global functional scientific literacy. *International Journal of Science Education*. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2361934

Ortega-Quevedo, V. y Gil Puente, C. (2020). La evaluación formativa como elemento para visibilizar el desarrollo de competencias en ciencia y tecnología y pensamiento crítico. *PUBLICACIONES*, *50*(1), 275–291. https://doi.org/10.30827/publicaciones.v50i1.15977

Ritchhart, R., Church, M. y Morrison, K. (2014). Hacer visible el pensamiento. Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes. Paidós SAJCF.

Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. Magis, *Revista Internacional de Investigación en Educación, 7*(14), 159-176. https://doi.org/10.11144/Javeriana.M7-14.UIPP

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 17*(2), 309-336.

Focalizando un asesinato: *escape room* educativo para el aprendizaje de óptica geométrica en Bachillerato

Diana Gargallo[1], Eva M. Terrado[2] y Jorge Pozuelo[2]*

[1] Departamento Física Aplicada. Área Óptica. Universidad de Zaragoza. España

[2] Departamento Didácticas Específicas. Área Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza. España

* Correspondencia: eterrado@unizar.es

RESUMEN: La enseñanza de la óptica geométrica en Bachillerato se enfrenta a recurrentes obstáculos ontológicos y concepciones erróneas sobre la propagación de la luz, la formación de imágenes y el proceso visual. Esta comunicación presenta una intervención didáctica basada en un *escape room* educativo diseñado para mitigar dichas barreras conceptuales. Para solventar la escasez de recursos experimentales en los centros, se ha desarrollado un kit óptico de bajo coste mediante impresión 3D que permite la manipulación directa de lentes, espejos y filtros en un entorno de indagación guiada. La actividad se articula sobre una narrativa de resolución de un crimen donde el alumnado debe movilizar modelos de óptica geométrica para resolver desafíos experimentales de complejidad creciente. La investigación sigue un diseño cuasi-experimental de pretest y posttest con una muestra de 15 estudiantes de 2º de Bachillerato. El análisis cualitativo de los dibujos iniciales reveló errores críticas en el trazado de rayos y en la comprensión de la óptica fisiológica. Tras la intervención, los datos cuantitativos reflejan una mejora estadísticamente significativa en la comprensión conceptual, con un incremento en las puntuaciones medias del 35,1% al 77,6% ($p < 0,001$). Asimismo, el profesorado participante destacó la gran utilidad del kit, subrayando su replicabilidad y potencial para ser integrado de forma permanente en el laboratorio escolar. Se concluye que la replicabilidad del kit y la eficacia de la estrategia gamificada propuesta ofrecen un modelo sostenible para mejorar el aprendizaje de la física experimental en Bachillerato

PALABRAS CLAVE: Óptica geométrica; Escape Room Educativo; Concepciones erróneas; Enseñanza de la Física; Bachillerato

ABSTRACT: The teaching of geometric optics in upper secondary education faces recurrent ontological obstacles and misconceptions regarding light propagation, image formation, and the visual process. This paper presents a didactic intervention based on an educational escape room designed to mitigate these conceptual barriers. To address the scarcity of experimental resources in schools, a low-cost optical kit was developed using 3D printing, enabling the direct manipulation of lenses, mirrors, and filters within a guided inquiry environment. The activity is structured around a crime-solving narrative where students must mobilize geometric optics models to solve experimental challenges of increasing complexity. The research follows a quasi-experimental pretest-posttest design with a sample of fifteen 12th-grade students. Qualitative analysis of the initial drawings revealed critical errors in ray tracing and the understanding of physiological optics. Following the intervention, quantitative data reflect a statistically significant improvement in conceptual understanding, with mean scores increasing from 35.1% to 77.6% ($p < 0.001$). Furthermore, participating teachers highlighted the significant utility of the kit, emphasizing its replicability and potential for permanent integration into the school laboratory. It is concluded that the replicability of the kit and the effectiveness of the proposed gamified strategy offer a sustainable model for improving experimental physics learning in high school.

KEYWORDS: Geometric optics; Educational Escape Room; Misconceptions; Physics education; High school

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

La enseñanza de la óptica geométrica representa un pilar fundamental en el currículo de física de Bachillerato, no solo por su valor intrínseco, sino por su capacidad para explicar fenómenos cotidianos y su relevancia en el desarrollo de tecnologías ópticas. Sin embargo, la literatura en didáctica de las ciencias ha documentado ampliamente que el alumnado suele finalizar su formación obligatoria manteniendo modelos mentales intuitivos que contradicen los fundamentos de la física clásica (Galili y Hazan, 2000; Uzun et al., 2013). Las dificultades de aprendizaje derivan de la naturaleza abstracta de los modelos de trazado de rayos y de la complejidad cognitiva de integrar principios geométricos con los mecanismos fisiológicos de la visión, por lo que se manifiestan especialmente en tres áreas críticas: la naturaleza de la propagación de la luz, el mecanismo de formación de imágenes y el papel del ojo en el proceso visual (Bravo et al., 2010; Martínez-Borreguero et al., 2013; Osuna et al., 2007).

Muchos de los errores conceptuales identificados persisten debido a una instrucción predominantemente teórica y abstracta. La falta de una conexión clara entre los diagramas de rayos en el papel y la fenomenología real impide que el alumnado realice la transición desde modelos pre-científicos (donde la luz se percibe como una propiedad de los objetos o una sensación estática) hacia modelos científicos dinámicos. En respuesta a las limitaciones de la enseñanza tradicional, se han desarrollado estrategias pedagógicas basadas en el aprendizaje basado en problemas y actividades prácticas. Estas incluyen secuencias centradas en construir el modelo de visión de Kepler (Osuna et al., 2007; Osuna et al., 2016) y propuestas que integran los conceptos de luz, visión y color para evitar la fragmentación del conocimiento (Bravo et al., 2010; Osuna et al., 2017). No obstante, su implementación puede verse obstaculizada por la escasez de recursos materiales o la obsolescencia del equipamiento de laboratorio en muchos institutos (Samuri et al., 2026).

Para mitigar esta brecha, la impresión 3D surge como una solución tecnológica accesible, permitiendo el diseño de instrumentación científica de bajo coste, modular y altamente replicable. El uso de kits ópticos personalizados no solo facilita la manipulación directa, sino que permite al alumnado enfrentarse a situaciones experimentales reales, donde deben validar las leyes ópticas mediante la evidencia empírica.

Por otra parte, para el diseño de la intervención objeto de estudio, se propone integrar el uso de los kit 3D en un entorno de gamificación inmersiva bajo el formato de Escape Room Educativo (ERE). Un ERE es una estrategia gamificada donde los grupos de participantes deben resolver una serie de enigmas encadenados mediante la aplicación de conocimientos y destrezas para alcanzar un objetivo final en un tiempo limitado (Veldkamp et al., 2020). En el caso de un ERE para trabajar objetivos competenciales en torno a la óptica geométrica, su diseño equivale al de una secuencia de enseñanza-aprendizaje estructurada en torno a desafíos interconectados donde superar cada etapa depende del dominio de un concepto físico previo (Veldkamp et al., 2020; Zatti et al., 2024). La inmersión en la narrativa del ERE (por ejemplo, una investigación forense) fomenta un entorno de aprendizaje activo (Freeman et al., 2014), estimula la colaboración entre iguales y mitiga la ansiedad científica que dificulta la enseñanza de la física (Mallow, 2006).

Una vez expuestos los fundamentos de la intervención, se plantea la siguiente pregunta de investigación: *¿En qué medida la implementación de un ERE, apoyado en recursos experimentales de bajo coste impresos en 3D, facilita la superación de obstáculos ontológicos y mejora la comprensión conceptual de la óptica geométrica en estudiantes de Bachillerato?*

Para dar respuesta a esta cuestión, se definen los siguientes objetivos:

Objetivo General: Diseñar, implementar y evaluar una intervención didáctica gamificada, basada en un Escape Room Educativo y el uso de un kit óptico modular 3D, para mejorar el aprendizaje significativo de la óptica geométrica y la superación de modelos intuitivos en Bachillerato.

Objetivos Específicos:

OE1: Diseñar y fabricar un kit óptico modular de bajo coste mediante impresión 3D, que permita la manipulación de elementos ópticos y sea fácilmente replicable en centros educativos;

OE2: Identificar y caracterizar las concepciones alternativas iniciales del alumnado relativas al trazado de rayos, la formación de imágenes y la óptica fisiológica;

OE3: Evaluar el impacto de la intervención en la ganancia de aprendizaje conceptual mediante un diseño cuasi-experimental de pretest y posttest;

OE4: Analizar la percepción de utilidad y replicabilidad de la propuesta desde la perspectiva del profesorado en ejercicio, con el fin de valorar su sostenibilidad como recurso de aula.

METODOLOGÍA

En este trabajo se ha adoptado un enfoque metodológico mixto que combina el análisis cuantitativo y cualitativo. El diseño de la investigación es de tipo cuasi-experimental de grupo único con pretest y posttest, orientado a evaluar la eficacia de la intervención en la evolución de los modelos conceptuales del alumnado y la percepción de utilidad y replicabilidad por parte del profesorado.

Participantes y Materiales

La muestra de conveniencia está constituida por 15 estudiantes de 2º de Bachillerato de la especialidad científico-tecnológica y 2 profesoras responsables de impartir la asignatura de Física en un instituto público. Todos los participantes y sus tutores legales proporcionaron su consentimiento informado por escrito, y el estudio se ajustó a las directrices éticas establecidas para la investigación educativa, garantizando un estricto anonimato de los datos.

Como recursos materiales, se diseñó y fabricó un kit óptico experimental para la intervención inspirado en los bancos ópticos comerciales. El kit comprende un modelo de ojo humano y soportes estructurales diseñados con el software CAD *Tinkercad* y fabricados mediante impresión 3D de modelado por deposición fundida utilizando filamento de ácido poliláctico. La configuración geométrica del ojo modelo simula una condición miope de -5 D. Los correspondientes *archivos.stl* van a ser publicados y compartidos en un repositorio institucional como recursos de código abierto. Adicionalmente, el kit incluye una fuente de luz ajustable, una pantalla de proyección reversible con un lado blanco y otro cuadriculado, varias lentes y un filtro rojo junto con una cinta métrica, una huella dactilar, una muestra de texto y la letra "E". El coste aproximado de todos los materiales que constituyen el kit es de 30€. Se prepararon 3 kits para los 15 estudiantes, que se organizaron durante la intervención en grupos de 5.

Diseño del Escape Room Educativo

El ERE se diseñó siguiendo el marco MDA (siglas en inglés de *Mechanics, Dynamics, Aesthetics*) para asegurar el equilibrio entre el juego y el contenido instructivo. Los elementos estéticos se centran en una narrativa de investigación forense para fomentar el interés del alumnado. La dinámica (resolver el crimen en un tiempo limitado) promueve la colaboración y la resolución de problemas bajo presión. Finalmente, la mecánica se articula a través de los siguientes retos (actividades prácticas de indagación guiada) en los que se utilizan los diferentes componentes del kit al tiempo que se transitan los saberes curriculares de óptica geométrica en Bachillerato:

Reto 1. *Las lentes en la escena del crimen*. Identificar y clasificar las lentes por forma y tipo (convergentes o divergentes). Familiarizarse con la representación de cada lente como una lente fina y la ubicación de sus puntos focales.

Reto 2. *La formación de imágenes.* Montar el banco óptico y probar cómo diferentes distancias de objetos producen imágenes reales o virtuales. Validar estas observaciones experimentales mediante trazado de rayos, reforzando el vínculo entre el modelo geométrico y el fenómeno físico.

Reto 3. *El poder oculto de las lentes*. Usando la ecuación de lente fina (Ecuación 1), determinar

experimentalmente la distancia focal del lado de la imagen (f') de una lente a partir de distancias medidas entre objeto (s) e imagen. Calcular la potencia óptica correspondiente del lado de la imagen (P') (Ecuación 2).

$$1/(f') = 1/s + 1/(s') \quad \text{(Ec.1)}$$

$$P' = 1/(f') \quad \text{(Ec.2)}$$

Reto 4. *¿Se puede confiar en todas las lentes convergentes?.* Probar y analizar la hipótesis de que "toda lente convergente produce una imagen real" mediante observación experimental. Validar los resultados observados utilizando trazado de rayos para cerrar la brecha entre la evidencia experimental y la modelización teórica.

Reto 5. *El mensaje secreto de la víctima*. Entender la ampliación lateral, M, (Ecuación 3) incluyendo signo y valor absoluto. Relacionar la posición del objeto con el tamaño de la imagen.

$$M = (s')/s = (h')/h \quad \text{(Ec.3)}$$

Reto 6. *La huella del asesino.* Observar cómo las lentes mueven imágenes a lo largo de ambos ejes y utilizarlo para localizar detalles finos en objetos reales con precisión.

Reto 7. *La visión de la víctima*. Interpretar experimentalmente el concepto de ametropía (miopía e hipermetropía) y justificar la lenta adecuada para corregir el error refractivo. Aprender a colimar una fuente de luz.

Instrumentos de recogida de datos

Para medir la ganancia de aprendizaje (OE3), se diseñó un cuestionario compuesto por 10 ítems de opción múltiple que evalúan tanto la resolución de problemas cualitativos como la comprensión de leyes ópticas. Complementariamente, para el OE2, se solicitaron representaciones gráficas del trazado de rayos antes de la intervención para analizar los modelos mentales iniciales. Finalmente, para dar respuesta al OE4, se administró una encuesta estructurada basada en una escala Likert dirigida a las profesoras de los grupos participantes. Este instrumento permitió evaluar su nivel de satisfacción general, así como recoger su percepción de utilidad y replicabilidad tanto del ERE diseñado como del kit 3D.

Criterios de calidad

Para asegurar la calidad científica del estudio, se aplicaron los siguientes criterios:

- *Validez de contenido*: Los instrumentos (pretest y posttest) y los retos del ERE fueron validados mediante juicio de expertos (dos docentes universitarios del área de Didáctica de las Ciencias y una docente de secundaria en ejercicio) para asegurar su alineación con el currículo oficial y los objetivos de investigación.
- *Fiabilidad*: La consistencia interna del cuestionario se verificó mediante la revisión sistemática de los ítems hasta alcanzar consenso por parte del panel de expertos antes descrito. Asimismo, para el análisis cualitativo de los dibujos, se utilizó una rúbrica de categorización de modelos que fue contrastada por dos investigadores de forma independiente para asegurar la fiabilidad inter-jueces.
- *Triangulación:* Se han contrastado los datos cuantitativos del cuestionario con las evidencias cualitativas de los diagramas de rayos y las observaciones directas durante la intervención así como las percepciones de las docentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado al OE1, el diseño y fabricación del kit óptico modular, incluyendo elementos fabricado mediante impresión 3D y filamento PLA demostró ser una solución técnica eficaz para dar soporte material a las actividades indagatorias del ERE. Con un coste aproximado inferior a los 30 euros por unidad (incluyendo las lentes oftálmicas y la fuente de luz flexible), se logró un equivalente funcional a los bancos ópticos profesionales convencionales. Este tipo de soluciones ofrecen una alternativa real y sostenible al déficit de recursos experimentales que sufren muchos laboratorios de los centros escolares.

Con respecto al OE2, el análisis cualitativo de los diagramas de rayos dibujados por los estudiantes antes del ERE evidenció la profunda persistencia del modelo de visión activa (la creencia de que el ojo emite rayos hacia el objeto para poder verlo), confirmando los persistentes obstáculos ontológicos reportados en la literatura por autores como Galili y Hazan (2000). Sin embargo, tras enfrentarse al Reto 7 ("La visión de la víctima"), donde debían corregir físicamente una imagen borrosa posicionando lentes sobre el modelo de ojo impreso en 3D, y resolverlo correctamente, quedó manifiesta una clara evolución hacia el modelo científico (los rayos son emitidos o reflejados por el objeto hacia el receptor). Esta reestructuración cognitiva apoya las tesis de Osuna et al. (2007), quienes subrayan que la comprensión empírica del modelo de visión de Kepler es el paso indispensable para asimilar la óptica geométrica.

El análisis comparativo de los datos cuantitativos (OE3) revela un impacto significativo de la intervención gamificada en el aprendizaje del alumnado. Las puntuaciones medias en el instrumento de evaluación pasaron de un 35,1 % de acierto en el pretest a un 77,6 % en el posttest. La prueba t de Student para muestras emparejadas confirmó que esta diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,001$), indicando que la mejora no es atribuible al azar. Desde una perspectiva crítica, este incremento se interpreta como el resultado del conflicto cognitivo inducido por el Escape Room Educativo. En consonancia con la teoría del aprendizaje constructivista, reestructurar una concepción tan arraigada exige que las ideas previas del alumno se revelen como inadecuadas frente a la evidencia física tangible que ellos mismos están manipulando.

Asimismo, los resultados de las encuestas a las profesoras de secundaria corroboraron el valor práctico y estratégico de la intervención. Por un parte, valoraron muy positivamente el potencial didáctica del kit óptico. Por otra parte, destacaron que la implementación de las experiencias prácticas de indagación guiada inherentes a la resolución de los retos en el aula permite reducir la dificultad inherente a la abstracción de las leyes ópticas. Además, enfatizaron que la secuencia promueve un aprendizaje significativo en detrimento de la resolución mecánica de problemas teóricos, validando la replicabilidad de la experiencia para futuros cursos académicos.

CONCLUSIONES DIDÁCTICAS

El presente estudio demuestra que la integración de estrategias de gamificación inmersiva, específicamente a través de un Escape Room Educativo, combinada con instrumentación de bajo coste, constituye una alternativa pedagógica eficaz frente a la enseñanza tradicional de la óptica geométrica. Los resultados obtenidos confirman que la manipulación directa de lentes, espejos y filtros en un entorno de indagación guiada permite al alumnado confrontar y superar obstáculos ontológicos históricos, facilitando la transición desde modelos de visión pre-científicos hacia el modelo de rayos científicamente aceptado. El notable incremento en la comprensión conceptual (reflejado en la mejora del 35,1 % al 77,6 %) subraya la capacidad de esta intervención para generar el conflicto cognitivo necesario para el aprendizaje significativo.

Implicaciones para la enseñanza de las ciencias

Esta investigación aporta dos implicaciones fundamentales para la didáctica de la física. En primer lugar, a nivel metodológico, ratifica que el uso del marco de diseño MDA en actividades gamificadas no trivializa el conocimiento científico. Por el contrario, proporciona un andamiaje emocional y motivacional que fomenta la resiliencia del estudiante ante problemas complejos de física. En segundo

lugar, a nivel material, el desarrollo del kit óptico mediante impresión 3D evidencia que las barreras económicas y de recursos en los laboratorios de Educación Secundaria pueden mitigarse mediante la innovación frugal (rediseño de un producto, en este caso, un banco óptico, para eliminar características no esenciales, reduciendo drásticamente su coste y complejidad, pero manteniendo su funcionalidad básica) y la tecnología de código abierto.

En definitiva, este trabajo aboga por una enseñanza de la física experimental más accesible, activa y conectada con la resolución de problemas en contextos reales, sentando las bases para fomentar vocaciones científicas en etapas preuniversitarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo, B., Pesa, M. A., & Pozo, J. I. (2010). Los modelos de la ciencia para explicar la visión y el color: las complejidades asociadas a su aprendizaje. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación Y Experiencias didácticas, 28*(1), 113–126. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3625

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., y Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Galili, I., y Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education, 22(*1), 57–88. https://doi.org/10.1080/095006900290000

Mallow, J. V. (2006). *Science anxiety: Research and action*. NSTA Press.

Martínez-Borreguero, G., Pérez-Rodríguez, Á. L., Suero-López, M. I., & Pardo-Fernández, P. J. (2013). Detection of Misconceptions about Colour and an Experimentally Tested Proposal to Combat them. *International Journal of Science Education, 35*(8), 1299–1324. https://doi.org/10.1080/09500693.2013.770936

Osuna, L., Limiñana, R., Menargues, A., Nicolás, C., Rey, S., Rosa, S., y Martínez, J. (2016). Cómo vemos los colores. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, 85*, 23–29.

Osuna García, L., Martínez Torregrosa, J., Carrascosa Alís, J. y Verdú Carbonell, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica problematiza en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, 25*(2), 277-294. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3778

Osuna, L.; Martínez-Torregrosa, J. y Menargues, A. (2012). Evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias, 30* (3), 295-317. https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.515

Samuri, M.N., Fen, Y.W., Osman, N.H., Hairi, M.F. y and Anuar, M.F. (2026). A portable kit for refractive-index studies: refraction and critical angle in solids and liquids. Physics Education, 61(1), 015039. https://doi.org/10.1088/1361-6552/ae2e7317

Uzun, S., Alev, N. y Karal. I.S. (2013). A cross-age study of an understanding of light and sight concepts in physics. *Science Education International, 24*(2), 129-149.

Veldkamp, A., van de Grint, L., Knippels, M. C. P., y van Joolingen, W. R. (2020). Escape education: A review of educational escape rooms in science education. *Educational Research Review, 31*, 100364. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364

Zatti, L., Aimè, V., Armanetti, A., Aurelio, D., Budassi, E.,Pirola, M.,Restelli, S., Santostasi, D.,Verdi, S. y Venturini, S. (2026). PER me si va ne la fisica recente—an educational particle escape room (PER) towards the discovery of the Standard Model of particles. *Physics Education, 61*(1), 015050. https://doi.org/10.1088/1361-6552/ae326b

Razonamiento analógico y modelización en la enseñanza del modelo de inmunidad y vacunas

Marta Gómiz-Aragón[1], María del Mar Aragón-Méndez[1] y José María Oliva[1]*

[1]Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz, España

[*] Correspondencia: marta.gomiz@uca.es

RESUMEN: Este estudio analiza la relación entre el razonamiento analógico del alumnado y la comprensión del modelo de inmunidad y vacunas (MIV) en educación secundaria. A partir de una intervención basada en la analogía de un sistema de seguridad, se promovieron prácticas de modelización analógica. El desempeño en actividades analógicas y la comprensión del MIV se evaluaron mediante instrumentos validados. Los resultados muestran que un mayor dominio del razonamiento analógico se asocia con una construcción más consolidada del MIV, especialmente en variables relacionadas con el funcionamiento del sistema inmunitario y la composición de las vacunas, mientras que la comprensión del mecanismo de acción de las vacunas se correlaciona de manera no significativa con el razonamiento analógico. Estos hallazgos sugieren que la analogía funciona como recurso cognitivo eficaz cuando se integra de forma explícita y estructurada en la enseñanza, y que su potencial formativo está condicionado al tipo de procesos cognitivos implicados.

PALABRAS CLAVE: modelización; razonamiento analógico; procesos cognitivos; educación secundaria

ABSTRACT: This study examines the relationship between students' analogical reasoning and their understanding of the School Model of Immunity and Vaccines (SMIV) in secondary education. Through an intervention based on the analogy of a security system, practices of analogical modelling were promoted. Performance in analogical activities and SMIV understanding was assessed using validated instruments. Results indicate that higher analogical reasoning is associated with a more consolidated construction of the SMIV, particularly in variables related to the functioning of the immune system and the composition of vaccines, whereas understanding of the mechanism of action of vaccines does not correlate significantly with analogical reasoning. These findings suggest that analogy serves as an effective cognitive resource when integrated explicitly and systematically into teaching, and that its educational potential is conditioned by the type of cognitive processes involved.

KEYWORDS: modelling; analogical reasoning; cognitive processes; secondary education

INTRODUCCIÓN

La participación del alumnado en las prácticas de modelización científica requiere proporcionar herramientas que promuevan la abstracción, el razonamiento y la creatividad. Entre estas herramientas, las analogías se presentan como recursos especialmente útiles ya que permiten aproximar conceptos científicos complejos a experiencias más familiares, facilitando la comprensión, la aplicación y la reconstrucción de modelos (Gilbert y Justi, 2016; Gray y Holyoak, 2021). Más que una comparación de atributos, la analogía constituye un proceso de generación de conocimiento basado en la construcción de modelos.

El pensamiento analógico se fundamenta en la capacidad de identificar relaciones estructurales entre dominios (Oliva y Aragón-Méndez, 2017). La relación entre pensamiento analógico y pensamiento modelizador es bidireccional: construir analogías implica construir modelos en dominios cercanos al alumnado, mientras que implicarse en procesos de modelización enriquece la comprensión y el uso de las analogías (Aragón-Méndez y Oliva, 2020). Esta interrelación convierte al pensamiento analógico en un elemento de la formación científica (Mozzer y Justi, 2018). Así, el pensamiento analógico no solo

facilita la construcción y comprensión de modelos científicos, sino que también potencia la creatividad al generar nuevas relaciones y explicaciones (Maurines, 2024).

Investigaciones previas sobre la analogía entre el sistema inmunitario y un sistema de seguridad mostraron que el alumnado de secundaria lograba un buen desempeño en la caracterización del objeto y el mapeo de semejanzas, pero tenía dificultades con el lenguaje analógico, la identificación de limitaciones y la explicitación de la utilidad de la analogía para su aprendizaje. El análisis estadístico indicó un factor subyacente que podría vincularse al uso de la analogía en la modelización. A partir de estos resultados, el presente estudio examina la relación entre el razonamiento analógico del alumnado y su comprensión del modelo de inmunidad y vacunas (MIV), planteando las siguientes preguntas de investigación:

PI.1. ¿El desempeño en actividades analógicas se asocia con el nivel de construcción del MIV?

PI.2. ¿Qué variables concretas del MIV se correlacionan con el razonamiento analógico?

METODOLOGÍA

Participantes y contexto didáctico

En el estudio participaron 181 estudiantes de 3.º de ESO y la intervención se desarrolló en el contexto de la enseñanza del MIV mediante la analogía de un sistema de seguridad. El diseño de las actividades siguió el modelo *Teaching With Analogies* (TWA; Glynn, 1991). La secuencia fomentó prácticas de modelización analógica (Mozzer y Justi, 2018) que permitieron al alumnado construir, revisar, evaluar y aplicar modelos en distintos contextos, integrando comprensión conceptual, lenguaje analógico y razonamiento metacognitivo. La alineación entre el modelo TWA, la modelización analógica y la secuencia de actividades se recoge en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de alineación entre el modelo TWA, la modelización analógica y la secuencia

Operaciones del modelo TWA (Glynn, 1991)	Etapas de la modelización analógica (Mozzer y Justi, 2018)	Secuencia de actividades
Introducción del objeto	Creación: formulación de analogías y selección del dominio análogo	A1 Sobre experiencias previas
Propuesta de un análogo		A2 Activación del análogo
Identificación de los elementos relevantes del análogo		
Mapeo de las similitudes entre el análogo y el objeto	Expresión: representación y comparación entre dominios	A3 Analogía del sistema inmunitario
Inferencia de conclusiones acerca del objeto	Revisión del modelo analógico	A4 Analogía de las vacunas
Establecimiento de los límites de la analogía	Evaluación: aplicación y análisis de limitaciones	A5 Evaluación del modelo analógico

Diseño de la investigación

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo correlacional estructurado en dos fases: una exploratoria, para identificar la relación global entre el desempeño analógico del alumnado y la construcción del modelo MIV (PI.1); y otra analítica, que profundiza en el vínculo entre el razonamiento analógico y la comprensión de dimensiones específicas del modelo (PI.2). Para ello, se emplean instrumentos validados en estudios previos.

La comprensión del MIV se evaluó mediante un mapa de constructo con seis variables, distribuidas en cuatro niveles de progresión, que abarcaban componentes estructurales y funcionales –funcionamiento del sistema inmunitario (M1), composición de las vacunas (M2) y mecanismo de acción de las vacunas (M3)–, y sociocientíficas –importancia (M4), limitaciones (M5) y cuestiones sociales de la vacunación (M6).

El desempeño en actividades analógicas se analizó a través de cinco indicadores. A partir de esta escala se estableció una escala global de razonamiento analógico de cinco niveles (Tabla 2). Esta escala global distingue un núcleo estructural, centrado en la caracterización del objeto y el mapeo de semejanzas, y un componente reflexivo enfocado en la identificación de limitaciones y la utilidad de la analogía. El empleo del lenguaje analógico se considera como un indicador transversal que, si bien es relevante para determinar el desempeño en actividades analógicas, no define el grado de consolidación del razonamiento.

Tabla 2. Escala global de razonamiento analógico

Nivel	Descripción
1. Razonamiento analógico ausente	No demuestra razonamiento analógico funcional. No caracteriza el dominio objeto y el mapeo de semejanzas es muy limitado.
2. Razonamiento analógico superficial	Realiza intentos muy básicos de establecimiento de la analogía. Puede nombrar algunos elementos o establecer semejanzas simples, pero la comprensión es limitada.
3. Razonamiento analógico parcial	Empieza a consolidar el núcleo de la analogía: caracterización suficiente y mapeo correcto, pero la reflexión sobre la analogía es limitada.
4. Razonamiento analógico funcional	Se demuestra el núcleo completo de razonamiento analógico y puede usar la analogía para organizar ideas, pero la reflexión es parcial o insuficiente.
5. Razonamiento analógico reflexivo	El estudiante integra plenamente la analogía, evaluando limitaciones y utilidad, mostrando pensamiento analógico reflexivo.

Procedimiento de análisis de datos

En la fase exploratoria del estudio, se utilizaron Análisis de Componentes Principales Categórico (CATPCA) para los ítems del MIV y los indicadores de desempeño en actividades analógicas, extrayendo una única dimensión por cada constructo y evaluando la consistencia interna con el coeficiente α de Cronbach. A partir de las puntuaciones factoriales obtenidas con el CATPCA, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre el desempeño en actividades analógicas y la comprensión del MIV.

En la fase analítica se estudió la relación entre el razonamiento analógico y las variables del modelo MIV, centrándose en las tres componentes estructurales y funcionales (M1, M2 y M3), por ser directamente relevantes para la modelización analógica. Las variables sociocientíficas quedaron fuera de este análisis al no abordarse en la secuencia mediante analogías. Dado el carácter ordinal de las variables y la ausencia de supuestos de linealidad, se utilizó el coeficiente Tau-b de Kendall para calcular las correlaciones.

Todos los análisis se realizaron con el software SPSS v.29.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para responder a la PI.1 se examinó la relación global entre la comprensión del MIV y el desempeño en actividades analógicas.

El CATPCA aplicado a los ítems MIV arrojó una solución unidimensional que explicó el 41,64 % de la varianza (autovalor = 2,498) y presentó alta consistencia interna (α = 0,720), con cargas factoriales positivas entre 0,406 y 0,784. De manera similar, el CATPCA de los ítems de desempeño en actividades analógicas mostró una solución unidimensional que explicó el 54,14 % de la varianza (autovalor = 2,707), con consistencia elevada (α = 0,788) y cargas factoriales positivas entre 0,538 y 0,886.

A partir de estas puntuaciones factoriales, la correlación de Pearson entre los constructos globales de comprensión del MIV y de desempeño en actividades analógicas fue positiva y significativa ($r = 0,483$; $p < 0,001$), indicando que un mejor desempeño analógico se asocia con una construcción más consolidada del MIV.

Los resultados del estudio muestran que un mejor desempeño en las actividades analógicas se asocia significativamente con una construcción más consolidada del MIV a nivel global, tal como evidencian las correlaciones positivas entre las puntuaciones factoriales de ambas escalas. Este resultado responde a la PI.1 y pone de manifiesto la interdependencia entre el razonamiento analógico y la competencia de modelización.

La relación observada sugiere que el razonamiento analógico despliega su potencial formativo cuando se integra en un diseño didáctico estructurado que promueve la identificación de elementos relevantes, el establecimiento de correspondencias estructurales, la elaboración de inferencias y la evaluación de los límites del análogo (Petchey et al., 2023). Concebir la analogía como un proceso planificado y explícito facilita una interacción cognitiva profunda con los modelos científicos, coherente con el modelo TWA (Glynn, 1991) y la modelización analógica (Mozzer y Justi, 2018).

Los procesos cognitivos compartidos entre el desempeño en actividades analógicas y la modelización explican la asociación observada, puesto que la modelización analógica requiere identificar correspondencias, elaborar inferencias y evaluar modelos (Aragón-Méndez y Oliva, 2020; Lin y Chao, 2023). En los niveles iniciales (A1 y A2), el alumnado moviliza procesos de identificación y comunicación al activar conocimientos previos y seleccionar dominios relevantes. La actividad A3, centrada en el mapeo entre el sistema inmunitario y el sistema de seguridad, activa procesos de representación, síntesis e inferencia, permitiendo construir explicaciones coherentes. Las actividades A4 y A5 aumentan la complejidad cognitiva, al requerir aplicación del modelo a nuevas situaciones y evaluación explícita de sus límites, movilizando procesos metacognitivos y evaluativos. En conjunto, los datos apoyan que el desempeño en actividades analógicas y modelización comparten una base cognitiva común (Tise et al., 2023), lo que explica que un mayor dominio de los procesos analógicos se asocie con una construcción más consolidada del MIV.

Para responder a la PI.2 y explorar la relación entre el razonamiento analógico y la construcción de dimensiones concretas del MIV, se calculó el coeficiente Tau-b de Kendall. El análisis (Tabla 3) mostró correlaciones positivas y significativas, aunque bajas, entre la escala global de razonamiento analógico y los ítems M1, M2 y M3. Estos resultados indican que la relación entre razonamiento analógico y construcción del MIV no es homogénea y depende de los procesos cognitivos implicados en cada dimensión.

Tabla 3. Tau-b de Kendall entre la escala global de razonamiento analógico y los ítems del MIV.

Variable	M1	M2	M3
Razonamiento analógico	.257***	.302***	.111 (ns)

Nota. *** p < .001; ns = no significativo.

La comprensión del funcionamiento del sistema inmunitario (M1) requiere que los estudiantes identifiquen los componentes del sistema inmunitario, establezcan relaciones funcionales entre agentes y mecanismos de defensa y representen estas relaciones de manera estructurada. Estos procesos movilizan habilidades de identificación, diferenciación, síntesis, representación e inferencia, que son centrales también en la formulación y mapeo de analogías (A3). Por ello, es coherente que un mayor desempeño en razonamiento analógico se asocie con una construcción más consolidada de M1.

Para comprender la composición de las vacunas (M2), el alumnado necesita analizar los elementos constituyentes de las vacunas y vincular estos componentes y con sus efectos. Esto activa procesos de representación, explicación y manejo de evidencias, equivalentes a los procesos necesarios para aplicar analogías (A4). La correlación significativa con el desempeño analógico indica que la capacidad de mapear y organizar relaciones en una analogía favorece la comprensión de la composición de las vacunas.

Comprender el mecanismo de acción de las vacunas (M3) implica habilidades cognitivas de tipo sistémico. Esto incluye el pensamiento relacional, que permite entender que el antígeno no elimina

por sí mismo la enfermedad, sino que es el sistema inmunitario el que actúa y que la memoria celular explica la protección futura; el razonamiento causal, que facilita comprender que la vacuna activa la producción de células de memoria; y la integración micro–macro, que conecta los procesos celulares (microscópicos) con los efectos a nivel del organismo (macroscópicos).

La analogía utilizada podría favorecer especialmente el pensamiento relacional y causal, pero no tanto la coordinación entre diferentes niveles de organización biológica, lo que podría explicar la falta de correlación con la escala global de razonamiento analógico. En general, se puede considerar que los estudiantes han comenzado a desarrollar habilidades de pensamiento sistémico, aunque algunas dimensiones del modelo parecen requerir procesos cognitivos adicionales que no se activan directamente con las actividades analógicas de la SEA.

CONCLUSIONES

Los resultados refuerzan la idea de que el razonamiento analógico constituye un recurso cognitivo relevante para apoyar la construcción de modelos científicos cuando se integra de forma explícita y estructurada en la enseñanza. Además, muestran que la analogía, entendida como proceso y no solo como recurso explicativo, favorece los enfoques de enseñanza basados en la modelización.

Este estudio sugiere que el potencial didáctico de las analogías depende del tipo de procesos cognitivos implicados, del grado en que la secuencia didáctica promueva pasar de establecer correspondencias estructurales a dar explicaciones causales sobre los procesos inmunitarios, y del tipo de relaciones analógicas que se establezcan. En analogías complejas, donde el número de relaciones es amplio, conviene destacar cuáles se utilizan (estructurales, funcionales o causales), lo que conecta con la importancia de la reflexión metacognitiva no solo sobre los modelos, sino también sobre el propio razonamiento analógico.

Futuros trabajos podrían profundizar en la relación entre el razonamiento analógico y la reflexión metacognitiva, particularmente en lo relativo a la conciencia epistemológica del alumnado sobre la naturaleza, la utilidad y las limitaciones de los modelos científicos.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PID2022-136353NB-I00, financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades/ Agencia Estatal de Investigación/10.13039/501100011033.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aragón-Méndez, M. M. y Oliva, J. M. (2020). Relación entre la competencia de pensamiento analógico y la competencia de modelización en torno al cambio químico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, 15*(1), 83–100. https://doi.org/10.14483/23464712.14441

Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3

Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching with analogies model. En S. M. Glynn, R. H. Yearny y B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219–240). Lawrence Erlbaum.

Gray, M. y Holyoak, K. J. (2021). Teaching by analogy: From theory to practice. *Mind, Brain, and Education, 15*(2). https://doi.org/10.1111/mbe.12288

Lin, J. W. y Chao, H. Y. (2023). Developing an instrument to examine students' analogical modeling competence: An example of electricity. *Science Education*. https://doi.org/10.1002/sce.21828

Maurines, L. (2024). Étudier les représentations de la créativité du scientifique dans la pratique de modélisation: premiers jalons et résultats exploratoires auprès d'étudiants en CPGEI. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (29), 45-77. https://doi.org/10.4000/130bx

Mozzer, N. B. y Justi, R. (2018). Modelagem analógica no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, *23*(1), 155-182. https://doi.org/10.22600/1518-8795.iencA2018v23n1p155

Oliva, J. M. y Aragón-Méndez, M. M. (2017). Modelización y pensamiento analógico en el aprendizaje del cambio químico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *17*(3), 903–929. https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017173903

Petchey, S., Treagust, D. y Niebert, K. (2023). Improving university life science instruction with analogies: Insights from a course for graduate teaching assistants. *CBE—Life Sciences Education*, *22*(ar24). https://doi.org/10.1187/cbe.22-07-0142

Tise, J. C., Sperling, R. A., Dann, M. S. y Young, T. M. (2023). Teaching postsecondary students to use analogies as a cognitive learning strategy: An intervention. *CBE—Life Sciences Education, 22*(1). https://doi.org/10.1187/cbe.22-05-0084

Integración de Entornos Inteligentes de Aprendizaje, Pensamiento Computacional y Aprendizaje Automático en la enseñanza de contenidos científicos

David González-Gómez[1,*] *y Jin Su Jeong*[2]

[1]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

[2]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

*Correspondencia: dggomez@unex.es

RESUMEN: En la actualidad se observa un creciente interés por articular metodologías activas de enseñanza en entornos de aprendizaje multidisciplinares, en los que el diseño del espacio y el uso de recursos digitales desempeñan un papel activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La integración crítica de estos recursos, lejos de constituir un fin en sí mismo, se concreta en entornos inteligentes de aprendizaje y en iniciativas como el Future Classroom Lab (Aula del Futuro), que promueven competencias clave del siglo XXI mediante un diseño intencional del aula. En este marco, este trabajo presenta el diseño, la implementación y la evaluación de una propuesta sobre el Sistema Solar, desarrollada en un Aula del Futuro, que integra metodologías activas con recursos digitales vinculados al pensamiento computacional (PC) y al aprendizaje automático (AA/ML); la creación de un chatbot constituye el producto final de la intervención implementada en una asignatura de Didáctica de las Ciencias en el Grado en Educación Primaria. Los resultados preliminares indican que esta integración fomenta el desarrollo de emociones positivas durante el aprendizaje y atenúa, en gran medida, las negativas. Un análisis cualitativo de la percepción del estudiantado participante en el estudio sugiere la idoneidad de articular espacios, recursos digitales y metodologías activas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos científicos.

PALABRAS CLAVE: Entornos inteligentes de aprendizaje; Pensamiento Computacional; Aprendizaje Automático; Sistema Solar; Emociones en el aprendizaje de las Ciencias

ABSTRACT: Currently, there is growing interest in integrating active teaching methodologies within multidisciplinary learning environments, in which spatial design and the use of digital resources play an active role in the teaching–learning process. The critical integration of these resources is operationalized in smart learning environments and in initiatives such as the Future Classroom Lab, which foster key twenty-first-century competencies through intentional classroom design. Within this framework, this study presents the design, implementation, and evaluation of an instructional proposal on the Solar System, developed in a Future Classroom, which integrates active methodologies with digital resources linked to computational thinking (CT) and machine learning (ML); the creation of a chatbot constitutes the final product of the intervention, implemented in the Science Education course within the Bachelor's Degree in Primary Education. Preliminary results indicate that this integration fosters the development of positive emotions during learning and substantially attenuates negative ones. A qualitative analysis of participating students' perceptions suggests the appropriateness of integrating spatial design, digital resources, and active methodologies in the teaching–learning of scientific content.

KEYWORDS: Smart Learning Environments; Computational Thinking; Machine Learning; Solar System; Emotions in Science Learning

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la enseñanza de las ciencias se ha centrado en los aspectos cognitivos del aprendizaje, predominando metodologías docentes basadas en la transmisión de conocimiento en entornos de aprendizaje estructurados y controlados (Taylor y Watson, 2000). En este sentido, la incorporación de nuevas tecnologías y herramientas digitales en la educación superior está favoreciendo una profunda transformación en la manera en que se desarrollan los procesos de enseñanza-aprendizaje en general, y de forma particular en la enseñanza de contenidos científicos (Jeong y González-Gómez, 2025). No obstante, el uso de recursos digitales debe entenderse como un instrumento más dentro de un ecosistema educativo más amplio; la innovación no puede reducirse a la mera presencia de tecnología en las aulas ni al empleo de los últimos avances informáticos (Prendes, 2018).

Por otro lado, en los últimos años se ha observado un notable incremento en el uso de entornos de aprendizaje innovadores, metodologías activas y enfoques educativos interdisciplinarios con el fin de mejorar los procesos de aprendizaje del estudiantado. La interacción dinámica entre la pedagogía y el diseño espacial facilita la adquisición de competencias propias del siglo XXI y promueve experiencias de aprendizaje exitosas. En este marco, los denominados "entornos inteligentes de aprendizaje" persiguen la integración de recursos digitales en el aula con el objetivo de ofrecer un aprendizaje efectivo e incrementar las metahabilidades del estudiantado (Hwang, 2014).

Partiendo de este contexto, cabe destacar el proyecto europeo Future Classroom Lab (FCL), diseñado por European Schoolnet, que nace con la pretensión de articular los aspectos pedagógicos del aprendizaje con los espacios educativos y la tecnología aplicada al proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, promueve metodologías activas tales como el aprendizaje basado en proyectos (ABP), el aprendizaje cooperativo, las rutinas de pensamiento y el pensamiento crítico, la gamificación, entre otras, así como el fortalecimiento de competencias clave mediante el uso de una amplia gama de recursos tecnológicos (Montero-Izquierdo, et al., 2024). De este modo, dichos espacios se configuran como agentes fundamentales para impulsar el cambio educativo: un entorno bien concebido facilita la organización de las aulas según necesidades y objetivos específicos, y vincula el uso de herramientas digitales con enfoques pedagógicos activos. En esta línea, Román-García et al. (2023) destacan que el FCL cumple estas funciones al promover una integración armónica entre pedagogía, diseño del espacio e incorporación de tecnología.

Asimismo, el notable avance tecnológico de los últimos años ha permitido que herramientas antes circunscritas al ámbito de la investigación sean ahora de amplio acceso. Desde 2022, la irrupción de la inteligencia artificial generativa (IAg) ha modificado de forma sustancial tanto la manera en que interactuamos con las máquinas como su integración en la enseñanza de las ciencias (Bravo et al., 2025). El aumento del uso en las aulas de chatbots basados en IAg está transformando las prácticas educativas, lo que requiere una integración didáctica efectiva para potenciar las habilidades y la competencia científica del estudiantado (Cooper, 2023). En este sentido, el desarrollo del pensamiento computacional (PC) y la comprensión del aprendizaje automático (AA/ML) adquieren un papel relevante en la formación docente. El PC se define como un conjunto amplio de actividades cognitivas que aplican principios de la informática a la resolución de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión del comportamiento humano, y permite formular preguntas y soluciones ejecutables por ordenador (Jeong y González-Gómez, 2026; Wing, 2008). Con todo, su integración efectiva en el ámbito educativo exige la adaptación de los currículos, la formación del profesorado y el apoyo al estudiantado en el desarrollo de nuevas destrezas, especialmente cuando no se cuenta con experiencia previa en conceptos computacionales (Wang y Wang, 2024).

METODOLOGÍA

Objetivo

En este trabajo se presenta el diseño, la implementación y la evaluación de una propuesta de enseñanza-aprendizaje para trabajar contenidos relativos al Sistema Solar desarrollada en un Aula

del Futuro. En esta propuesta se propone una integración de espacios docentes con recursos digitales vinculados con el pensamiento computacional (PC) y con el aprendizaje automático (AA/ML). La evaluación del diseño implementado se hizo en función de la dimensión afectiva del aprendizaje de los estudiantes participantes. Así mismo se evaluó la percepción de los estudiantes hacia la propuesta metodológica.

Participantes

El estudio se ha realizado con un grupo de 42 estudiantes matriculados en una asignatura obligatoria del Grado en Educación Primaria que versa sobre contenidos científicos, entre los que se incluyen el estudio del Universo y el Sistema Solar. Una de las características de la asignatura es que se imparte en lengua inglesa, ya que forma parte del programa bilingüe con el que cuenta la universidad. La Tabla 1 resume las características principales de los participantes del estudio, donde se muestra que un porcentaje destacable de los estudiantes matriculados no habían cursado, en su bachillerato, ninguna asignatura de ciencias.

Tabla 1. Información demográfica de los participantes del estudio

N	EDAD	GÉNERO		FORMACIÓN PREVIA		
		HOMBRES	MUJERES	CIENCIAS SOCIALES	CIENCIA	ARTE
42	20.10 ±0.80	40.4 %	59.5 %	78.5 %	16.8 %	4.7 %

Diseño de la intervención

La intervención se desarrolló a lo largo de tres sesiones en el Aula del Futuro (AdF) de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de los Extremadura. En ella se pidió al estudiantado completar un proyecto guiado articulado mediante una narrativa sobre el Sistema Solar, en el que debían alternar entre los distintos espacios del AdF y emplear los recursos digitales asociados a cada uno de ellos, para avanzar por las etapas intermedias del proyecto. El producto final consistió en la creación de un chatbot que integraba una fase de AA/ML y otra posterior de PC para el diseño y la programación, en Scratch, de un chatbot (Figura 1). El chatbot debía ser capaz de responder preguntas de dificultad media sobre el Sistema Solar, para lo cual el estudiantado utilizó los conocimientos adquiridos a lo largo del proyecto.

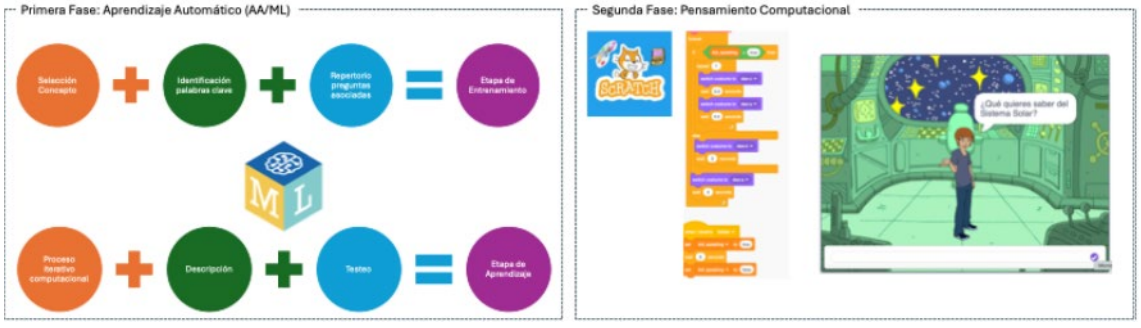


Figura 1. Propuesta de diseño de intervención en dos fases: Fase de aprendizaje automático (AA/ML) y fase de pensamiento computacional (PC)

Diseño experimental, recogida y análisis de datos

Para evaluar esta intervención se empleó un diseño preexperimental sin grupo de control. En primer lugar, se evaluaron las emociones experimentadas por el estudiantado durante la actividad mediante un instrumento desarrollado y validado por nuestro grupo de investigación (Jeong y González-Gómez, 2025), la recogida de datos se realizó antes y después de la intervención. Concretamente se analizaron tres emociones positivas (confianza, diversión y tranquilidad) y tres emociones negativas (preocupación, nerviosismo y aburrimiento). Una vez finalizada la intervención, se analizó cómo el estudiantado percibió la actividad y el trabajo realizado en el Aula del Futuro, para lo cual se les

formuló, mediante pregunta abierta, una valoración crítica de la intervención desarrollada. En todo caso, para la recogida de datos, se garantizó la participación voluntaria de los participantes siguiendo el protocolo previamente aprobado por parte de la comisión de bioética de la Universidad de Extremadura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con la evolución de las emociones sentidas por los estudiantes, antes y después de la intervención, la Figura 2 muestra los valores medios de las puntaciones otorgadas. Dado que los datos no seguían una distribución normal, se aplicó la prueba U de Mann–Whitney para comprobar la significación de las variables con niveles de confianza del 95% y del 99% al compararlas antes y después de la intervención.

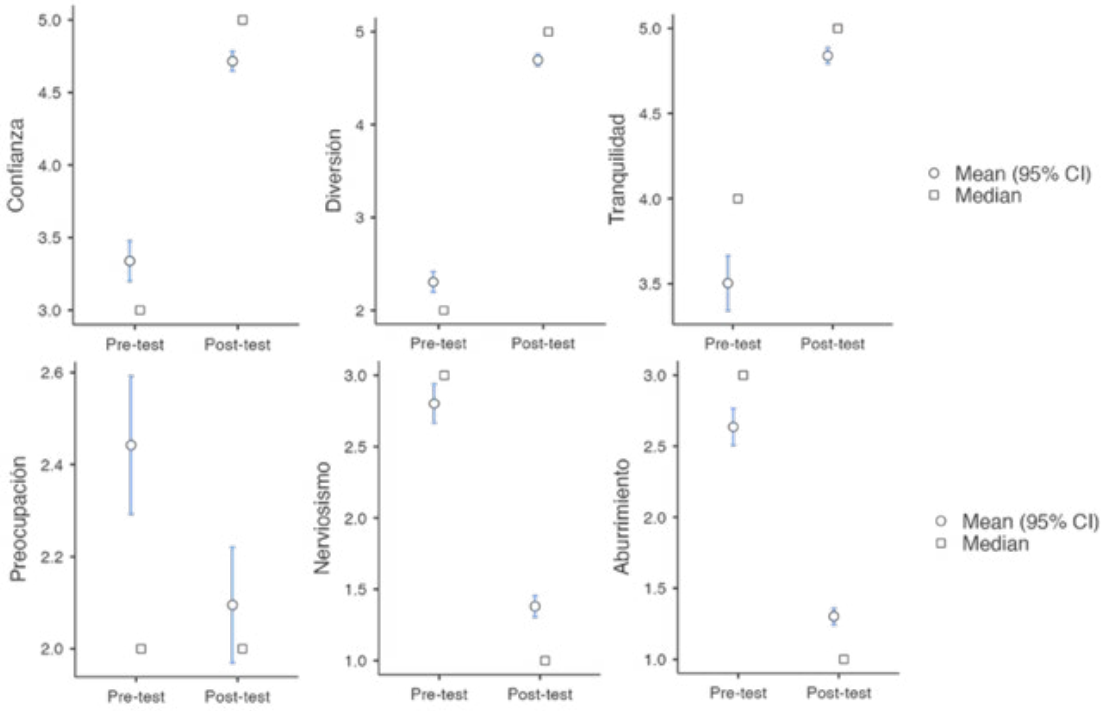


Figura 2. Emociones sentidas por los estudiantes participantes antes (pre-test) y después (post-test) de la intervención.

De acuerdo con los resultados preliminares alcanzados en esta primera fase del proyecto, se observa como la propuesta de instrucción tiene un efecto significativo en los estudiantes participantes en este estudio. En relación con las emociones positivas, cabe destacar que en el incremento significativo en las puntuaciones otorgadas en las tres emociones analizadas. Es en "diversión" donde se produce un incremento medio más importante (2.38 unidades), mientras que "tranquilidad" y "confianza" incrementan su puntuación en un orden similar. Con respecto a las emociones negativas también se observa una disminución significativa para los estudiantes participantes en el estudio. De forma detallada, donde se produce una disminución media más acentuada es para las emociones "nerviosismo" y "aburrimiento" (1.42 y 1.33 unidades, respectivamente), mientras que para el caso de la preocupación se observa una mayor dispersión en los resultados y un menor descenso medio (0.34). Estos resultados preliminares apuntan a que la propuesta de enseñanza-aprendizaje desarrollado en un Aula del Futuro y enriquecida mediante la integración de tecnologías vinculadas al pensamiento computacional (PC) y al aprendizaje automático (AA/ML) fomenta la dimensión afectiva del estudiantado, mejorando las actitudes positivas y disminuyendo las negativas asociadas al aprendizaje, lo que está en la línea con estudios previos realizados (Jeong et al., 2021) y contribuye en la necesidad de establecer propuestas que fomenten la regulación emocional en el estudiantado (Jeong y González-Gómez, 2025). Finalmente, en

cuanto a la percepción participantes tras la realización de la actividad, se observa como valoraron de forma significativa el carácter dinámico de la actividad y la facilidad de vincular el contenido teórico a la propuesta práctica de programación del chatbot. Como aspectos negativos, cabe destacar que un número significativo de estudiantes manifestó dificultad en lo relativo al pensamiento computacional.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta el diseño, la implementación y la evaluación de una propuesta de enseñanza-aprendizaje para trabajar contenidos relativos al Sistema Solar y que se desarrolla en un Aula del Futuro. En esta propuesta se propone una integración de espacios docentes con recursos digitales vinculados con el pensamiento computacional (PC) y al aprendizaje automático (AA/ML) dentro de un contexto de un proyecto en el que el objetivo final es la realización de un *chatbot* capaz de responder preguntas, de una complejidad media, sobre el Sistema Solar. La evaluación de la propuesta, considerando las emociones sentidas por los estudiantes participantes de este estudio sugieren que esta integración fomenta el desarrollo de emociones positivas durante el aprendizaje y atenúa, en gran medida, las negativas. Un análisis cualitativo de la percepción del estudiantado participante en el estudio sugiere la idoneidad de articular espacios, recursos digitales y metodologías activas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos científicos. En cualquier caso, hay que tener en cuenta la naturaleza preliminar del trabajo presentado, y que está siendo objeto de un desarrollo más profundo en la actualidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo, B., Pérez, G., Inorreta, Y., y Jara, Y. (2025). Uso de inteligencia artificial generativa para resolver problemas de física en ingeniería. *Enseñanza de las Ciencias*, 43(3), 73-91.

Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 444-452.

Hwang, G. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments – A context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 1(4), 1-14.

Jeong, J.S., González-Gómez, D., y Cañada-Cañada, F. (2021). How does a flipped classroom course affect the affective domain toward science course? *Interactive Learning Environments*, 29:5, 707-719,

Jeong, J.S., y González-Gómez, D. (2025). Examining the impact of flipped classroom learning (FCL) and gamified-flipped classroom learning (G-FCL) on students' attitudes and emotions toward learning in a university course. *Active Learning in Higher Education,* https://doi.org/10.1177/14697874251347184

Jeong, J.S., y González-Gómez, D. (2026). Integrating and developing computational thinking in higher education using micro:bit: examining the influence on pre-service teachers' self-perceived content knowledge, attitude, and emotion toward further K-12 mathematics education. *Frontiers in Psychology,* 17:1742317.

Montero-Izquiedo, A.I., Jeong, J.S., y González-Gómez, D. (2024). A future classroom lab with active and gamified STEAM proposal for mathematics and science disciplines: Analyzing the effects on pre-service teacher's affective domain. *Heliyon*, 2024; 10

Predes, M. P. (2018). La tecnología educativa en la pedagogía del siglo XXI: Una visión en 3D. *RIITE:Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa,* 4, 6-16.

Román-Graván, P., Sánchez-Toscano-López, M. R., Hervás-Gómez, C., y Cotrino-García, J. A. (2023). Las aulas del futuro como recurso en la formación de docentes y estudiantes. In B. Peña-Acuña (Ed.), *Aulas del Futuro: Experiencias Educativas* (pp. 41-60), Barcelona: Octaedro.

Taylor, A., y Watson S. B. (2000). Assessment of science learning and understanding of the processes of science. *Journal of Elementary Science Education*, 12(1), 19-31

Wang, H. H., y Wang, C. A. (2024). Teaching design students machine learning to enhance motivation for learning computational thinking skills. *Acta Psychologica*, 252, 104619.

Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A,* 366(1881), 3717–3725.

Pensamiento computacional con micro:bit en entornos de aprendizaje inteligentes: Propuesta para trabajar el concepto de "gravitación" con docentes en formación

Jin Su Jeong[1,*] *y David González-Gómez*[2]

[1]Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

[2]Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

*Correspondencia: jin@unex.es

RESUMEN: La inclusión del pensamiento computacional en los currículos oficiales de Educación Primaria, dentro de las materias de ciencias y matemáticas, plantea la necesidad de contar con profesorado adecuadamente formado y con las competencias necesarias para incorporarlo a la práctica docente, a la vez que se trabajan los contenidos propios de la ciencia. En este sentido, en este trabajo se presenta el diseño, la implementación y la evaluación de una propuesta didáctica que integra pensamiento computacional mediante computación física empleando placas micro:bit. El trabajo se desarrolla en el marco de los entornos de aprendizaje inteligentes, con el objetivo de abordar el concepto de gravitación con docentes en formación de Educación Primaria. En el estudio participaron un total de 41 docentes en formación y, siguiendo un diseño preexperimental, se evaluó el efecto de la intervención en términos de emociones sentidas por los estudiantes e interés mostrado, antes y después de la intervención. Dada la no normalidad de los datos, se aplicó la U de Mann–Whitney y se realizaron análisis de correlación. Los resultados muestran incrementos significativos en las emociones positivas y en el interés, y una disminución significativa de las emociones negativas. El interés se correlacionó positivamente con las emociones positivas ($r(80) = 0{,}672$; $p < 0{,}001$) y negativamente con las negativas ($r(80) = -0{,}523$; $p < 0{,}001$). Se concluye que la integración de micro:bit en los denominados entornos de aprendizaje inteligentes favorece emociones propicias y un aprendizaje significativo, aportando estrategias transferibles al aula.

PALABRAS CLAVE: Entornos Inteligentes de Aprendizaje; Pensamiento Computacional; Micro:bit; Docentes en Formación; STEM

ABSTRACT: The inclusion of computational thinking in the official Primary Education curricula, within the subjects of science and mathematics, underscores the need for appropriately trained teachers with the necessary competencies to incorporate it into teaching practice while simultaneously addressing science content. In this regard, this study presents the design, implementation, and evaluation of a teaching proposal that integrates computational thinking through physical computing using micro:bit boards, within the framework of smart learning environments, to address the concept of gravitation with pre-service Primary Education teachers. A total of 41 pre-service teachers participated in the study and, following a pre-experimental design, the effect of the intervention was assessed in terms of emotions experienced by the students and interest shown, before and after the intervention. Given the non-normality of the data, the Mann–Whitney U test was applied and correlation analyses were conducted. The results show significant increases in positive emotions and interest, and a significant decrease in negative emotions. Interest correlated positively with positive emotions ($r(80) = 0.672$; $p < 0.001$) and negatively with negative emotions ($r(80) = -0.523$; $p < 0.001$). It is concluded that integrating micro:bit into the Smart Learning Environments fosters conducive emotions and meaningful learning, providing strategies transferable to the classroom.

KEYWORDS: Smart Learning Environments; Computational Thinking; Micro:bit; Pre-service Teachers; STEM

INTRODUCCIÓN

El pensamiento computacional puede entenderse como el proceso mediante el cual los problemas se formulan de modo que sus soluciones puedan representarse como secuencias de instrucciones o algoritmos. En términos generales, el pensamiento computacional se concibe como un conjunto de habilidades de resolución de problemas de amplia aplicabilidad, entre ellas la abstracción, la descomposición, el reconocimiento de patrones y el pensamiento algorítmico, entre otras (Huang & Looi, 2021).

En el sistema educativo español, tras la Ley Orgánica de Modificación de la LOE (LOMLOE), el pensamiento computacional se incorpora a los currículos de Educación Primaria, vinculado a las áreas de Matemáticas y Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural (Gobierno de España, 2022). Así, en la mayoría de los currículos, el pensamiento computacional está presente en las materias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) y puede integrarse con facilidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje a través de la resolución de problemas y la adquisición de conocimiento (Lu et al., 2022). No obstante, algunos estudios (Kim et al., 2015) han señalado que el profesorado no está suficientemente preparado para incorporar, de forma efectiva, el pensamiento computacional con contenidos STEM. Con objeto de revertir esta situación, se está evidenciando un creciente esfuerzo investigador en didáctica de las ciencias orientado al diseño, implementación y evaluación de propuestas que incorporen las características del pensamiento computacional en la enseñanza de contenidos científicos y que permitan al estudiantado desarrollar competencias asociadas a dicho enfoque. Del mismo modo, resulta necesario contar con profesorado adecuadamente formado para incorporar el pensamiento computacional de manera eficaz en la práctica docente (Jeong y González-Gómez, 2026). En este sentido, la computación física, mediante la incorporación de objetos interactivos que, a través de diversos sensores y actuadores coordinados mediante software, interactúan con el entorno y con las personas, constituye un punto de partida particularmente adecuado en etapas educativas iniciales (Banzi, 2011). Entre los diversos dispositivos de computación física, distintas investigaciones han señalado la robustez de micro:bit (Kalelioğlu y Sentance, 2020). El profesorado ha descrito que micro:bit resulta fácil de utilizar para el alumnado, que comprende los contenidos e incrementa su implicación en las actividades, además el uso de micro:bit contribuye a resolver dificultades históricas asociadas a los dispositivos de computación física (Kalelioğlu y Sentance, 2020).

Por otro lado, en los últimos años el empleo de los espacios educativos como recurso pedagógico está tomando una gran relevancia. En este sentido, los denominados entornos de aprendizaje inteligentes (SLE) persiguen la integración de metodologías activas de aprendizaje y recursos digitales, con el diseño espacial del aula, con el objetivo de ofrecer un aprendizaje efectivo (Hwang, 2014). Un tipo de SLE son las denominadas Aulas del Futuro (AdF), que nace con la pretensión de articular los aspectos pedagógicos del aprendizaje con los espacios educativos y la tecnología aplicada al proceso de enseñanza-aprendizaje, ofreciendo una nueva forma de enseñar, donde en la que la interacción constituye el eje principal para establecer un entorno de aula dinámico, creativo y abierto. (Montero-Izquierdo, et al., 2024). Estas características hacen de las AdF un entorno muy apropiado para desarrollas proyectos STEM en los que el pensamiento computacional se pueda integrar de una forma holística en el proyecto, permitiendo alcanzar así los objetivos propuestos de aprendizaje.

Por otro lado, a la hora de abordar la enseñanza de contenidos científicos relacionados con la física, aunque docentes de educación primaria señalan haber recibido formación en métodos de enseñanza experimental; sin embargo, consideran difícil ponerlos en práctica y perciben una falta de competencia para enseñar experimentos de física (Gunes et al., 2011), así mismo estudios apuntan que en el caso de los contenidos relacionados con la mecánica newtoniana, existe deficiencias significativas en el conocimiento tanto de los docentes en formación como del profesorado en ejercicio, deficiencias que afectaban a su selección de estrategias didácticas y de objetivos de aprendizaje (Halim et al. 2002).

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es la evaluación de una propuesta didáctica que integra el uso de dispositivos

físicos de computación física, micro:bit, para a través del pensamiento computacional y el uso de espacios inteligentes de aprendizaje (SLE) trabajar el concepto de gravitación con docentes de educación primaria en formación. La evaluación de la propuesta se realiza en función de la evolución de las emociones de los estudiantes y el interés mostrado por los participantes antes y después de realizar la actividad.

METODOLOGÍA

Participantes

Para este estudio participaron un total de 41 docentes de Educación Primaria en formación que carecían de experiencia previa en pensamiento computacional y en el empleo de dispositivos físicos de computación. La intervención didáctica se aplicó durante el curso 2025/26, y la participación en el estudio fue totalmente voluntaria siguiendo los protocolos establecidos por el comité de Bioética de la Universidad. Los estudiantes participantes pertenecían al segundo curso del Grado en Educación Primaria, y la muestra se caracterizaba por no contar con una formación sólida en ciencias (alrededor del 85% del estudiantado provenían de especialidades de bachillerato humanísticas o artísticas).

Diseño de la Intervención

La intervención, enmarcada en un proyecto más amplio, se desarrolló en el Aula del Futuro (AdF) de la Facultad de Formación del Profesorado de la universidad de Extremadura Se solicitó al estudiantado completar un proyecto guiado, articulado mediante una narrativa sobre el Sistema Solar, que exigía alternar entre los distintos espacios del AdF y emplear los recursos digitales específicos de cada uno para avanzar por las etapas del proyecto. Con el fin de trabajar el concepto de gravitación y dotar a los docentes en formación de estrategias didácticas transferibles al aula de Educación Primaria, se planteó el reto de estimar cuánta altura podrían alcanzar al saltar en otros planetas. A partir de esta pregunta motivadora, el estudiantado desarrolló un proyecto en tres fases: En la primera fase, se realizó una indagación guiada para vincular los conocimientos teóricos necesarios (masa y peso), enfatizando que, mientras la masa permanece constante, el peso varía en función del planeta. Además, construyó una tabla de conversión de las aceleraciones de la gravedad de cada planeta respecto de la gravedad terrestre y formuló la hipótesis correspondiente. En la segunda fase, se programó la placa micro:bit, utilizando su acelerómetro, para estimar la altura máxima del salto al fijar la placa en el zapato; para ello, se dispuso de herramientas e información de apoyo que garantizaron una codificación apropiada de la placa. En la tercera fase, con los datos recogidos mediante la micro:bit y la tabla de conversión elaborada, el estudiantado calculó la altura máxima en función del planeta y contrastó la hipótesis planteada. La Figura 1 representa esquemáticamente el desarrollo de la intervención.

Diseño experimental, recogida y análisis de datos

En la evaluación de la propuesta de intervención se analizaron las emociones positivas, negativas e interés mostrado por el estudiantado participantes antes y después de la intervención. La recogida de datos se llevó a cabo empleando instrumentos desarrollados y validados, de forma previa por el grupo de investigación en el que se desarrolló el proyecto (Jeong y González-Gómez, 2025; Jeong y González-Gómez, 2026). La prueba del coeficiente alfa de Cronbach arrojó valores de 0,923 para las emociones positivas, 0,856 para las emociones negativas, y 0,789 para interés, lo que evidenció la fiabilidad de las escalas de los instrumentos utilizados, permitiendo el cálculo de tres variables promediando para emociones positivas, negativas e interés los valores de cada uno de los ítems individuales de los que conformaban el instrumento. Por otro lado, dado que los datos no seguían una distribución normal, se aplicó la prueba U de Mann–Whitney para comprobar la significación de las variables con niveles de confianza del 95% y del 99% al compararlas antes y después de la intervención. Finalmente, se realizaron estudios correlación entre las variables analizadas, emociones positivas, negativas e interés. Para todos los cálculos estadísticos se realizaron a través de la herramienta Jamovi (versión 2.6.45).

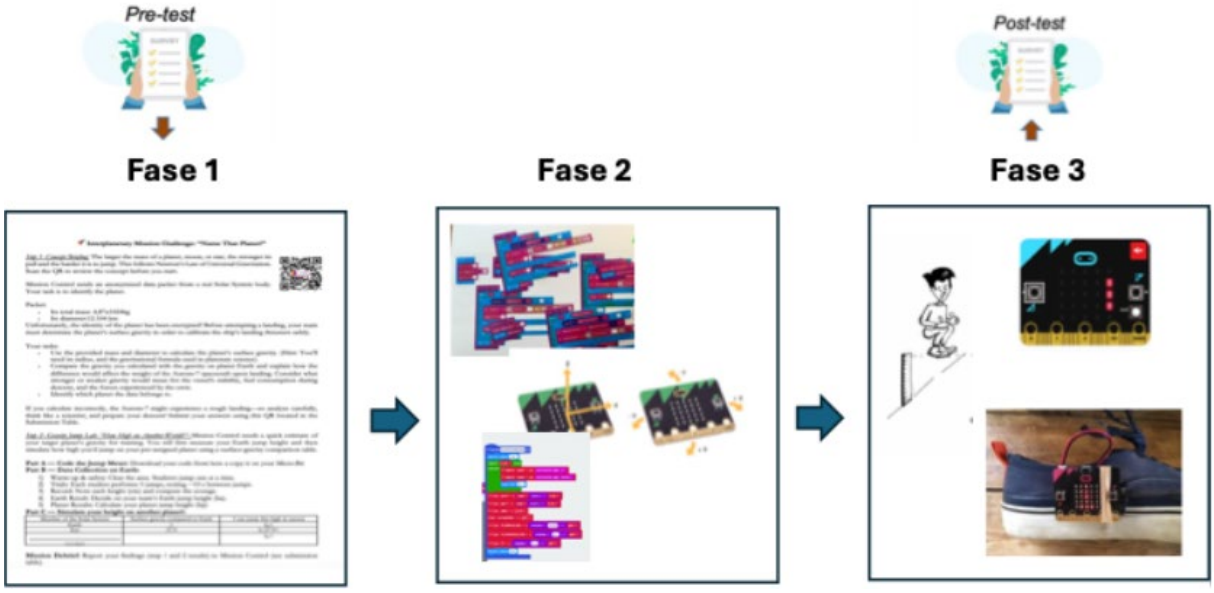


Figura 1. Propuesta de diseño de intervención. Indagación (fase 1), programación de placa micro:bit y recogida de datos (fase 2) y resolución del problema (fase 3).

RESULATDOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 resume los resultados alcanzados para cada una de las tres variables, observándose el efecto que tuvo la intervención en los estudiantes participantes. De forma global la intervención tuvo un efecto significativo en cada una de las tres variables analizadas en los estudiantes participantes en este estudio.

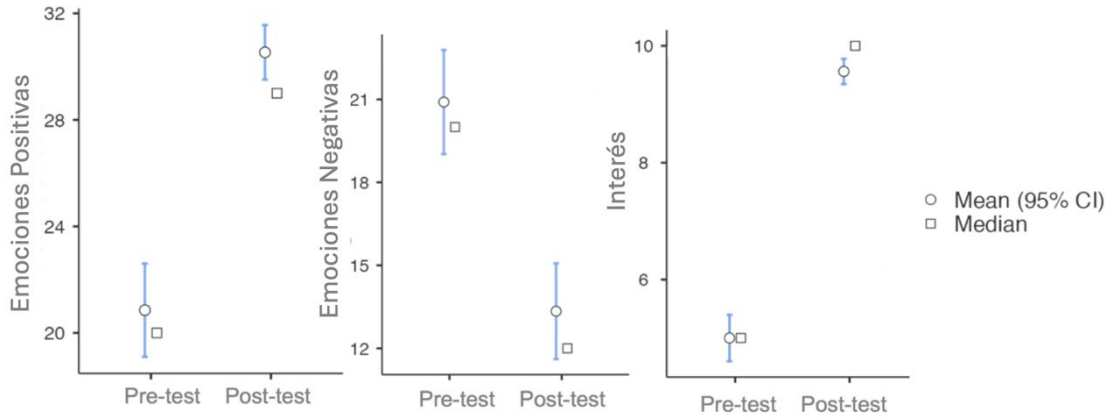


Figura 2. Evolución de las variables "emociones positivas", "emociones negativas" e "interés" antes y después de la intervención.

En primer lugar, y en cuanto a la evolución de las emociones positivas se observa como estas incrementan de forma significativas después de la intervención. Así mismo también se observa una disminución significativa en las emociones negativas sentidas por los estudiantes cuando se compara el resultado pre-post intervención. Finalmente, como en términos de interés, también se observa un incremento significativo en los valores indicados por el estudiantado. Por otro lado, la correlación entre variables mostró que el interés se correlacionó tanto con las emociones positivas como con las emociones negativas. En concreto, el interés y las emociones positivas presentaron una correlación positiva ($r(80) = 0{,}672$; $p < 0{,}001$), mientras que el interés y las emociones negativas mostraron una correlación negativa ($r(80) = -0{,}523$; $p < 0{,}001$). Por tanto, el fomento del interés del estudiantado en la realización de actividades de enseñanza-aprendizaje conlleva un efecto significativo en la evolución

de las emociones, tanto positivas como negativas, asociadas al proceso de aprendizaje. De acuerdo con el estudio llevado a cabo por Vázquez y Manassero (2007) fomentar estados emocionales positivos a través de la metodología de enseñanza, favorece el aprendizaje y propicia un aprendizaje activo en el aula, mientras que estados emocionales negativos lo limitan, especialmente en asignaturas de ciencias (Solbes, 2011). En este sentido, incorporar estrategias de pensamiento computacional y programación para la resolución de problemas, en este caso vinculados al estudio de la gravitación, puede ser una alternativa para fomentar un aprendizaje más significativo, a la vez que se promueve la integración del pensamiento computacional en el aula de primaria mediante la realización de proyectos.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta el diseño, la implementación y la evaluación de una propuesta didáctica que integra el pensamiento computacional, mediante computación física con placas micro:bit, con la enseñanza del concepto de gravitación con docentes de Educación Primaria en formación. Participaron 41 docentes en formación y, siguiendo un diseño preexperimental, se evaluó el efecto de la intervención sobre las emociones sentidas y el interés mostrado, antes y después de la actividad. Los resultados evidenciaron un incremento significativo de las emociones positivas y del interés, así como una disminución de las emociones negativas. El análisis correlacional mostró que la correlación entre interés y emociones es significativa; en consecuencia, la inclusión del pensamiento computacional en un entorno de tipo Aula del Futuro puede favorecer el interés del alumnado y, de forma análoga, impactar positivamente en sus emociones, lo que, como se recoge en la bibliografía, redunda en una mejora del aprendizaje. Aun así, hay que indicar que se trata de un estudio preliminar en el marco de un proyecto más amplio; por ello, resulta necesario ampliar la investigación con muestras mayores e incluir grupos de control para confirmar estos resultados preliminares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banzi, M. (2011). *Getting started with Arduino.* O'Reilly Media.

Gobierno de España. (2022). Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con

Guneşş, T., Dilek, N. S., Celikoglu, M., & Demir, E. S. (2011). The using levels of the teaching methods and techniques by teachers. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 1092-1096.

Lu, S. -Y., Lo, C. -C., & Syu, J. -Y. (2022). Project-based learning oriented STEAM: The case of micro:bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 2553–2575.

Halim, L., & Meerah, S.M.M. (2002). Science trainee teachers' pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20, 215–225.

Hwang, G. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments – A context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 1(4), 1-14.

Huang, W., & Looi, C. K. (2021). A critical review of literature on "unplugged" pedagogies in K-12 computer science and computational thinking education. *Computer Science Education*, 31(1), 83–111.

Jeong, J.S., y González-Gómez, D. (2025). Examining the impact of flipped classroom learning (FCL) and gamified-flipped classroom learning (G-FCL) on students' attitudes and emotions toward learning in a university course. *Active Learning in Higher Education,* https://doi.org/10.1177/14697874251347184

Jeong, J.S., y González-Gómez, D. (2026). Integrating and developing computational thinking in higher education using micro:bit: examining the influence on pre-service teachers' self-perceived content knowledge, attitude, and emotion toward further K-12 mathematics education. *Frontiers in Psychology,* 17:1742317.

Kalelioglu, F., & Sentence, S. (2020). Teaching with physical computing in school: The case of the micro:bit. *Education and Information Technologies*, 25, 2577–2603.

Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14-31.

Montero-Izquiedo, A.I., Jeong, J.S., y González-Gómez, D. (2024). A future classroom lab with active and

gamified STEAM proposal for mathematics and science disciplines: Analyzing the effects on pre-service teacher's affective domain. *Heliyon*, 2024; 10

Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique,* 67, 53-61.

Vázquez, A., & Manassero, M.A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): Evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 247-271.

De la contextualización a la inmersión: estudio comparativo de la presencia percibida en dos implementaciones narrativas gamificadas

Gregorio Jiménez Valverde[1,2,*], *Gerard Guimerà Ballesta*[1], *Noëlle Fabre Mitjans*[1]

[1] Grupo de Innovación Docente EduCiTS. Facultad de Educación. Universitat de Barcelona.

[2] Institut de Recerca en Educació (IREUB). Universitat de Barcelona.

* Correspondencia: gregojimenez@ub.edu

RESUMEN: La literatura sobre formación inicial del profesorado de Educación Primaria muestra que la Física y la Química suelen asociarse a emociones menos favorables y a menor motivación que otras áreas. Las narrativas gamificadas pueden contribuir a reconfigurar esa experiencia, aunque sus efectos dependen del diseño y de la intensidad narrativa de la propuesta. Esta comunicación compara dos asignaturas de didáctica de la Física y la Química del grado de Maestro de Educación Primaria: una obligatoria de segundo curso (n = 68), con una narrativa gamificada de menor intensidad, y una optativa de cuarto curso (n = 34), diseñada con mayor intensidad narrativa. El objetivo fue comparar la percepción de presencia, entendida como la sensación de estar psicológicamente dentro del mundo narrativo. Como postest, se administró la subescala de Presencia/Inmersión del cuestionario *Player Experience of Need Satisfaction* (PENS), junto con una pregunta abierta sobre cómo la narrativa de las actividades había motivado al alumnado. Se analizaron los nueve ítems de la subescala y se realizó un análisis de contenido dirigido de la pregunta abierta para interpretar los datos cuantitativos. Los resultados muestran que la asignatura de cuarto curso generó mayor presencia narrativa, mayor implicación emocional con la historia y mayor reacción ante personajes y acontecimientos como si fueran reales. Se concluye que no basta con contextualizar las actividades: la presencia aumenta cuando la narrativa sostiene agencia, continuidad y relevancia emocional.

PALABRAS CLAVE: formación inicial del profesorado; gamificación; narrativa; presencia/inmersión; didáctica de la física y la química

ABSTRACT: Research on Primary Teacher Education shows that Physics and Chemistry are often associated with less favourable emotions and lower motivation than other subject areas. Gamified narratives may help reshape this experience, although their effects depend on the design and on the narrative intensity of the intervention. This paper compares two Physics and Chemistry education courses within a Primary Teacher Education degree: a compulsory second-year course (n = 68), implemented with a lower-intensity gamified narrative, and an elective fourth-year course (n = 34), designed with greater narrative intensity. The aim was to compare students' perception of presence, understood as the feeling of being psychologically inside the narrative world. As a post-test measure, the Presence/Immersion subscale of the Player Experience of Need Satisfaction (PENS) questionnaire was administered, together with an open-ended question asking how the narrative of the activities had motivated students in the course. The nine items of the subscale were analysed, and a directed content analysis of the open-ended responses was conducted to interpret the quantitative findings. Results show that the fourth-year course generated greater narrative presence, stronger emotional involvement with the story, and a stronger tendency to react to characters and events as if they were real. The findings suggest that contextualising activities is not enough: presence increases when the narrative sustains agency, continuity, and emotional relevance.

KEYWORDS: primary teacher education; gamification; narrative; presence/immersion; physics and chemistry education

INTRODUCCIÓN

En la formación inicial del profesorado de Educación Primaria, la dimensión afectiva no es periférica. Las emociones condicionan cómo el alumnado aprende ciencias, cómo interpreta su propia competencia y cómo imagina su futura docencia. Con respecto a la Física y la Química, muchos estudiantes de Magisterio llegan con una relación previa más frágil que la que mantienen con otras áreas, acompañada de miedo, tensión, aburrimiento o preocupación; además, esas emociones tienden a proyectarse sobre la enseñanza que prevén realizar después (Brígido et al., 2013; Membiela et al., 2022).

Esta situación no es inmutable. La experiencia de aula y el diseño metodológico pueden modificar de forma apreciable la implicación emocional y motivacional del alumnado. En ese marco, la gamificación educativa, es decir, la introducción de elementos propios del juego en contextos educativos, ha mostrado potencial para incrementar interés y compromiso en el área de las ciencias experimentales (Kalogiannakis et al., 2021), aunque sus efectos dependen menos de la mera presencia de mecánicas lúdicas que del significado funcional que adquieren en cada contexto (Gao, 2024; Sailer et al., 2017). Desde la Teoría de la Autodeterminación (SDT), la calidad motivacional de la gamificación aumenta cuando la propuesta favorece tres necesidades psicológicas básicas: autonomía, competencia y relación (Ryan et al., 2006).

La narrativa, como elemento característico de los juegos, es especialmente relevante dentro de ese marco, puesto que puede reforzar las tres necesidades de la SDT: la autonomía, cuando ofrece agencia, decisiones y un papel protagonista; la competencia, cuando convierte las tareas en retos significativos con progresión y feedback; y la relación, cuando crea una aventura compartida con personajes, equipos y metas comunes. En este contexto, el transporte narrativo resulta un concepto especialmente útil, ya que puede definirse como una combinación de atención, imágenes mentales y emociones por la cual la persona queda absorbida por el mundo narrativo (Green y Appel, 2024). Dicho de otro modo, el alumnado no solo sigue una trama, sino que puede llegar a "entrar" psicológicamente en ella, conectar con los personajes y suspender momentáneamente la atención sobre el entorno inmediato. Ahora bien, la mera inclusión de una historia no garantiza ese transporte, ya que su aparición e intensidad dependen de cómo se articulan el relato, el medio y las características del receptor (Thomas y Grigsby, 2024).

Ryan y Deci (2017) añaden un cuarto constructo motivacional en el marco de la SDT: la presencia (o inmersión), definida como la sensación de estar psicológicamente dentro del mundo narrativo. Investigaciones recientes en gamificación educativa muestran que la presencia puede favorecer la satisfacción de autonomía, competencia y relación, y que esos procesos se asocian con mayor implicación y mejores percepciones de aprendizaje (Nguyen-Viet y Nguyen-Viet, 2025). En paralelo, la revisión sistemática y metaanálisis de Caroux (2023) muestra que la historia contextual es una de las decisiones de diseño que pueden incrementar determinadas dimensiones de presencia y recomienda evaluarlas de forma específica, no solo global. En este sentido, Gao (2024) operativiza tres tipos de presencia: presencia física —sensación de hallarse en el entorno representado—, presencia emocional —grado en que la historia y sus acontecimientos afectan al jugador— y presencia narrativa —sentirse dentro de la historia y reaccionar ante personajes y eventos como si fueran reales—.

En este marco, la presencia resulta un objeto de estudio pertinente porque permite diferenciar entre diseños narrativos que solo contextualizan las tareas y diseños que transforman la experiencia subjetiva del alumnado. En la enseñanza de las ciencias, donde las narrativas pueden contextualizar contenidos abstractos, humanizar la ciencia y conectar los aprendizajes con experiencias significativas (Jiménez-Valverde, 2025), estudiar la presencia ayuda a identificar qué configuraciones narrativas generan una implicación más profunda y potencialmente más motivadora, lo cual puede favorecer el aprendizaje de estas disciplinas.

Desde esta perspectiva, la presente comunicación investiga la presencia en dos asignaturas de didáctica de la Física y la Química con narrativas gamificadas en diferente grado de intensidad. Las preguntas que guían la investigación son: ¿qué diferencias, en cuanto a presencia, se observan entre narrativas con diferente grado de intensidad? y ¿cómo explica ese contraste el alumnado?

CONTEXTO FORMATIVO Y METODOLOGÍA

Se realizó un estudio comparativo ex post facto con dos cohortes independientes (curso 2024-25) del grado de Maestro de Educación Primaria de la Universitat de Barcelona: Didáctica de la materia, la energía y la interacción (Obl2, n = 68), asignatura obligatoria de segundo curso centrada en la didáctica de la Física y la Química en Educación Primaria, y Ciencia recreativa y cotidiana en la escuela (Opt4, n = 34), optativa de cuarto curso orientada a los aspectos recreativos y cotidianos de la Física y la Química. Las dos asignaturas estuvieron gamificadas durante todo su desarrollo mediante la plataforma digital gratuita FantasyClass (www.fantasyclass.app) y una narrativa medieval, aunque con diferente grado de intensidad.

En Obl2, la narrativa actuó como hilo conductor contextualizador: un vídeo introductorio presentaba una historia con cuatro reinos temáticos en conflicto y las actividades de la asignatura se convertían en retos para resolverlos. El alumnado trabajó en equipos estables durante toda la asignatura y con FantasyClass se gestionó la gamificación estructural: avatares, puntos de salud y de experiencia, niveles, monedas de oro (con las que poder comprar mejoras para el avatar en la tienda virtual de la plataforma), eventos aleatorios, coleccionables, cartas del destino y otras funcionalidades (Jiménez-Valverde et al., 2024). En Opt4, la lógica organizativa y de FantasyClass se mantuvo, pero la narrativa se intensificó mediante una aventura ramificada con decisiones visibles y consecuencias, mensajes narrativos de los personajes ficticios, interacción diegética sostenida con estos personajes mediante inteligencia artificial generativa (GPT), y ambientación atmosférica multimodal (músicas, aromas, vídeos; Jiménez-Valverde et al., 2025).

A final de curso, se administró la subescala de Presencia/Inmersión del cuestionario *Player Experience of Need Satisfaction* (PENS), de 9 ítems de escala de Likert (1-7), junto con una pregunta abierta: "¿puedes explicar cómo la narrativa de las actividades te ha motivado en la asignatura?". Estos nueve ítems Likert fueron analizados con fines comparativos, para lo cual se reportaron medias y desviaciones estándar, se compararon cohortes mediante la t de Welch para muestras independientes y se calculó d de Cohen para las comparaciones agregadas. En las comparaciones por ítem, los valores p se ajustaron mediante FDR de Benjamini–Hochberg. De acuerdo con Gao (2024), los ítems se agruparon de forma exploratoria en tres familias: presencia física (ítems 1-3), presencia emocional (ítems 4-6) y presencia narrativa (ítems 7-9).

Como apoyo explicativo, las respuestas se analizaron mediante análisis de contenido dirigido, con orientación deductiva desde la SDT (Hsieh y Shannon, 2005). Para interpretar el contraste cuantitativo, las unidades de significado se organizaron en cuatro focos narrativos (contextualización/sentido, continuidad del hilo, personajes/protagonismo y límites percibidos), entendidos como mecanismos de diseño que podían apoyar o frustrar las necesidades SDT. La codificación fue no excluyente y no pretendió construir un modelo cualitativo exhaustivo.

RESULTADOS

Ambas propuestas alcanzaron valores moderadamente altos de presencia (tabla 1), pero Opt4 presentó medias superiores, especialmente en presencia narrativa (d = 0,47; p = 0,027), donde la diferencia entre ambas implementaciones fue significativa.

Tabla 1. Comparación de la presencia global y de las tres familias exploratorias

Indicador	Obl2 M (DE)	Opt4 M (DE)	p	d
Global	5,26 (1,06)	5,71 (1,20)	0,066	0,41
Presencia física	5,43 (1,08)	5,77 (1,20)	0,158	0,31
Presencia emocional	5,10 (1,12)	5,51 (1,42)	0,151	0,33
Presencia narrativa	5,25 (1,28)	5,85 (1,27)	0,027*	0,47

Nota: M = media, DE = desviación estándar, p = contraste t de Welch, d = tamaño de efecto de Cohen. * denota diferencia significativa.

Para evitar una lectura exclusivamente global, la tabla 2 explicita el redactado de los nueve ítems de la subescala y permite comprobar dónde se concentra el contraste entre cohortes.

Tabla 2. Comparación por ítems de la subescala Presencia/Inmersión

Ítem (familia)	Enunciado	Obl2 M (DE)	Opt4 M (DE)	p	q_FDR
1 (F)	Me sentí transportado/a a otro lugar y momento	5,54 (1,06)	6,06 (1,18)	0,036	0,080
2 (F)	Explorar el mundo narrativo fue como un viaje real	5,51 (1,18)	5,76 (1,33)	0,356	0,356
3 (F)	Sentí que estaba realmente allí	5,22 (1,29)	5,50 (1,35)	0,322	0,356
4 (E)	No me afectaron emocionalmente los acontecimientos (R)	5,62 (1,29)	5,03 (1,85)	0,103	0,154
5 (E)	La narrativa fue emocionalmente cautivadora	5,25 (1,34)	6,15 (1,18)	0,001	0,008*
6 (E)	Viví emociones tan intensas como en la vida real	4,44 (1,81)	5,35 (1,76)	0,017	0,051
7 (N)	Sentí que formaba parte de la historia	5,01 (1,52)	5,62 (1,50)	0,061	0,110
8 (N)	Sentí orgullo o satisfacción por mis logros narrativos	5,85 (1,35)	6,24 (1,18)	0,147	0,189
9 (N)	Reaccioné a acontecimientos/personajes como si fueran reales	4,88 (1,50)	5,71 (1,47)	0,010	0,045*

Nota: M = media, DE = desviación estándar, F = presencia física, E = presencia emocional, N = presencia narrativa, R = ítem redactado en negativo, con valores revertidos (puntuaciones más altas indican mayor afectación emocional). * denota diferencia significativa, una vez aplicado el ajuste FDR.

El desglose ítem por ítem precisa el contraste. Tras el ajuste FDR, Opt4 superó a Obl2 en "La narrativa fue emocionalmente cautivadora" (ítem 5, q = 0,008; d = 0,69) y en "Reaccioné a acontecimientos/personajes como si fueran reales" (ítem 9, q = 0,045; d = 0,55). El ítem 6, "Viví emociones tan intensas como en la vida real", quedó muy próximo al umbral (q = 0,051; d = 0,51). El resto mostró diferencias menores o no significativas tras el ajuste.

El análisis cualitativo comparado ayuda a explicar por qué la distancia cuantitativa se concentra en los componentes emocional y narrativo. En los comentarios de los estudiantes de Obl2 predominaron la contextualización y el sentido didáctico de la historia (24/68), pero también se registraron más límites percibidos (12/68), sobre todo infantilización, debilidad del hilo o repetición. En los comentarios del alumnado de Opt4 destacaron con mucha más fuerza las menciones a personajes, protagonismo e interacción diegética (19/34), junto con una continuidad narrativa más cohesionada. La tabla 3 sintetiza este contraste.

Tabla 3. Análisis cualitativo comparado: focos narrativos que ayudan a explicar el contraste.

Foco comparativo	Obl2	Opt4
Contextualización / sentido	La narrativa contextualiza, justifica actividades y hace el aprendizaje más significativo (n = 24; 35,3%).	La historia dota de propósito a los retos y a los contenidos trabajados (n = 8; 23,5%).
Hilo conductor / continuidad	El hilo conductor se valora, pero con frecuencia aparece como débil o insuficiente (n = 14; 20,6%).	La continuidad se asocia a seguimiento de la asignatura y ganas de continuar la aventura (n = 7; 20,6%).
Personajes / protagonismo	Los personajes dinamizan, aunque la identificación sostenida es menor (n = 10; 14,7%).	Interactuar con personajes y sentirse protagonista resulta central en la experiencia (n = 19; 55,9%).
Límites percibidos	Se mencionan infantilización, repetición, falta de cierre o distracción respecto al contenido (n = 12; 17,6%).	Aparecen dudas aisladas sobre verosimilitud o claridad de personajes (n = 2; 5,9%).

Nota: una misma respuesta del estudiante podía contribuir a más de una categoría.

DISCUSIÓN

Los resultados cuantitativos sugieren que la diferencia entre ambas asignaturas reside en qué tipo de presencia logró sostener cada diseño. En Obl2 parece haber alcanzado una contextualización suficiente: el alumnado entendió mejor las tareas, las vio más situadas y, en bastantes casos, más lúdicas. Sin embargo, Opt4 alcanzó además una implicación emocional y narrativa más intensa.

Las respuestas abiertas refuerzan esa interpretación. En Obl2 la narrativa fue apreciada sobre todo por dar sentido y dinamismo a las actividades, pero también aparecieron críticas al hilo débil, a la repetición y, en algunos casos, a cierta infantilización. En Opt4, por el contrario, sobresalieron la continuidad de la aventura, la identificación con el papel del alumnado y la interacción con personajes. Además, Murphy et al. (2011) hallaron que la implicación con la narrativa predecía mejor determinados cambios que la mera implicación con un personaje concreto, una idea coherente con nuestro patrón: no basta con que haya personajes presentes si la historia no logra sostener transporte narrativo. En un contexto distinto, pero próximo a la educación científica, Cheng y Tsai (2020) vinculan componentes inmersivos como la atención y el disfrute con actitudes más favorables hacia el aprendizaje de las ciencias.

Ahora bien, estos hallazgos no autorizan una lectura lineal según la cual "más narrativa" sea siempre mejor. La literatura advierte de que una narrativa sobredimensionada puede elevar el interés inicial, pero también distraer si deja de estar funcionalmente subordinada a la tarea (Schrader, 2023). En la misma dirección, Caroux (2023) recuerda que las decisiones de diseño producen efectos selectivos sobre la presencia. Por ello, la diferencia observada entre ambas asignaturas parece depender menos de la cantidad de recursos narrativos que de su coherencia funcional: decisiones con consecuencias, personajes recurrentes, continuidad del hilo y apoyos atmosféricos al servicio del contenido.

Desde la didáctica de las ciencias y, en particular, desde la formación inicial del profesorado, esta cuestión resulta especialmente relevante. Si parte del alumnado llega a la Física y la Química con emociones menos favorables y menor motivación, una narrativa bien integrada puede reencuadrar contenidos abstractos y reorganizar la experiencia de aula. Estudios recientes sobre gamificación e inmersión educativa coinciden en que el valor pedagógico no se explica por la simple suma de mecánicas, sino por su capacidad para sostener necesidades psicológicas, implicación y percepción de aprendizaje (Kalogiannakis et al., 2021; Nguyen-Viet y Nguyen-Viet, 2025).

Entre las limitaciones del estudio figuran la comparación entre cohortes no equivalentes, las diferencias curriculares entre una asignatura obligatoria multigrupo y una optativa de grupo único, el uso exploratorio de las familias de presencia física, emocional y narrativa, el carácter explicativo —no exhaustivo— del análisis cualitativo y la ausencia de medidas de rendimiento académico. Por ello, los resultados deben interpretarse en términos de presencia percibida e implicación motivacional, no como evidencia directa de aprendizaje.

CONCLUSIONES

La investigación permite concluir que la presencia no emerge automáticamente por gamificar una asignatura ni por añadir una historia como marco decorativo. La narrativa parece aportar valor didáctico cuando se convierte en una estructura de sentido que organiza retos vinculados al contenido científico, sostiene la continuidad del curso, otorga al alumnado un papel reconocible dentro de la aventura y vuelve más significativa la experiencia formativa. Como principios transferibles para otras situaciones de didáctica de las ciencias, los resultados sugieren diseñar narrativas congruentes con la tarea, mantener un hilo conductor reconocible, ofrecer agencia con consecuencias visibles e introducir personajes o apoyos atmosféricos solo cuando refuercen el sentido pedagógico de la experiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brígido, M., Couso, D., Gutiérrez, C. y Mellado, V. (2013). The emotions about teaching and learning science: A study of prospective primary teachers in three Spanish universities. *Journal of Baltic Science Education, 12*(3), 299-311. https://doi.org/10.33225/jbse/13.12.299

Caroux, L. (2023). Presence in video games: A systematic review and meta-analysis of the effects of game design choices. *Applied Ergonomics, 107*, 103936. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103936

Cheng, K.-H. y Tsai, C.-C. (2020). Students' motivational beliefs and strategies, perceived immersion and attitudes towards science learning with immersive virtual reality: A partial least squares analysis. *British Journal of Educational Technology, 51*(6), 2139-2158. https://doi.org/10.1111/bjet.12956

Gao, F. (2024). Advancing gamification research and practice with three underexplored ideas in self-determination theory. *TechTrends, 68*, 661-671. https://doi.org/10.1007/s11528-024-00968-9

Green, M. C. y Appel, M. (2024). Chapter One - Narrative transportation: How stories shape how we see ourselves and the world. *Advances in Experimental Social Psychology, 70*, 1-82. https://doi.org/10.1016/bs.aesp.2024.03.002

Hsieh, H.-F. y Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research, 15*(9), 1277–1288. https://doi.org/10.1177/1049732305276687

Jiménez-Valverde, G. (2025). Narrative approaches in science education: From conceptual understanding to applications in chemistry and gamification. *Encyclopedia, 5*(3), 116. https://doi.org/10.3390/encyclopedia5030116

Jiménez-Valverde, G., Fabre-Mitjans, N. y Guimerà-Ballesta, G. (2025). Narrative-Driven Digital Gamification for Motivation and Presence: Preservice Teachers' Experiences in a Science Education Course. *Computers, 14*(9), 384. https://doi.org/10.3390/computers14090384

Jiménez-Valverde, G., Heras-Paniagua, C., Fabre-Mitjans, N. y Calafell-Subirà, G. (2024). Gamifying Teacher Education with FantasyClass: Effects on Attitudes towards Physics and Chemistry among Preservice Primary Teachers. *Education Sciences, 14*(8), 822. https://doi.org/10.3390/educsci14080822

Kalogiannakis, M., Papadakis, S. y Zourmpakis, A.-I. (2021). Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature. *Education Sciences, 11*(1), 22. https://doi.org/10.3390/educsci11010022

Membiela, P., Vidal, M., Fragueiro, S., Lorenzo, M., García-Rodeja, I., Aznar, V., Bugallo, A. y González, A. (2022). Motivation for science learning as an antecedent of emotions and engagement in preservice elementary teachers. S*cience Education, 106*(1), 119-141. https://doi.org/10.1002/sce.21686

Murphy, S. T., Frank, L. B., Moran, M. B. y Patnoe-Woodley, P. (2011). Involved, transported, or emotional? Exploring the determinants of change in knowledge, attitudes, and behavior in entertainment-education. *Journal of Communication, 61*(3), 407-431. https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.2011.01554.x

Nguyen-Viet, B. y Nguyen-Viet, B. (2025). The synergy of immersion and basic psychological needs satisfaction: Exploring gamification's impact on student engagement and learning outcomes. *Acta Psychologica, 252*, 104660. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104660

Ryan, R. M. y Deci, E. L. (2017). *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. Guilford Publications. https://doi.org/10.1521/978.14625/28806

Ryan, R. M., Rigby, C. S. y Przybylski, A. (2006). The motivational pull of video games: A self-determination theory approach. *Motivation and Emotion, 30*(4), 344-360. https://doi.org/10.1007/s11031-006-9051-8

Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K. y Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior, 69*, 371-380. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033

Schrader, C. (2023). Serious games and game-based learning. En O. Zawacki-Richter y I. Jung (Eds.), *Handbook of Open, Distance and Digital Education* (pp. 1255-1269). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2080-6_74

Thomas, V. L. y Grigsby, J. L. (2024). Narrative transportation: A systematic literature review and future research agenda. *Psychology & Marketing, 41*(8), 1805–1819. https://doi.org/10.1002/mar.22011

Evaluación de dibujos infantiles sobre microorganismos mediante rúbrica y apoyo de inteligencia artificial: una propuesta didáctica para Educación Infantil

Jesica León Paredes[1], Jesús Antonio Gómez Ochoa de Alda[1], Cristina Valares Masa[1], José María Marcos Merino[1], María Rocío Esteban Gallego[2]*

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Universidad de Extremadura (España).

[2]Departamento de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales, Universidad de Salamanca (España).

* Correspondencia: cvalmas@unex.es

RESUMEN: Esta comunicación presenta el diseño y validación de una rúbrica destinada a analizar representaciones gráficas infantiles en actividades de educación científica en Educación Infantil. El dibujo constituye una herramienta relevante para explorar las ideas previas del alumnado y su desarrollo cognitivo, emocional y social. El instrumento propuesto evalúa cuatro dimensiones: desarrollo motriz fino, desarrollo cognitivo y de representación, indicadores emocionales y dimensión social/autoimagen. La rúbrica se aplicó a 22 dibujos realizados por alumnado de 3-4 años durante una actividad educativa de divulgación científica sobre microorganismos. Las producciones fueron evaluadas por cinco expertos y por cuatro instancias del modelo de inteligencia artificial GPT-4o. Los resultados muestran una elevada consistencia interna en las evaluaciones humanas y un alto grado de acuerdo entre evaluadores ($\alpha > 0,83$), mientras que las valoraciones generadas por la IA presentan baja fiabilidad ($\alpha < 0,45$) y escasa coherencia entre evaluadores. El análisis factorial exploratorio respalda la validez del instrumento y permite proponer un índice sintético de desarrollo gráfico-expresivo. Los resultados sugieren que la inteligencia artificial puede aportar ventajas operativas en entornos educativos digitalmente enriquecidos, aunque su capacidad interpretativa resulta todavía insuficiente para sustituir el juicio experto. Se concluye que la IA puede emplearse como herramienta complementaria de apoyo al profesorado en el análisis de producciones gráficas infantiles.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial; dibujo infantil; educación científica; evaluación educativa; educación infantil

ABSTRACT: This study presents the design and validation of a rubric aimed at analysing children's graphic representations in science education activities in Early Childhood Education. Children's drawings are a valuable tool for exploring students' prior ideas as well as their cognitive, emotional and social development. The proposed instrument evaluates four dimensions: fine motor development, cognitive and representational development, emotional indicators and social/self-image. The rubric was applied to 22 drawings created by 3- to 4-year-old children during an educational science outreach activity on microorganisms. The drawings were evaluated by five human experts and four instances of the artificial intelligence model GPT-4o. Results show high internal consistency in human evaluations ($\alpha > 0.83$), whereas AI-generated assessments display low reliability ($\alpha < 0.44$) and limited agreement across evaluators. Exploratory factor analysis supports the validity of the instrument and enables the construction of a synthetic expressive-graphic development index. Although artificial intelligence may provide operational advantages within digitally enriched learning environments, its interpretative capacity is currently insufficient to replace expert judgement.

KEYWORDS: artificial intelligence; children's drawings; science education; educational assessment; early childhood education.

INTRODUCCIÓN

El dibujo constituye una de las primeras formas de expresión simbólica durante la infancia y representa un medio privilegiado para comprender cómo los niños interpretan y organizan su experiencia del mundo. Antes de dominar plenamente el lenguaje verbal, los niños utilizan el dibujo como un sistema de representación que combina aspectos cognitivos, emocionales y sociales (Cox, 2005). En el ámbito educativo, el análisis de las producciones gráficas infantiles se ha utilizado con frecuencia para explorar las ideas previas del alumnado, comprender sus modelos mentales y detectar concepciones espontáneas sobre distintos fenómenos científicos (Quiroga, 2007).

En la enseñanza de las ciencias, los dibujos realizados por el alumnado pueden aportar información valiosa sobre la manera en que interpretan conceptos complejos o abstractos. Diferentes estudios han mostrado que las representaciones gráficas infantiles reflejan tanto el desarrollo cognitivo como el estado emocional del niño y su manera de relacionarse con el entorno (Cherney et al., 2006; Moreno, 2022). De este modo, el análisis sistemático de los dibujos puede constituir una herramienta didáctica relevante para el profesorado, permitiendo acceder a procesos de pensamiento que no siempre son fácilmente verbalizables.

Sin embargo, la interpretación de los dibujos infantiles plantea también ciertos desafíos metodológicos. Tradicionalmente, su análisis ha dependido en gran medida del juicio experto del investigador o docente, lo que puede introducir cierto grado de subjetividad en la evaluación. Por esta razón, diferentes autores han destacado la necesidad de desarrollar marcos de análisis que permitan sistematizar la interpretación de las producciones gráficas infantiles y considerar las características del desarrollo gráfico en distintas etapas evolutivas (Farokhi y Hashemi, 2011; Lowenfeld y Brittain, 1987). La utilización de rúbricas o escalas de evaluación constituye una estrategia útil para organizar los criterios de análisis y mejorar la consistencia de las evaluaciones realizadas por diferentes observadores.

Paralelamente, el desarrollo reciente de tecnologías digitales y de inteligencia artificial ha abierto nuevas posibilidades para el análisis automatizado de información educativa. Los modelos generativos actuales permiten procesar grandes volúmenes de información textual y visual, lo que plantea la posibilidad de utilizarlos como herramientas de apoyo para tareas de análisis educativo (Rouhiainen, 2018). Algunos trabajos recientes han explorado el potencial de estos modelos para analizar contenidos complejos o apoyar procesos de evaluación en diferentes ámbitos de la investigación educativa (Rathje et al., 2024). En este contexto, la incorporación de herramientas de inteligencia artificial en el análisis de producciones escolares puede contribuir a mejorar la eficiencia de los procesos de evaluación y ofrecer nuevas perspectivas metodológicas para la investigación educativa. No obstante, todavía existe escasa evidencia sobre su capacidad real para interpretar producciones simbólicas complejas como los dibujos infantiles.

A partir de estas consideraciones, la presente comunicación tiene como objetivo diseñar y validar una rúbrica destinada al análisis de dibujos infantiles en actividades de educación científica en Educación Infantil, así como comparar las valoraciones realizadas por evaluadores humanos con las generadas por un modelo de inteligencia artificial. De este modo, se pretende explorar el potencial y las limitaciones de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo para el análisis de producciones gráficas infantiles en contextos educativos. El estudio aporta además un instrumento sistemático para el análisis de producciones gráficas infantiles en educación científica y ofrece evidencias empíricas sobre el potencial y las limitaciones de la inteligencia artificial en este tipo de evaluaciones.

METODOLOGÍA

Diseño y contexto de la intervención didáctica

El estudio adopta un enfoque metodológico mixto, combinando análisis cualitativo y cuantitativo. La investigación se plantea como un estudio descriptivo y exploratorio centrado en el análisis de producciones gráficas infantiles y en la evaluación de la fiabilidad de una rúbrica de análisis basada en la literatura sobre desarrollo gráfico infantil (Farokhi y Hashemi, 2011; Lowenfeld y Brittain, 1987).

La recogida de datos se realizó en el marco de una actividad educativa de divulgación científica dirigida a alumnado de Educación Infantil y centrada en el concepto de microorganismos. La intervención se desarrolló en tres fases. En primer lugar, se exploraron las ideas previas del alumnado mediante preguntas abiertas relacionadas con virus y bacterias. A continuación, se pidió a los niños que realizaran un dibujo representando cómo imaginaban un microorganismo, utilizando materiales habituales del aula (papel y ceras de colores). Finalmente, se realizó una breve puesta en común en la que algunos alumnos explicaron el significado de sus dibujos. La actividad tuvo una duración aproximada de 30–40 minutos.

Participantes, instrumento y procedimiento de evaluación

La muestra está formada por 22 dibujos realizados por alumnado de entre 3 y 4 años del segundo ciclo de Educación Infantil. Las producciones gráficas obtenidas durante la actividad constituyeron el corpus principal de análisis y fueron digitalizadas posteriormente para facilitar su evaluación. La recogida de datos se realizó con la autorización del centro educativo y el consentimiento informado de las familias, garantizando el anonimato y la confidencialidad.

Para analizar los dibujos se diseñó una rúbrica de evaluación basada en la literatura sobre desarrollo gráfico infantil (Farokhi y Hashemi, 2011; Lowenfeld y Brittain, 1987) y en investigaciones que analizan las concepciones del alumnado sobre los microorganismos en contextos educativos (Ballesteros et al., 2018; Byrne, 2011). El instrumento incluye cuatro dimensiones principales: desarrollo motriz fino (DMF), relacionado con el control del trazo y el uso del espacio gráfico; desarrollo cognitivo y de representación (DCR), referido al grado de complejidad y organización de la representación realizada; indicadores emocionales (DIE), vinculados a aspectos expresivos como el uso del color o la intensidad del trazo; y dimensión social o autoimagen (DS), que considera la presencia de figuras u otros elementos relacionados con el entorno social del niño. Cada indicador se valora en tres niveles (1–3): necesita atención, adecuado y avanzado. La puntuación de cada dimensión corresponde a la media de sus indicadores. Estas dimensiones permiten analizar distintos aspectos del desarrollo gráfico-expresivo presentes en las producciones infantiles.

Las producciones gráficas fueron evaluadas mediante dos procedimientos paralelos. Por un lado, cinco evaluadores expertos aplicaron la rúbrica de forma independiente. Por otro, las mismas producciones fueron analizadas mediante cuatro instancias independientes del modelo de inteligencia artificial GPT-4o, configuradas con los mismos criterios de evaluación. El modelo analizó cada imagen y registró las puntuaciones en la misma plantilla utilizada por los evaluadores humanos. Este procedimiento permitió comparar las valoraciones humanas con las generadas por inteligencia artificial, con el objetivo de analizar el grado de coincidencia entre ambos tipos de evaluación. Las puntuaciones obtenidas constituyeron la base para el análisis estadístico posterior, orientado a estimar la consistencia interna de las evaluaciones y comparar los resultados obtenidos mediante ambos procedimientos.

Análisis de datos

Para analizar los resultados se calcularon correlaciones entre evaluadores humanos y coeficientes de consistencia interna (alfa de Cronbach) con el fin de estimar la fiabilidad de las evaluaciones realizadas. Asimismo, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para comparar las puntuaciones obtenidas por evaluadores humanos y por inteligencia artificial. Finalmente, se realizó un análisis factorial exploratorio para examinar la estructura y validez del instrumento como indicador del desarrollo gráfico-expresivo. Este procedimiento permitió comparar las valoraciones humanas con las generadas por inteligencia artificial y analizar el potencial y las limitaciones de esta herramienta en el análisis de producciones gráficas infantiles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los 22 dibujos realizados por el alumnado permitió identificar diferentes formas de representación de los microorganismos y distintos niveles de desarrollo gráfico-expresivo (n =22). Las producciones obtenidas muestran la diversidad de interpretaciones infantiles del concepto de microorganismo y evidencian distintos grados de complejidad en la organización gráfica.

Las producciones más simples se caracterizaron por trazos básicos y escasa diferenciación de elementos, mientras que otros dibujos mostraban mayor complejidad estructural, incorporación de detalles y uso más variado del color. Esta variabilidad es coherente con las etapas del desarrollo gráfico descritas en la literatura sobre dibujo infantil, donde el progreso evolutivo se refleja en una mayor organización espacial y una representación más estructurada de los elementos gráficos (Lowenfeld y Brittain, 1987; Cox, 2005). A modo de ejemplo, la Figura 1 presenta algunos de los dibujos realizados por el alumnado durante la actividad didáctica.

Figura 1. Ejemplos de representaciones de microorganismos realizadas por alumnado de Educación Infantil.

El análisis mediante la rúbrica diseñada permitió clasificar las producciones en diferentes niveles de desarrollo gráfico-expresivo. En términos generales, las evaluaciones realizadas por los cinco expertos mostraron una elevada consistencia interna ($\alpha = 0{,}83–0{,}94$), lo que indica que el instrumento proporciona un marco relativamente estable para analizar este tipo de producciones. Asimismo, las correlaciones entre evaluadores humanos mostraron asociaciones positivas y elevadas ($r = 0{,}62–0{,}88$; $p < 0{,}001$), lo que refleja un alto grado de acuerdo en la aplicación de la rúbrica. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que señalan que el uso de instrumentos estructurados puede contribuir a sistematizar la interpretación de dibujos infantiles y reducir la subjetividad del análisis (Farokhi y Hashemi, 2011).

Por el contrario, las evaluaciones generadas por las distintas instancias del modelo de inteligencia artificial mostraron una menor fiabilidad ($\alpha < 0{,}45$) y mayor variabilidad en las puntuaciones asignadas. En algunos casos, las valoraciones coincidían parcialmente con las realizadas por los expertos humanos, especialmente en aspectos formales del dibujo, como la presencia de elementos diferenciados o el uso del espacio gráfico. Sin embargo, en otros casos se observaron discrepancias relevantes, particularmente en dimensiones que implicaban una interpretación más contextual o simbólica de las representaciones. La Figura 2 muestra de forma sintética la comparación entre las puntuaciones medias obtenidas por evaluadores humanos y por las diferentes instancias de inteligencia artificial.

Asimismo, el análisis factorial exploratorio confirmó la validez estructural de la rúbrica. Los índices de adecuación muestral fueron satisfactorios (KMO = 0.84; Bartlett $\chi^2 = 48.3$, $p < 0.001$) y la solución de un único factor explicó el 83 % de la varianza, lo que indica que las dimensiones analizadas se organizan en torno a un factor común relacionado con el desarrollo gráfico-expresivo. Los resultados obtenidos respaldan la fiabilidad y la validez estructural de la rúbrica como instrumento para evaluar el desarrollo gráfico-expresivo en Educación Infantil.

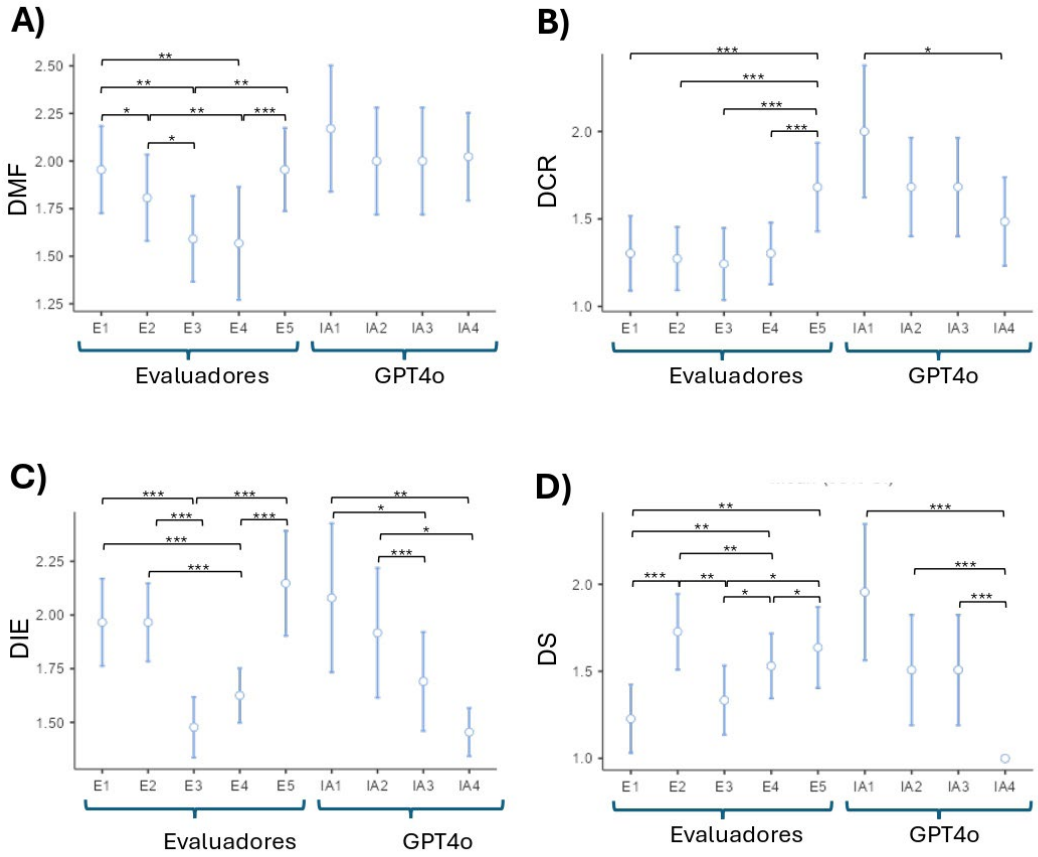


Figura 2. Comparación de las puntuaciones medias obtenidas por evaluadores humanos (E1 a E5) y modelos de inteligencia artificial (IA1 a IA4) en las dimensiones analizadas. Las barras de error representan el intervalo de confianza al 95 %; los asteriscos indican significación del contraste Wilcoxon (* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$). Dimensiones: A) Desarrollo Motriz Fino (DMF), B) Desarrollo Cognitivo y de Representación (DCR), C) Desarrollo de Indicadores Emocionales (DIE), D) y Dimensión Social / Autoimagen (DS).

Desde una perspectiva didáctica, el análisis cualitativo de los dibujos permitió observar diferentes formas de interpretar el concepto de microorganismo. En los niveles iniciales predominaban representaciones simples, con formas básicas y escaso uso del color, mientras que en niveles más avanzados aparecían estructuras más elaboradas, mayor diversidad cromática y rasgos antropomórficos o simbólicos, como ojos o bocas. Estos resultados sugieren que el alumnado tiende a interpretar los microorganismos a partir de referencias visuales familiares, incorporando características propias de personajes o seres animados, un fenómeno descrito en investigaciones sobre concepciones infantiles de fenómenos microscópicos (Cherney et al., 2006).

En conjunto, los resultados sugieren que la inteligencia artificial puede identificar ciertos patrones generales en las producciones gráficas infantiles, pero presenta limitaciones para interpretar aspectos más complejos relacionados con el significado o la intencionalidad de los dibujos (Rathje et al., 2024). Por ello, el análisis de producciones gráficas infantiles mediante instrumentos estructurados puede constituir una herramienta valiosa para explorar las ideas previas del alumnado en la enseñanza de las ciencias, especialmente en etapas tempranas como la Educación Infantil.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto el potencial del dibujo infantil como herramienta para explorar las concepciones iniciales del alumnado sobre fenómenos científicos. Las producciones analizadas muestran cómo los niños construyen representaciones propias sobre los microorganismos, incorporando elementos simbólicos y narrativos en sus dibujos.

La rúbrica diseñada ha mostrado una elevada consistencia cuando es aplicada por evaluadores humanos, lo que sugiere que puede constituir un instrumento útil para sistematizar el análisis de producciones

gráficas infantiles en contextos educativos. En este sentido, su utilización puede ayudar al profesorado de Educación Infantil a identificar ideas previas del alumnado y orientar la intervención didáctica. Asimismo, los análisis realizados respaldan la fiabilidad y la validez estructural del instrumento, lo que refuerza su potencial como herramienta para evaluar el desarrollo gráfico-expresivo en Educación Infantil.

En relación con el uso de inteligencia artificial, los resultados indican que estos sistemas pueden identificar algunos patrones generales en las producciones gráficas, pero presentan limitaciones para interpretar aspectos simbólicos o contextuales de los dibujos. Por ello, su uso en contextos educativos debería considerarse complementario al juicio profesional del docente.

Desde una perspectiva didáctica, el estudio refuerza el valor del dibujo como recurso para analizar el pensamiento infantil y favorecer la expresión de modelos mentales en edades tempranas. Futuras investigaciones podrían ampliar la muestra y explorar nuevas formas de integración entre evaluación humana e inteligencia artificial en el análisis de producciones escolares.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto GR21047.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballesteros de la Cruz, M. I., Paños Martínez, E., y Ruiz Gallardo, J. R. (2018). Los microorganismos en la educación primaria: Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto. Enseñanza de las Ciencias, 36(1), 79–98.

Byrne, J. (2011). Models of micro-organisms: Children's knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old. International Journal of Science Education, 33(14), 1927–1961.

Cherney, I. D., Seiwert, C. S., Dickey, T. M., y Flichtbeil, J. D. (2006). Children's drawings: A mirror to their minds. Educational Psychology, 26(1), 127–142.

Cox, M. (2005). The Pictorial World of the Child. Cambridge University Press.

Farokhi, M., y Hashemi, M. (2011). The analysis of children's drawings: Social, emotional, physical, and psychological aspects. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 30, 2219–2224.

Lowenfeld, V., y Brittain, W. L. (1987). Creative and mental growth (8th ed.). Prentice Hall.

Moreno González, A. (2022). La interpretación del dibujo infantil. Octaedro.

Quiroga Méndez, P. (2007). Etapas de desarrollo del dibujo infantil, entre el constructivismo y el ambientalismo. Papeles Salmantinos de Educación, 9, 255–282. https://doi.org/10.36576/summa.29547

Rathje, S., Dan-Mircea, M., Lia, S., Raja, M., Robertson, C. E., y Van Bavel, J. J. (2024). GPT is an effective tool for multilingual psychological text analysis. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 121(34), e2308950121.

Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. Alienta.

Microscopía gamificada y herramientas digitales para la mejora de las actitudes hacia la ciencia: un estudio comparado en secundaria y universidad

Sonia Martínez Caballero, Cristina Valares Masa*

Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales y las Matemáticas. Universidad de Extremadura.

*Correspondencia: msoniam@unex.es

RESUMEN: El desinterés por las disciplinas STEM representa un desafío crítico para el sistema educativo actual. Este trabajo analiza el impacto de una intervención didáctica basada en la microscopía gamificada con herramientas digitales sobre las actitudes hacia la ciencia en alumnado universitario y de secundaria. Mediante un diseño pre-post y el cuestionario SSAQ, se evaluaron las dimensiones de importancia, autoeficacia, interés y conexión con la vida. Los resultados globales muestran mejoras estadísticamente significativas en todas las dimensiones, con un efecto especialmente notable en la autoeficacia y la percepción de relevancia del contenido. El análisis evidencia un impacto diferencial positivo en las mujeres, reduciendo las diferencias iniciales en la percepción de competencia científica en el ámbito universitario. No obstante, la menor receptividad observada en el alumnado masculino de secundaria subraya la necesidad de adaptar las propuestas de acuerdo con el nivel educativo. En conjunto, la integración de metodologías activas y herramientas digitales favorece la implicación del alumnado y el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia.

PALABRAS CLAVE: Actitud hacia la ciencia; Gamificación; Microscopía; Herramientas digitales; Educación científica.

ABSTRACT: The lack of interest in STEM disciplines represents a critical challenge for the current educational system. This study analyzes the impact of a gamified microscopy-based educational intervention using digital tools on attitudes toward science among university and secondary school students. Using a pre–post design and the SSAQ questionnaire, the dimensions of importance, self-efficacy, interest, and connection to life were evaluated. The overall results show statistically significant improvements in all dimensions, with a particularly notable effect on self-efficacy and the perceived relevance of the content. The analysis reveals a positive differential impact on female students, reducing initial differences in perceived scientific competence at the university level. However, the lower receptivity observed among male secondary students highlights the need to adapt these approaches to the educational levels. Overall, the integration of active methodologies and digital tools promotes student engagement and the development of positive attitudes toward science.

KEYWORDS: Science attitudes; Gamification; Microscopy; Digital tools; Science education.

INTRODUCCIÓN

A pesar de la relevancia estratégica de las disciplinas STEM, el panorama educativo actual revela una paradoja preocupante. Mientras que la sociedad contemporánea depende más que nunca del avance científico para enfrentar retos como el cambio climático, existe una tendencia progresiva de desafección y pérdida de interés por parte del estudiantado (DeWitt & Archer, 2015; Esteve & Solbes, 2018). Esta falta de interés no es solo una cuestión de preferencia personal, sino un factor primordial que explica el estancamiento de las vocaciones científicas. Organismos como la Comisión Europea y la OCDE advierten que el deterioro de las actitudes hacia la ciencia compromete la competitividad tecnológica y la capacidad de las nuevas generaciones para participar de manera informada en la toma de decisiones sociales. En España, los resultados del informe PISA 2022 reflejan este descenso en la competencia científica del alumnado, revelando dificultades persistentes para transferir y aplicar sus conocimientos de manera creativa y autónoma.

La actitud hacia la ciencia es un constructo multidimensional que incluye tanto la percepción de su importancia como la autoeficacia del alumnado. Diversos factores contribuyen a su deterioro, como la imagen de la ciencia escolar como una materia abstracta y poco motivadora (Mellado Jiménez et al., 2014) y la desconexión curricular derivada de enfoques tradicionales centrados en la memorización (DeWitt & Archer, 2015; Inkinen et al., 2020). Este desinterés aumenta a lo largo de la escolaridad, pasando de una curiosidad inicial a actitudes más negativas el segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria (14-16 años) (Osborne et al., 2003; Potvin & Hasni, 2014; Reed et al., 2022). Este periodo es fundamental ya que sienta las bases motivacionales que determinarán el desarrollo posterior del interés de los estudiantes y la elección de las materias científicas en cursos superiores. A ello se suma la persistencia de diferencias de género que afectan a la autoeficacia y a las aspiraciones en ámbitos científicos (Makarova et al., 2019).

La problemática se agrava al analizar a los futuros docentes. Las actitudes construidas durante su propia escolarización suelen ser tan persistentes que condicionan su formación universitaria y a manera en que transmitirán el conocimiento científico a sus propios estudiantes (Mellado Jiménez et al., 2014). Si un futuro maestro mantiene una actitud negativa o de inseguridad hacia la ciencia, es probable que perpetúe este ciclo de desafección, optando por metodologías tradicionales y seguras que evitan la indagación y el experimento en sus futuras aulas.

Como respuesta a esta situación, se plantea la necesidad de implementar metodologías activas y participativas que favorezcan el aprendizaje significativo y promuevan actitudes positivas hacia la ciencia (Aguilera & Perales-Palacios, 2020a, 2020b; Inkinen et al., 2020; Potvin & Hasni, 2014). En este contexto, se propone una intervención gamificada que, junto con el uso del microscopio óptico, genera un entorno de indagación activa, orientado al desarrollo de competencias científicas a través de la observación, la interpretación de evidencias y la resolución de problemas (Vlaardingerbroek et al., 2017). El objetivo de esta investigación es analizar el impacto de esta intervención en las dimensiones actitudinales (Importancia, Autoeficacia, Interés y Conexión con la vida) en alumnado de Educación Secundaria y universitario, permitiendo una aproximación comparada para identificar cómo estas estrategias de divulgación y aprendizaje activo influyen en la reconfiguración de sus perfiles actitudinales entre ambos contextos.

METODOLOGÍA

Muestra y procedimiento

Se diseñó una intervención gamificada basada en microscopía, evaluada mediante análisis cuantitativo de cuestionarios pre y post-intervención. La muestra inicial estuvo compuesta por 214 estudiantes (186 universitarios del Grado de Educación Infantil y 58 de 4.º de ESO). Tras el filtrado, se obtuvieron 181 respuestas emparejadas, con una distribución del 76% de universitarios y 24% de secundaria. La muestra total presenta una clara predominancia femenina (80%), especialmente en el Grado de Educación Infantil (89%), lo que resulta coherente con la distribución habitual en este tipo de titulaciones, frente a una distribución más equilibrada en Educación Secundaria (47%). La recogida de datos se realizó en el contexto de seminarios prácticos en el alumnado universitario y mediante actividades de divulgación científica (Ciencia Circular y Desayuna con la ciencia) en el caso del alumnado de Educación Secundaria.

Descripción de la intervención

Bajo la narrativa "Policía científica: Investigadores de lo invisible", se diseñó una intervención gamificada de ampliación y refuerzo para el aprendizaje de la microscopía y la identificación de microorganismos, así como de tejidos animales y vegetales. La actividad, de carácter abierto, permitió el uso de materiales de consulta y dispositivos digitales para fomentar la indagación. La intervención se estructuró mediante un modelo circular compuesto por cuatro estaciones o "casos" de resolución independiente, abordadas por grupos cooperativos (2-3 integrantes) en rotaciones de 15 minutos (60 minutos en total). Cada caso presenta una arquitectura homogénea: una narrativa contextual que plantea los interrogantes a resolver, el análisis de cinco muestras biológicas y una pregunta crítica para identificar la evidencia determinante para esclarecer el enigma planteado. La mecánica lúdica principal consistió en vincular

la muestra correcta con un valor numérico para obtener un dígito por caso. La combinación permitía abrir un candado digital con retroalimentación inmediata, mientras que la secuencia ordenada de los dígitos obtenidos en cada caso daba acceso a un candado final.

Este diseño se orientó a promover el desarrollo de competencias científicas relacionadas con la observación técnica, la clasificación biológica y la aplicación del método deductivo. Durante la actividad, el docente actuó como facilitador, supervisando el desarrollo y apoyando al alumnado, manteniendo su autonomía y el correcto funcionamiento del trabajo cooperativo.

Instrumento y análisis de datos

La recogida de datos se realizó mediante un cuestionario autoinformado pre-post, de duración aproximada de 10 minutos, bajo criterios de voluntariedad, anonimato y aprobación ética por la Universidad de Extremadura. Se utilizó una adaptación del School Science Attitude Questionnaire (SSAQ) (Aguilera y Perales-Palacios, 2019), reduciendo el número de ítems para ajustarlo al contexto de divulgación. El instrumento, basado en una escala Likert de 5 puntos, evaluó cuatro dimensiones: Importancia (D1), Autoeficacia (D2), Interés (D3) y Conexión con la vida (D4).

El análisis estadístico se realizó con Jamovi (v.2.3.28). Ante la ausencia de normalidad (Shapiro-Wilk, $p < 0{,}001$), se aplicaron pruebas no paramétricas: Wilcoxon para comparaciones pre-post y correlación de Spearman para el análisis de asociaciones, estimando el tamaño del efecto mediante la correlación biserial de rangos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados tras la intervención muestran mejoras significativas en la mayoría de los ítems analizados relacionados con la actitud hacia la ciencia (Tabla 1), organizados en las dimensiones de Importancia de la ciencia (D1), Autoeficacia (D2), Interés (D3) y Conexión con la vida (D4).

Tabla 1. Media (M) y desviación típica (DT), significación (prueba Wilcoxon) y tamaño del efecto (r_{rb}, rango biserial) para los ítems de actitud hacia la ciencia.

Dimensión[1]	Item	Pretest		Postest		p	$\lvert r_{rb} \rvert$
		M	DT	M	DT		
Importancia	Imp1	3,94	0,89	4,30	0,89	<,0001	0,53
	Imp2	4,41	0,80	4,43	0,83	0,916	0,01
Autoeficacia	Aut1	3,07	1,00	3,66	1,00	**<0,001**	0,73
	Aut2	3,22	1,09	3,93	0,90	**<0,001**	0,81
Interés	Int1	4,19	0,88	4,43	0,83	<0,001	0,39
	Int2	3,91	0,96	4,24	0,92	<0,001	0,54
Conexión Vida	Con1	3,61	0,92	4,13	0,94	**<0,001**	0,69

[1]Dimensiones según Aguilera y Perales-Palacios, 2019

En la dimensión Importancia (D1) se observó un incremento significativo en la percepción de la utilidad de la ciencia para comprender fenómenos cotidianos (item Imp1: $p < 0{,}001$; $|r_{rb}| = 0{,}53$) mientras que la valoración general sobre la relevancia de comprender la ciencia (item Imp2) no mostró cambios significativos, probablemente debido a un efecto techo, dado el elevado valor inicial. Este resultado coincide con estudios previos que indican que el alumnado suele reconocer la importancia social de la ciencia, independientemente de su interés personal por el aprendizaje de la misma (Aguilera & Perales Palacios, 2019; Osborne et al., 2003).

La dimensión Autoeficacia (D2) presentó los mayores cambios, con tamaños del efecto altos ($|r_{rb}| = 0{,}73–0{,}81$), indicando una mejora notable en la confianza en las propias habilidades del alumnado (item Aut1) y una reducción de la percepción de dificultad (item Aut2). Estos resultados sugieren que la intervención fortaleció la seguridad del alumnado y redujo la percepción de dificultad asociada a su

aprendizaje, promoviendo una actitud más proactiva y autónoma, resultados que suelen asociarse al uso de metodologías (Aguilera & Perales-Palacios, 2020a).

En Interés (D3) se observaron incrementos significativos ($|r_{rb}|$ = 0,39–0,54) en el atractivo general de la ciencia (item Int1) y el interés por las explicaciones de fenómenos científicos (item Int2), lo que sugiere un refuerzo del atractivo del contenido científico. Del mismo modo, en Conexión con la vida (D4) se registró una mejora significativa ($|r_{rb}|$ = 0,69) en la relación percibida entre la ciencia y la vida cotidiana (item Con1), evidenciando una mayor percepción de la relevancia de la ciencia en la vida cotidiana. Ambos resultados subrayan la efectividad de las experiencias de aprendizaje basadas en la experimentación, la participación activa del alumnado y el uso de contextos significativos para reducir la distancia entre el contenido académico y el entorno cotidiano del alumnado (Aguilera & Perales-Palacios, 2020a, 2020b; Potvin & Hasni, 2014). En resumen, la intervención gamificada con microscopios impactó positivamente en todas las dimensiones, destacando especialmente el refuerzo de la autoeficacia y la conexión con la vida cotidiana, fundamentales para una actitud positiva hacia la ciencia.

Se evaluó la coherencia interna de las dimensiones mediante correlaciones de Spearman entre ítems, consideradas adecuadas en escalas de dos ítems (Eisinga et al., 2013). Los resultados mostraron correlaciones satisfactorias en D1, D2 y D3, lo que permitió calcular variables compuestas a partir de sus medias. Dado que los datos no cumplían el supuesto de normalidad (Shapiro-Wilk < 0,001), se realizaron comparaciones pre-post mediante la prueba de Wilcoxon. Los resultados evidenciaron incrementos significativos en todas las dimensiones ($p \leq 0{,}001$), con tamaños del efecto moderados a altos ($|r_{rb}|$ = 0,37–0,79), lo que indica un impacto relevante de la intervención en la actitud hacia la ciencia.

El análisis por sexo y nivel educativo (Figura 1) reveló matices significativos según el perfil del alumnado. En la dimensión Importancia, los incrementos significativos se limitaron exclusivamente a las mujeres, tanto universitarias ($p \leq 0{,}01$) como de secundaria ($p \leq 0{,}05$), mientras que los hombres no mostraron cambios reseñables, lo que podría indicar una mayor estabilidad de sus valoraciones iniciales o una menor sensibilidad a la intervención en este aspecto concreto. Por su parte, en Autoeficacia, las mejoras significativas fueron especialmente notables en el alumnado universitario; aunque las mujeres partían de niveles más bajos que sus compañeros, la intervención permitió reducir las diferencias iniciales entre sexos. De hecho, las únicas diferencias significativas entre sexos se observaron en el pretest en la dimensión de Autoeficacia dentro del alumnado universitario ($p \leq 0{,}05$), desapareciendo tras la intervención, lo que sugiere una reducción de las diferencias iniciales entre hombres y mujeres. En cuanto a la dimensión Interés, tras la intervención, los cambios positivos se concentraron nuevamente en el alumnado universitario de ambos sexos, sugiriendo que la propuesta reforzó el atractivo por los contenidos científicos trabajados. Por el contrario, en el alumnado masculino de instituto se registró un descenso en la puntuación media, lo que, sumado a la ausencia de mejoras significativas en el resto de este grupo, refuerza la idea de que los estudiantes de secundaria requieren diseños pedagógicos más personalizados, ya que la intervención no logró conectar eficazmente con sus motivaciones previas. Finalmente, la dimensión Conexión con la vida mostró mejoras significativas únicamente en las mujeres universitarias.

Desde una perspectiva interpretativa, estos resultados evidencian un impacto especialmente relevante en la percepción de competencia, siendo más pronunciado en las estudiantes. La literatura señala que las actitudes hacia la ciencia están condicionadas por factores contextuales y socioculturales, sin patrones homogéneos entre sexos (Osborne et al., 2003; Potvin & Hasni, 2014), lo que permite interpretar el impacto diferencial observado en función del contexto educativo y la intervención aplicada. En este sentido, la reducción de diferencias iniciales entre sexos en autoeficacia sugiere que la propuesta didáctica contribuyó a favorecer una participación más equitativa en el aprendizaje científico.

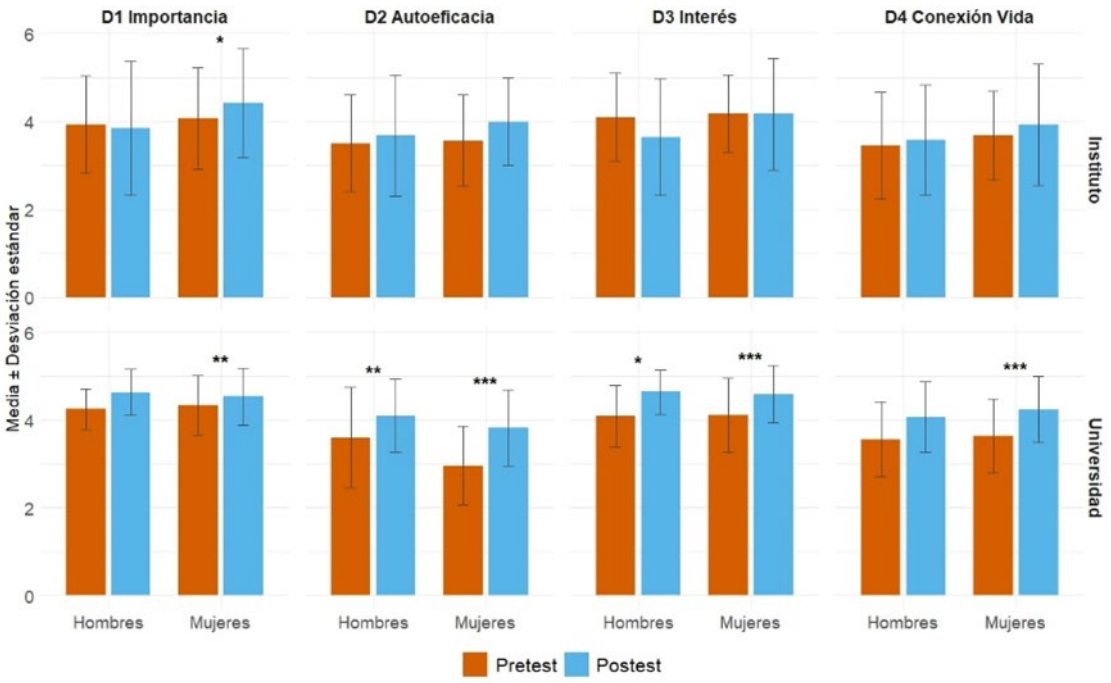


Figura 1: Comparación de las puntuaciones medias globales en las dimensiones de actitud hacia la ciencia en pretest y postest.. Diferencias significativas según prueba Wilcoxon: *: p≤0,05; **p≤0,01; ***: p≤0,001.

La combinación de experimentación con microscopía y gamificación parece haber generado un entorno motivador que favorece la implicación del alumnado (Vlaardingerbroek et al., 2017), siendo especialmente eficaz para reforzar la autoeficacia en las estudiantes (Aguilera & Perales-Palacios, 2020b). Por otro lado, las diferencias observadas entre alumnado universitario y de secundaria sugieren que la edad y la experiencia académica influyen en la evolución de las actitudes científicas (Potvin & Hasni, 2014; Reed et al., 2022), lo que apunta a la necesidad de adaptar este tipo de intervenciones a distintos perfiles educativos.

CONCLUSIONES

El presente trabajo permite concluir que una intervención basada en la experimentación con microscopía y elementos de gamificación produce un impacto positivo y significativo en las actitudes hacia la ciencia del alumnado, especialmente en la autoeficacia y la conexión con la vida cotidiana. Asimismo, contribuye a reforzar la confianza del alumnado en su competencia científica y a reducir la distancia entre el conocimiento académico y su aplicabilidad.

Desde una perspectiva de equidad, los resultados muestran un impacto diferencial por género: la intervención permitió reducir las diferencias iniciales en autoeficacia en las estudiantes, favoreciendo una convergencia con sus compañeros. Este hallazgo refuerza el potencial de las metodologías activas y contextualizadas para promover una participación más equitativa en el aprendizaje científico. No obstante, el impacto varía según el nivel educativo. Mientras que en el ámbito universitario la mejora fue generalizada, en Educación Secundaria los resultados fueron más limitados, lo que sugiere la necesidad de adaptar este tipo de intervenciones a las características y motivaciones del alumnado.

En conjunto, estos resultados apoyan la incorporación de propuestas didácticas basadas en la experimentación, la contextualización y la participación activa como estrategias clave para mejorar las actitudes hacia la ciencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, D., & Perales Palacios, F. J. (2019). Actitud hacia la Ciencia: desarrollo y validación estructural del School Science Attitude Questionnaire (SSAQ). *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, *16*(3), 1–20. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3103

Aguilera, D., & Perales-Palacios, F. J. (2020a). Learning biology and geology through a participative teaching approach: the effect on student attitudes towards science and academic performance. *Journal of Biological Education*, *54*(3), 245–261. https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1569084

Aguilera, D., & Perales-Palacios, F. J. (2020b). What Effects Do Didactic Interventions Have on Students' Attitudes Towards Science? A Meta-Analysis. *Research in Science Education*, *50*(2), 573–597. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9702-2

DeWitt, J., & Archer, L. (2015). Who Aspires to a Science Career? A comparison of survey responses from primary and secondary school students. *International Journal of Science Education*, *37*(13), 2170–2192. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1071899

Eisinga, R., Grotenhuis, M. te, & Pelzer, B. (2013). The reliability of a two-item scale: Pearson, Cronbach, or Spearman-Brown? *International Journal of Public Health*, *58*(4), 637–642. https://doi.org/10.1007/s00038-012-0416-3

Esteve, A. R., & Solbes, J. (2018). El desinterés de los estudiantes por las Ciencias y la Tecnología en el Bachillerato y los estudios universitarios. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *0*(Extra), 573–578. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/334628

Inkinen, J., Klager, C., Juuti, K., Schneider, B., Salmela-Aro, K., Krajcik, J., & Lavonen, J. (2020). High school students' situational engagement associated with scientific practices in designed science learning situations. *Science Education*, *104*(4), 667–692. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21570

Makarova, E., Aeschlimann, B., & Herzog, W. (2019). The Gender Gap in STEM Fields: The Impact of the Gender Stereotype of Math and Science on Secondary Students' Career Aspirations. *Frontiers in Education*, *Volume 4-2019*. https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00060

Mellado Jiménez, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., & . E. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *32*(3), 11–36. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, *25*(9), 1049–1079. https://doi.org/10.1080/0950069032000032199

Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, *50*(1), 85–129. https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626

Reed, D. E., Kaplita, E. C., McKenzie, D. A., & Jones, R. A. (2022). Student Experiences and Changing Science Interest When Transitioning from K-12 to College. *Education Sciences*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/educsci12070496

Vlaardingerbroek, B., Taylor, N., Bale, C., & Kennedy, J. (2017). Linking the experiential, affective and cognitive domains in biology education: a case study – microscopy. *Journal of Biological Education*, *51*(2), 144–150. https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1177574

Análisis de la comprensión del modelo de isomería en alumnado de institutos técnicos en Italia

Emilio María Rigotti [1], *José María Oliva Martínez* [2]

[1] Istituto Tecnico Industriale Statale "Feltrinelli", Milán (Italia) [2] Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz (España).

*Correspondencia: luciolemilio@gmail.com

RESUMEN: Se analiza la comprensión en torno al modelo de isomería en estudiantes de 5º grado de institutos técnicos italianos, al objeto de realizar un estudio diagnóstico previo al desarrollo de propuestas didácticas encaminadas a introducir mejoras respecto a la enseñanza habitual. Participó una muestra de conveniencia de 62 estudiantes de quinto año (18 años) de especialidades de química y biotecnologías, de institutos técnicos italianos. Para la recogida de datos se empleó un cuestionario de respuesta abierta formado por siete preguntas que se evaluaron mediante rúbricas. Como conclusiones del estudio, los estudiantes parecen conocer aspectos generales sobre el fenómeno de la isomería e, incluso, poseen en algunos casos nociones y procedimientos para identificar isómeros y centros quirales. No obstante, presentan fragilidad conceptual, dificultades de visualización tridimensional y desconexión entre los niveles de representación, evidenciando una comprensión superficial y descontextualizada de la quiralidad y sus implicaciones. Estos hallazgos ponen de manifiesto la necesidad de introducir mejoras en la enseñanza mediante enfoques didácticos basados en la modelización que favorezcan una comprensión más profunda e integrada.

PALABRAS CLAVE: Isomería; Modelización; Dificultades de aprendizaje; Estudio diagnóstico; Educación Secundaria Técnica.

ABSTRACT: This study analyzes the understanding of the isomerism model among 5th-grade students in Italian technical institutes, with the aim of conducting a diagnostic assessment prior to the development of teaching proposals designed to introduce improvements over conventional instruction. A convenience sample of 62 final-year students (aged 18) specializing in chemistry and biotechnology from Italian technical institutes participated in the study. Data were collected using an open-ended questionnaire consisting of seven questions, which were evaluated using rubrics. The findings indicate that students appear to have general knowledge about the phenomenon of isomerism and, in some cases, even possess notions and procedures to identify isomers and chiral centers. However, they exhibit conceptual fragility, difficulties in three-dimensional visualization, and a disconnect between levels of representation, revealing a superficial and decontextualized understanding of chirality and its implications. These findings highlight the need to introduce instructional improvements through modeling-based teaching approaches that foster a deeper and more integrated understanding.

KEYWORDS: Isomerism; Modelling; Learning difficulties; Diagnostic study; Technical Secondary Education.

INTRODUCCIÓN

La isomería es una noción central en química orgánica, ya que explica cómo compuestos con la misma fórmula molecular pueden diferir en estructura y propiedades. Su estudio conecta teoría y fenómenos observables, actuando como constructo que articula la realidad con la teoría abstracta y, por tanto, pudiéndose considerar como un modelo científico (Giere, 1999; Morrison y Morgan, 1999). El modelo de isomería se reconoce como un tema complejo para los estudiantes debido al carácter abstracto de las moléculas y la necesidad de representaciones para construir modelos mentales (Işik et al., 2024). Las dificultades más comunes incluyen limitaciones en la visualización tridimensional, problemas para conectar los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, y un aprendizaje superficial centrado en la memorización, lo que impide comprender plenamente la relación entre estructura molecular y propiedades observables (Raupp et al., 2020; Merino et al., 2017).

En Italia, la isomería es un contenido que se aborda en las especialidades químicas de los institutos técnicos a lo largo de tres cursos (tercero, cuarto y quinto). El currículo de química orgánica, que culmina en quinto con el estudio de macromoléculas, introduce el tema de forma progresiva: en tercero se trabajan la isomería constitucional y la geométrica; en cuarto, la quiralidad y los enantiómeros; y en quinto, estos conceptos se aplican a biomoléculas. A pesar de esta presencia curricular sostenida, el tema no suele tratarse como un modelo científico escolar integrado, y la relación entre estructura molecular y propiedades se presenta de forma fragmentada. Esta situación genera frustración en el profesorado, que observa cómo los estudiantes muestran dificultades recurrentes, especialmente en la representación tridimensional y en la capacidad para relacionar estructura con propiedades y transferir conceptos a nuevos contextos bioquímicos.

Esta percepción docente sobre las limitaciones del aprendizaje justifica la necesidad de realizar un estudio diagnóstico riguroso que caracterice la comprensión real del alumnado al finalizar su formación. Esta comunicación tiene por objeto realizar un estudio diagnóstico de la comprensión del modelo de isomería, como paso previo al diseño, implementación y evaluación de una propuesta didáctica para la enseñanza de este tema con estudiantes de institutos técnicos italianos.

METODOLOGÍA

Este estudio es de carácter exploratorio y diagnóstico, constituyendo la primera fase de una investigación basada en el diseño orientada a generar propuestas de mejora para la enseñanza de este contenido curricular. Como instrumento diagnóstico se utilizó un cuestionario de respuesta abierta sobre análisis y reflexión en torno al modelo de isomería aplicado a distintas situaciones. Este formato permitió recoger información cualitativa sobre comprensión conceptual y habilidades visoespaciales, fundamentales para el aprendizaje de la estereoquímica y la isomería. La construcción del mismo pasó por dos versiones, incluyendo una fase previa de revisión por expertos que sugirieron ajustes en los enunciados antes de su implementación con el alumnado.

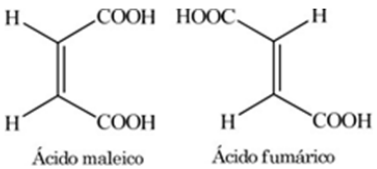
La versión final contenía siete preguntas abiertas (ver ejemplo en Figura 1):

- Pregunta 1 (P1). Representación 3D de moléculas (imágenes especulares y enantiómeros)
- Pregunta 2 (P2). Isómeros estructurales y relación con propiedades físicas y químicas.
- Pregunta 3 (P3). Comprensión de isomería geométrica y habilidades visoespaciales.
- Pregunta 4 (P4). Comprensión de isomería geométrica y su relación con las propiedades.
- Pregunta 5 (P5). Identificación de centros quirales y criterios de estereogenicidad.
- Pregunta 6 (P6). Diferencias de propiedades macroscópicas a partir de la estructura molecular.
- Pregunta 7 (P7). Conexión entre quiralidad y efectos biológicos de los enantiómeros.

Figura 1. Ejemplos de preguntas planteadas en el cuestionario

Participó una muestra de conveniencia compuesta por 62 estudiantes de quinto año (18 años) de institutos técnicos italianos, distribuidos en cinco grupos de tres centros: A (Química y Biotecnologías

Pregunta 4. A continuación, se muestran dos ácidos, el ácido maleico y el ácido fumárico



¿Qué semejanzas y diferencias existen entre las dos moléculas en cuanto a estructura y propiedades?

Pregunta 6. Un químico en el laboratorio identifica dos sustancias A y B que parecen tener la misma fórmula semidesarrollada: Cl-CH=CH-Cl. La sustancia A tiene una temperatura de ebullición de 333 K, mientras que B la tiene de 321 K. Explica cómo es posible que ambas sustancias tengan propiedades distintas teniendo la misma fórmula semidesarrollada.

Ambientales), B (Química y Materiales) y C (Química y Materiales / Química y Biotecnologías Sanitarias). Los estudiantes habían cursado la enseñanza habitual de la isomería durante tres años (tercero,

cuarto y quinto), siguiendo una metodología tradicional, sin un enfoque explícito de modelización. El cuestionario se administró en mayo de 2025, una vez los estudiantes habían completado los contenidos sobre isomería en el currículo oficial.

Para analizar las respuestas se siguió un doble procedimiento. De un lado, se llevó a cabo un estudio cualitativo que permitió diferenciar distintos niveles de sofisticación de las mismas y esbozar una rúbrica de valoración que tuviera en cuenta el grado de aproximación de las respuestas a ideas deseables. De otro, se realizó un estudio estadístico descriptivo de distribución de respuestas entre los distintos niveles de la rúbrica. Aun cuando en principio todas las preguntas contemplaban cuatro niveles o categorías, un análisis de Rasch mostró la conveniencia de fusionar niveles en algunas preguntas al objeto de conseguir categorizaciones más consistentes. El análisis de las curvas de probabilidad y los umbrales de Andrich reveló problemas de ordenamiento en las categorías de las preguntas 2, 5, 6 y 7, lo que recomendó su recategorización. Tras este proceso de reconfiguración, los índices de ajuste Infit y Outfit mejoraron significativamente, acercándose la mayoría al rango ideal de 0.7 a 1.3. Asimismo, los criterios de información AIC, BIC y CAIC disminuyeron notablemente, indicando un mejor ajuste del modelo reconfigurado. El número de niveles contemplados finalmente en cada pregunta fueron 4 para las preguntas 1, 3 y 4; tres para las preguntas 2, 6 y 7 y solo dos para la pregunta 5.

Para evaluar la fiabilidad de categorización intra-juez, el primer autor categorizó en dos ocasiones, mediadas por un mes de plazo, las respuestas de la totalidad de estudiantes a las siete preguntas. Se determinó el coeficiente Kappa de Cohen ponderado, obteniéndose valores excelentes entre 0.896 y 1.000, con un acuerdo de entre el 95% y el 100% en todas las escalas, lo que confirma la solidez y objetividad del sistema de evaluación empleado.

RESULTADOS

El análisis cuantitativo de los resultados obtenidos en el cuestionario revela un desempeño desigual del alumnado, con una marcada fragmentación en la comprensión del modelo de isomería.

Los datos, analizados mediante medidas de centralización y dispersión (mediana, percentiles e índice intercuartílico), confirman que, si bien existe un dominio de ciertos procedimientos técnicos, persisten barreras conceptuales profundas que coinciden con las dificultades reportadas tradicionalmente en la literatura del área.

A modo de ejemplo sobre la profundidad del diagnóstico realizado, se presenta el análisis cualitativo de la Pregunta 1, la cual evaluaba la capacidad de visualizar y comprender la relación entre una molécula tetraédrica y su imagen especular. Los resultados permiten caracterizar el desempeño del alumnado en cuatro niveles de sofisticación creciente:

- Nivel 0 (Respuesta errónea): El estudiante realiza un dibujo incorrecto o afirma la identidad de las moléculas basándose en una interpretación errónea de la simetría. Ejemplo: “Se trata de la misma molécula porque también es reflejada, la estructura molecular no cambia”.
- Nivel 1 (Conocimiento superficial): El alumno es capaz de realizar el dibujo correctamente, no reconoce la diferencia geométrica. Ejemplo: “Se trata de la misma molécula”. Este nivel evidencia una brecha crítica entre la habilidad gráfica y la comprensión conceptual de la quiralidad.
- Nivel 2 (Identificación correcta pero incompleta): Se reconoce que las moléculas son distintas a nivel espacial, aunque sin emplear terminología técnica precisa. Ejemplo: “Se trata de moléculas diferentes a nivel estereoquímico. Tienen la misma fórmula molecular. Si tienen conformaciones diferentes pueden tener también características diferentes”.
- Nivel 3 (Modelo científico escolar): El estudiante demuestra un dominio completo del modelo identificando la relación de enantiómeros. Ejemplo: “Teniendo la molécula un centro quiral las dos imágenes especulares son enantiómeros, es decir, moléculas diferentes desde el punto de vista de la estereoisomería”.

El rendimiento de los estudiantes fue muy desigual entre las distintas preguntas, evidenciando una marcada disparidad entre las tareas puramente procedimentales y las que exigen razonamiento espacial o causal. A continuación, se analizan los resultados obtenidos en las siete preguntas:

Tabla 1. Distribución de frecuencias por pregunta y nivel de la rúbrica final (%)

Pregunta	%			
	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
P1	12.9	53.2	19.4	14.5
P2	58.1	21.0	21.0	
P3	62.9	35.5	1.6	0,0
P4	17.7	32.3	46.8	3.2
P5	25.8	74.2		
P6	51.6	46.8	1.6	
P7	40.3	33.9	25.8	0,0

Nota: El número de niveles varía según la pregunta tras la reconfiguración con el modelo de Rasch.

P1 (imagen especular y enantiómeros): mostró un patrón relativamente equilibrado. La mayoría del alumnado (53,2%) alcanzó el nivel 1 (dibujo correcto sin identificar la diferencia), mientras que un 14,5% logró el nivel máximo. No obstante, el 66,1% de los estudiantes no logró comprender que la imagen especular representa una molécula diferente no superponible, a pesar de que muchos realizaron dibujos correctos, lo que revela una brecha entre la habilidad gráfica y la comprensión conceptual.

P2 (isómeros estructurales): presentó una alta variabilidad y dificultad. El 58,1% de los estudiantes se situó en el nivel 0, fallando en la representación básica de los isómeros.

P3 (representación 2D y 3D de isómeros geométricos): resultó ser la pregunta más compleja del cuestionario. El 62,9% de los estudiantes se ubicó en el nivel 0 y ningún alumno alcanzó el nivel 3, lo que refleja una profunda dificultad con la representación tridimensional.

P4 (comparación entre ácido maleico y fumárico): se caracterizó por una mayor concentración de respuestas en el nivel 2 (46,8%), aunque solo el 3,2% logró alcanzar el nivel 3.

P5 (identificación de centro estereogénico): fue la pregunta más accesible. El 74,2% de los estudiantes alcanzó el nivel 1 en su escala dicotómica, lo que indica un buen dominio de la regla técnica de los cuatro sustituyentes.

P6 (explicación de diferentes temperaturas de ebullición): mostró una alta variabilidad. Más de la mitad del alumnado (51,6%) se quedó en el nivel 0, y solo un 1,6% alcanzó el nivel 2. Si bien el 46,8% identificó que se trataba de isómeros, fue incapaz de construir una explicación causal vinculada a la polaridad.

P7 (limoneno y receptores biológicos): el 74% de los estudiantes se situó en los niveles más bajos de desempeño y nadie alcanzó el nivel 3, evidenciando la dificultad para transferir el concepto de quiralidad a contextos biológicos.

En conjunto, los datos reflejan que las preguntas de carácter puramente procedimental (P5) resultaron más accesibles, mientras que aquellas que exigían razonamiento espacial (P3), comprensión causal (P6) o transferencia a contextos aplicados (P7) concentraron los mayores niveles de dificultad.

DISCUSIÓN

El presente estudio diagnóstico permite extraer conclusiones relevantes sobre el estado de la comprensión del modelo de isomería en el alumnado que finaliza su formación técnica. El análisis revela un perfil

de aprendizaje con fortalezas específicas, pero también con debilidades persistentes que limitan una comprensión estructural y significativa de la isomería.

Se observan aciertos en tareas procedimentales, como la identificación de estereocentros a partir de la regla de los cuatro sustituyentes diferentes (P5). Sin embargo, este conocimiento aislado no se traduce en una comprensión profunda de la quiralidad y sus consecuencias.

Las principales dificultades se agrupan en tres aspectos fundamentales. En primer lugar, los estudiantes muestran una marcada limitación visoespacial para manipular mentalmente estructuras tridimensionales, especialmente en la isomería geométrica (P3). Esta deficiencia constituye una barrera fundamental para comprender la estereoquímica, evidenciando que el aprendizaje se ha centrado más en la representación gráfica que en la construcción de modelos mentales dinámicos y precisos. En segundo lugar, persiste una desconexión entre los niveles de representación de la química. El alumnado es capaz de operar en el nivel simbólico e incluso dibujar isómeros correctamente, pero fracasa al establecer vínculos causales con el nivel macroscópico. No logran articular cómo las diferencias en la conectividad atómica o en la disposición espacial se traducen en variaciones de propiedades físicas (como el punto de ebullición en P2 y P6) o biológicas (como el olor en P7). La comprensión se queda en la clasificación nominal, sin alcanzar la predicción o la explicación basada en el modelo. En tercer lugar, se detecta una comprensión superficial y descontextualizada de la quiralidad. Aunque identifican centros quirales, los estudiantes no internalizan las implicaciones de este concepto. Les resulta particularmente difícil trasladar la idea abstracta de "imagen especular no superponible" a sus consecuencias en el mundo real, como la interacción estereoespecífica con receptores biológicos (P7). Ninguno logra articular una explicación que conecte las diferencias biológicas con el reconocimiento molecular en receptores quirales, lo que revela un déficit significativo en la comprensión del impacto biológico de la estereoisomería.

Los resultados obtenidos son consistentes con la literatura especializada. Estos hallazgos corroboran las tesis de autores como Raupp et al. (2020) e Işık et al. (2024) y Pesce (2024), quienes señalan que la carencia de habilidades de visualización y la limitación para manipular mentalmente estructuras en tres dimensiones son los principales obstáculos en el aprendizaje de la estereoquímica. Esta desconexión entre los niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) es una dificultad recurrente señalada por Merino et al. (2017) y Rice (2016), quienes observan que los estudiantes suelen memorizar fórmulas sin comprender las consecuencias físicas y químicas de la estructura molecular. Las preguntas sobre quiralidad delatan lo que Raupp et al. (2020) y Merino et al. (2017) describen como un aprendizaje superficial y memorístico. Los estudiantes dominan la "regla" (identificación de centro estereogénicos), pero fallan al aplicar ese conocimiento en contextos biológicos (P7) o de visualización (P1), lo que confirma que no han internalizado la isomería como un modelo científico potente, sino como un conjunto de normas procedimentales.

Este estudio confirma, en el contexto específico de la formación técnico-profesional italiana, las mismas carencias detectadas en otros niveles educativos. Estos resultados justifican plenamente la necesidad de implementar mejoras didácticas orientadas a superar estas limitaciones.

CONCLUSIONES

El estudio revela que los estudiantes que finalizan su formación técnica presentan un conocimiento procedimental adecuado para identificar estereocentros, pero carecen de una comprensión profunda y significativa de la isomería. Las principales dificultades se concentran en tres áreas: limitaciones visoespaciales para manipular estructuras tridimensionales, desconexión entre los niveles simbólico, submicroscópico y macroscópico de la química, y comprensión superficial de la quiralidad con escasa capacidad para relacionarla con propiedades físicas o biológicas. Estos resultados coinciden con la literatura especializada, evidenciando que los estudiantes suelen memorizar reglas sin internalizar modelos científicos, y subrayan la necesidad de estrategias didácticas que fomenten la visualización tridimensional, la integración conceptual y la aplicación de la estereoquímica en contextos reales.

Estas conclusiones servirán de base empírica para la siguiente fase de esta investigación: el diseño e

implementación de una secuencia didáctica basada en la modelización y la visualización avanzada. Las líneas de mejora que sugiere este diagnóstico apuntan, en primer lugar, a facilitar la transición entre representaciones 2D y 3D mediante el uso integrado de software de modelado molecular y recursos de realidad aumentada, con el fin de desarrollar habilidades visoespaciales en los estudiantes. En segundo lugar, se busca promover la conexión estructura-propiedad a través de la manipulación interactiva de modelos físicos y digitales, permitiendo visualizar y razonar sobre cómo la geometría molecular influye en las interacciones intermoleculares y, en consecuencia, en las propiedades de las sustancias. Por último, se pretende contextualizar y dar significado a la quiralidad mediante analogías potentes, visualización inmersiva de enantiómeros y el análisis de casos relevantes como fármacos y aromas, para que los estudiantes comprendan el mecanismo de reconocimiento molecular estereoespecífico y su impacto en contextos reales.

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación es parte del proyecto PID2022-136353NB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER/UE

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Giere, R. N. (1999). Using models to represent reality. In L. Magnani, N. J. Nersessian, & P. Thagard (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp. 41–57). Springer US.

Işık, B., Ekici, F., Kadayıfçı, H., & Akkus, H. (2024). Development and Use of a Flowchart as a Scaffolding Tool for Isomeric Relationships in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, *101*(6), 2458-2465. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00119

Merino, C., Vargas, J., Bernal, S., Nilo, N., Quiroz, W., Arellano, M., & Castillo, J. (2017). La estereoisomería en los libros de texto y el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje con realidad aumentada para promover la visualización. Actas del X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 4461-4466.

Morrison, M., & Morgan, M. S. (1999). Models as mediating instruments. In M. S. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science* (pp. 10–37). Cambridge University Press.

Pesce, A. M. (2024). *The implementation of visualization aids to help students with structural isomerism* (Tesis doctoral). Drexel University.

Raupp, D. T., Prochnow, T. R., Del Pino, J. C., & Neto, A. S. D. A. (2020). La capacidad de comprensión del campo conceptual de la estereoquímica: Los desafíos que preceden a los problemas de visualización espacial. *ACTIO: Docência em Ciências, 5*(1), 1–21.

Rice, L. (2016). *Organic chemistry through visualisation* (Tesis doctoral). Dublin City University.

Diseño de un marco de análisis para desarrollar competencias científicas y ambientales en Educación Primaria

Candela Rodríguez-Conde[1], Mercedes Varela-Losada[1], Cristina Cambeses-Franco[1] y María Lorenzo-Rial[1]

[1]Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidade de Vigo, España

* Correspondencia: rodriguezcondecandela@gmail.com

RESUMEN: Este trabajo presenta el diseño de un marco de análisis orientado a identificar y caracterizar el desarrollo de competencias científicas y ambientales en las primeras etapas educativas, desde una perspectiva competencial y sistémica. El marco integra referentes internacionales en educación científica y ambiental, como las ideas disciplinares del Framework for K–12 Science Education (NRC, 2012), las competencias científicas del marco PISA (OECD, 2023) y los criterios del currículo español de Educación Primaria (RD 157/2022). Esta integración responde a la ausencia de modelos que articulen de forma conjunta contenidos, prácticas científicas y dimensiones ambientales en contextos de educación científica para la sostenibilidad. Como resultado, se configura un marco organizado en tres dimensiones interrelacionadas que permiten analizar el aprendizaje desde una perspectiva globalizada, incorporando la comprensión de los sistemas vivos y la relación entre las acciones humanas y su impacto en el medio. El marco se aplica en una propuesta de indagación escolar en Educación Primaria.

PALABRAS CLAVE: competencias científicas; educación para la sostenibilidad; marco de análisis; pensamiento sistémico; sistemas vivos

ABSTRACT: This paper presents the design of an analytical framework aimed at identifying and characterising the development of scientific and environmental competencies in early educational stages, from a competency-based and systemic perspective. The framework integrates international references in science and environmental education, including the disciplinary core ideas of the Framework for K–12 Science Education (NRC, 2012), the scientific competencies of the PISA framework (OECD, 2023), and the criteria of the Spanish primary education curriculum (RD 157/2022). This integration responds to the lack of models that jointly articulate content, scientific practices, and environmental dimensions within science education for sustainability. As a result, the framework is organised into three interrelated dimensions that enable the analysis of learning from a globalised perspective, incorporating the understanding of living systems and the relationship between human actions and their environmental impact. The framework is applied in an inquiry-based learning proposal in primary education.

KEYWORDS: scientific competencies; education for sustainability; analytical framework; systems thinking; living systems

INTRODUCCIÓN

A consecuencia de las actuales tendencias de desarrollo, la estabilidad y habitabilidad del planeta se están viendo afectadas (UNEP, 2022). A nivel global, nos encontramos con la necesidad de actuar con urgencia para abordar los diferentes retos que emanan de la problemática ambiental, que interconecta cuestiones científicas, sociales y éticas (Richardson et al., 2023). En este contexto, desde las primeras etapas educativas, se deben replantear los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, contextualizándolos en un sistema que se encuentra en crisis, y entendiendo al alumnado, la futura ciudadanía, como un agente de cambio (Muro y Pérez, 2021; OECD, 2023).

MARCO TEÓRICO

Competencias científicas y ambientales en las primeras etapas educativas

Desde la didáctica de las ciencias se debe promover el desarrollo de actitudes y habilidades que permitan al alumnado abordar problemáticas del mundo real, entendiendo la educación como una herramienta para la transformación social (Guerrero et al., 2022). Desde esta perspectiva, las finalidades de la ciencia escolar se han de abordar desde la complejidad como una actividad para la construcción significativa de nuevas maneras de pensar, hablar, sentir y actuar que permitan explicar y transformar el mundo (Izquierdo et al., 2004). Por ello, la alfabetización científica debe desarrollarse desde una perspectiva multifactorial y con un enfoque sociocientífico (Pérez y Bravo, 2018). Las niñas y los niños aprenden a través de experiencias de exploración y descubrimiento de su entorno cercano (Kumar et al., 2023), siendo estas experiencias un contexto ideal para el aprendizaje a través de cuestiones sociocientíficas (Guerrero et al., 2022). Las cuestiones sociocientíficas se entienden como controversias sociales basadas en aspectos científicos, que interrelacionan aspectos multi e interdisciplinares, implicando planteamientos éticos, ambientales o económicos (Monserrat, 2025; Ocampo, 2022). En este contexto, las primeras etapas educativas son un momento clave para la comprensión y evaluación de estos fenómenos y problemáticas (Bascopé et al., 2019; Pramling y Kaga, 2008).

Otra cuestión que considerar en la didáctica de las ciencias actual son los diferentes marcos competenciales que se vienen desarrollando a nivel internacional, que caracterizan y desarrollan competencias científicas y ambientales desde la educación (Bianchi et al., 2022; OECD, 2023). En concreto, los resultados de diferentes experiencias vinculadas a la alfabetización científica y ambiental del alumnado en las primeras etapas educativas ponen de manifiesto la gran función de la escuela como espacio para la aproximación a modelos educativos que integran el desarrollo de habilidades y experiencias vinculadas a estas competencias (Kumar et al., 2023; Muro y Pérez, 2021), lo que permite promover un aprendizaje vinculado a la comprensión de las interrelaciones de los sistemas sociales y la biosfera (Solé et al, 2024; Hamed, 2023).

De este modo, la educación científica y ambiental puede desarrollar las competencias necesarias para el abordaje de las problemáticas complejas e interdisciplinares, en torno a experiencias que partan de dilemas sociocientíficos, donde se brinden oportunidades de articular propuestas, discutir, actuar y moverse para un fin, a partir de la relación de las personas con la ciencia en diferentes contextos (España y Prieto, 2009; Karelovic y Kong, 2022).

Aprender ciencias desde el estudio de los sistemas vivos

Un contexto ideal para este desarrollo de competencias científicas y ambientales puede ser el estudio de los seres vivos. La ciencia entiende los organismos como sistemas vivos cuyos elementos conforman un todo integrado, cuyas propiedades emergen de las relaciones organizadas entre las partes, entendiéndose desde una perspectiva sistémica como una red de relaciones (González-Iglesias et al., 2022). Desde esta comprensión científica, se pretende un aprendizaje basado en el estudio de sistemas, poniendo de manifiesto la idea de que estos elementos son interdependientes e interdisciplinarios (OECD, 2023). Así, el abordaje de los sistemas vivos se emplea como contexto para el aprendizaje, ya que este parte de la comprensión sistémica, donde los organismos son sistemas abiertos que interaccionan con su ecosistema de manera constante (Galera et al., 2023; Gómez et al., 2007; Pujol, 2003). Asimismo, el *Framework for K–12 Science Education* (NRC, 2012) en materia de *Life Science*, considera patrones, procesos y relaciones para la comprensión de sistemas vivos, enfocándose en las interacciones e interconexiones de los mismos. Desde esta perspectiva, el aprendizaje de los sistemas vivos implica el desarrollo de pensamiento sistémico, entendido como la capacidad de comprender las relaciones e interdependencias entre los elementos de un sistema y su entorno. Asimismo, la necesidad de integrar diferentes marcos se justifica por la ausencia de un único referente que integre una perspectiva globalizadora, competencial para la alfabetización científica y ambiental del alumnado de las primeras etapas educativas (Larimore, 2020). Así, se justifica el diseño de un único marco transferible y útil para orientar el desarrollo competencial y del pensamiento sistémico en Educación Primaria.

OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo de este trabajo es diseñar y aplicar un marco de análisis para identificar y caracterizar el desarrollo de competencias científicas y ambientales en las primeras etapas educativas. El marco integra las ideas científicas del NRC (2012), las prácticas científicas del marco PISA (OECD, 2023) y los criterios del currículo español para la etapa de Educación Primaria, y permite analizar la progresión del alumnado en la construcción de relaciones causa-efecto, el desarrollo del pensamiento sistémico y la formulación de acciones orientadas a la sostenibilidad. En concreto, los contenidos disciplinares están vinculados al estudio de los sistemas vivos y el abordaje de fenómenos socioambientales vinculados al cambio ambiental global.

DISEÑO DEL MARCO

Entendiendo la educación científica desde un enfoque globalizado, se integran contenidos (ideas disciplinares básicas) y prácticas científicas (y no habilidades de proceso aisladas), en vínculo con la propuesta didáctica (Larimore, 2020; Next Generation Science Standards [NGSS], 2013). En lo referido a las prácticas científicas, estas ideas se integran con una serie de competencias científicas y ambientales establecidas por el marco PISA (OECD, 2023). En cuanto a los contenidos, se parte de una de las grandes ideas de la ciencia "los organismos requieren de suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos" (Bell y Harlen, 2016). Esta idea se adapta y concreta mediante la selección de tres ideas disciplinares básicas del *Framework for K–12 Science Education* (NRC, 2012) en materia de *Life Science*, en concreto*, Interdependent Relationships in Ecosystems*; *Ecosystem, dynamics, functioning and resilience* y *Biodiversity and Humans*. De esta manera, se integran las ideas clave con las competencias científicas y ambientales. Asimismo, se vinculan los criterios de evaluación específicos para la Educación Primaria, partiendo de la legislación española (RD 157/2022).

MARCO DE ANÁLISIS

Finalmente, tras la integración de los diferentes elementos seleccionados y contextualizados en la propuesta didáctica, así como su concreción específica, se presenta el resultado del marco de análisis organizado en las tres dimensiones (Tabla 1).

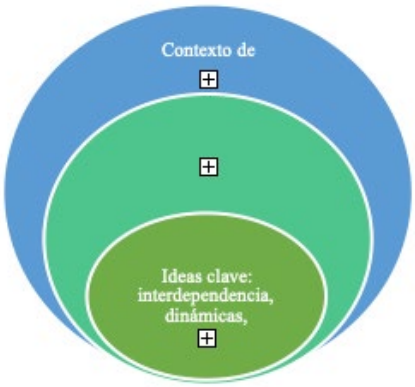
Tabla 1. Marco de análisis

DIMENSIÓN DE ANÁLISIS	IDEAS DISCIPLINARES BÁSICAS (NRC, 2012)	COMPETENCIAS CIENTÍFICO-AMBIENTALES (OECD,2023)	CRITERIOS DE EVALUACIÓN (RD 157/2022)	CRITERIOS DE ANÁLISIS ESPECÍFICOS Contexto concreto: Cuidado de una planta
Condiciones bióticas	*LS2.A:* *Interdependent Relationships in* *Ecosystems*	CC. Explicar fenómenos científicamente: Recordar y aplicar conocimiento científico apropiado	5.1 Reconocer las características, la organización y las propiedades de los elementos del medio natural, social y cultural a través de la indagación, utilizando las herramientas y procesos adecuados de forma pautada.	Reconocer las condiciones necesarias de vida para las plantas, así como la existencia de variabilidad en las mismas según las especies.
Dinámicas naturales y pensamiento científico	*LS2.C:* *Ecosystem, dynamics, functioning* *and resilience*	CC. Investigar, evaluar y utilizar información científica para tomar decisiones y actuar	5.2 Reconocer conexiones sencillas y directas entre diferentes elementos del medio natural, social y cultural por medio de la observación, la manipulación y la experimentación.	Plantear hipótesis y formular conclusiones a partir de la observación, la toma de datos y la búsqueda de información. Establecer relaciones causa-efecto entre las plantas y las alteraciones de los factores abióticos (luz, temperatura y humedad).

Conciencia crítica y acción ambiental	*LS4.D: Biodiversity and Humans*	CCA. Explicar el impacto de las interacciones humanas con los sistemas de la Tierra: explicar cómo los factores sociales, culturales o económicos contribuyen a estos impactos	6.1 Mostrar estilos de vida sostenible y valorar la importancia del respeto, los cuidados, la corresponsabilidad y la protección de los elementos y seres del planeta, identificando la relación de la vida de las personas con sus acciones sobre los elementos y recursos del medio como el suelo y el agua.	Formular explicaciones sobre el impacto de las acciones humanas en la estabilidad climática de la tierra. Reconocer el papel de la flora para mantener la estabilidad climática de la tierra.
		CCA. Tomar decisiones informadas para actuar con base en la evaluación de diversas fuentes de evidencia y la aplicación del pensamiento creativo y sistémico para regenerar y sostener el ambiente		Planear acciones sostenibles a nivel individual y social que reduzcan los impactos antropogénicos en el medio.

Desde esta integración, las ideas disciplinares del Framework for K–12 Science Education (NRC, 2012), las competencias científicas del marco PISA (OECD, 2023) y los criterios del currículo español de Educación Primaria son compatibles y susceptibles de ser desarrollados en un contexto de ciencia escolar: el cuidado de una planta. En concreto, el marco de análisis se contextualiza en torno al diseño, implementación y análisis de los resultados de una experiencia de aula con alumnado de 1ª curso de Educación Primaria. En este contexto, el marco se aplica al análisis del desarrollo de competencias científicas y ambientales del alumnado, a partir del estudio de las alteraciones de las condiciones abióticas que influyen en los sistemas vivos. Así, se diseñan los criterios de análisis específicos, contextualizados en una propuesta de indagación escolar

De este modo, el marco se organiza en tres dimensiones de análisis que integran contenidos y prácticas, y son concretadas a través de los criterios diseñados, que permiten el análisis para la identificación de competencias científicas y ambientales. Además, el marco incorpora una perspectiva sistémica que permite analizar el desarrollo del pensamiento sistémico del alumnado, a través de la identificación de relaciones entre los seres vivos, las condiciones del entorno y las acciones humanas. Así, las dimensiones resultantes permiten abordar el análisis del aprendizaje desde una perspectiva globalizada, incorporando tanto la comprensión de los sistemas vivos como la relación entre las acciones humanas



y su impacto en el medio.

Figura 1. Marco de integración para el desarrollo de competencias científico-ambientales.

IMPLICACIONES EDUCATIVAS

En cuanto a las implicaciones educativas, este trabajo pretende aportar un modelo transferible para la

evaluación de aprendizajes vinculados a la alfabetización científica y ambiental, integrando una visión globalizada y competencial. El marco presenta potencial para ser adaptado a otros cursos o etapas educativas, contextualizándolo para otras propuestas formativas. Su empleo se considera relevante para el diseño y análisis de experiencias educativas, por la integración y organización de diferentes referentes internacionales, así como la presencia de una perspectiva globalizada que integra contenidos, prácticas científicas y ambientales. Además, el marco permite analizar el desarrollo del pensamiento sistémico, favoreciendo la comprensión de los sistemas vivos y su relación con problemáticas socioambientales.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PID2023-147800OB-I00 financiado por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bascopé, M., Perasso, P., y Reiss, K. (2019). Systematic Review of Education for Sustainable Development at an Early Stage: Cornerstones and Pedagogical Approaches for Teacher Professional Development. Sustainability, 11(3), 719. https://doi.org/10.3390/su11030719

Bianchi, G., Pisiotis, U. y Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp, El marco europeo de competencias sobre sostenibilidad*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. https://data.europa.eu/doi/10.2760/094757

Bell, D. y Harlen, W. (2016). Principios y grandes ideas para la educación en ciencias: Competencias de ciencias en la escuela. *Alfaomega Grupo Editor*.

España, E., y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: El contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, *6*(3), 345–354. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.03

Galera, R. E., Oliva, J. M., y Jiménez, N. (2023). Estudio de progresión de saberes personales y consensuados en torno a la noción de ser vivo en estudiantes para maestros. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias, 20*(2), 2103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2103

Gómez, A. A., Sanmartí, N. y Pujol, R. M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias, 25*(3), 325-340. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3699

González-Iglesias, Óscar, Fuentes-Silveira, M.-J., & Rivadulla-López, J.-C. (2022). Indagando con animales vivos en Educación Primaria. Ápice. Revista de Educación Científica, 6(1). https://doi.org/10.17979/arec.2022.6.1.9021

Guerrero, A., Rodríguez, F., Solís, E., & García, J. E. (2022). Validación de un cuestionario sobre alfabetización ambiental mediante Juicio de Expertos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, *19*(3). https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3101

Hamed, S., García, E. Rodríguez, L. & Solís, E. (2023). Alfabetización ambiental y alimentación en los currículos de Educación Infantil y Primaria derivados de la LOMLOE. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 21*(2), 2501. 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2501

Izquierdo, M., Espinet, M., Bonil, J., y Pujol, R. M. (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Investigación en la escuela*, 53, 21-29.

Karelovic, F., y Kong, F. (2022). Articulación entre Educación Ambiental y Educación Científica: Una mirada desde las competencias en sostenibilidad desarrolladas en la Formación Inicial Docente. *Pensamiento Educativo: Revista de Investigación Educacional Latinoamericana*, *59*(1), 1–18. https://doi.org/10.7764/pel.59.1.2022.8

Kumar, P., Sahani, J., Rawat, N., Debele, S., Tiwari, A., Mendes Emygdio, A. P., Abhijith, K. V., Kukadia, V., Holmes, K., y Pfautsch, S. (2023). Using empirical science education in schools to improve climate change literacy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *178*, 113232. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113232

Larimore, R. (2020). Preschool science education: A vision for the future. *Early Childhood Education Journal*, *48*(6), 703–714. https://doi.org/10.1007/s10643-020-01033-9

Monserrat, M. R., Cantó, J., y Solbes, J. (2025). El uso de las cuestiones sociocientíficas para mejorar la imagen de la ciencia y el interés del alumnado de ESO. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, *22*(1), 1101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i1.1101

Muro, Á., y Pérez, J. M. (2021). La concienciación ambiental en el Aula de Infantil Mediante El Cine y Los Cuentos. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, *3*(1), 1–23. https://doi.org/10.25267/rev_educ_ambient_sostenibilidad.2021.v3.i1.1302

National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education:Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. *The National Academies Press*. https://doi.org/10.17226/18290.

Ocampo, A. B., Trombert, A. R., y Reyes, M. S. (2022). Diseño e implementación de una unidad didáctica con perspectiva en cuestiones sociocientíficas. *Revista Binacional Brasil-Argentina: Diálogo Entre As Ciências*, *11*(02), 63–81. https://doi.org/10.22481/rbba.v11i02.11626

OECD. (2023). PISA 2025 Science Framework (Draft). OECD

Pérez, J. M., y Bravo, B. (2018). Experiencias para una alfabetización científica que promueva la justicia ambiental en distintos Niveles Educativos. *Revista Internacional de Educación Para La Justicia Social (RIEJS)*, *7*(1), 119–140. https://doi.org/10.15366/riejs2018.7.1.006

Pramling, I., y Kaga, Y. (2008). The contribution of early childhood education to a sustainable society. Paris: UNESCO.

Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Editorial Síntesis.

Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, 52, 24386 -24504 https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., ... y Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science advances*, 37.

Solé, C., Couso, D., y Hernández, M. I. (2024). ¿Qué ciencia ciudadana se está haciendo en contexto escolar? Una herramienta para su evaluación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *21*(2), 2103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2103

UNEP. (2022). *Rapid Transformation of Societies*. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/40874

Tendencias, retos y potenciales de la Investigación basada en el diseño: Una revisión sistemática

Èlia Tena [1], Digna Couso[1]

[1] Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona, España

*Correspondencia: elia.tena@uab.cat

RESUMEN: La Investigación Basada en el Diseño (IBD) se ha consolidado como una aproximación relevante en la Didáctica de las Ciencias por su potencial para articular teoría y práctica. Este trabajo presenta una revisión sistemática de la literatura en lengua inglesa y española con el objetivo de identificar tendencias, contribuciones y formas de colaboración en IBD. Se siguió el procedimiento PRISMA, analizando 230 estudios empíricos. Los resultados muestran que la literatura internacional presenta mayor diversidad de productos, especialmente vinculados a tecnologías digitales, mientras que la literatura en español se centra en secuencias de enseñanza. En ambos casos, las contribuciones se orientan a la mejora del aprendizaje, con menor presencia de principios de diseño explícitos. Asimismo, la colaboración es heterogénea y se centra en la interacción entre investigadores y docentes. Se evidencia la necesidad de avanzar en la clarificación metodológica y el desarrollo teórico de la IBD.

PALABRAS CLAVE: Investigaciones basadas en el diseño; IBD; revisión sistemática;

ABSTRACT: Design-Based Research (DBR) has become a relevant methodological approach in Science Education due to its potential to bridge theory and practice. This study presents a systematic review of the literature in English and Spanish with the aim of identifying trends, contributions, and forms of collaboration in DBR. The PRISMA procedure was followed, analyzing a total of 230 empirical studies. The results show that international literature presents a greater diversity of products, particularly those related to digital technologies, whereas Spanish-language literature mainly focuses on the design of teaching sequences. In both cases, contributions are primarily oriented toward improving student learning, with a limited presence of explicit design principles. Furthermore, collaboration is heterogeneous and mainly centered on interactions between researchers and teachers. These findings highlight the need to advance in the methodological clarification and theoretical development of DBR.

KEYWORDS: Design-based research; DBR; Systematic review

INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los materiales educativos de calidad y basados en la investigación son una prioridad en las políticas educativas europeas actualmente (OCDE, 2025). A pesar de que en la esfera política este interés parece ser reciente, en didáctica de las ciencias a nivel europeo ha sido un foco clave desde sus inicios superar el "qué funciona" para profundizar en "por qué funciona" y "qué es transferible a otras situaciones" (Tiberghien, 2025).

Desde los años 80, existe un interés creciente por las investigaciones de diseño (IBD o DBR por sus siglas en inglés) que se han generalizado en el siglo XXI (Guisasola et al., 2021). Este foco de atención en la investigación en lengua española se ve reflejado, por ejemplo, en las numerosas investigaciones IBD en los congresos de DCE (p.ej., Enseñanza de las ciencias 2025; Encuentros en DCE 2024) (Zuza et al., in press), o en la diversidad de contribuciones en la sección específica de la Revista Eureka (Oliva & Guisasola, 2020; Guisasola 2024).

La literatura en IBD ha identificado esta como una aproximación metodológica con gran potencial para el desarrollo sistemático de diseños de aprendizaje contextualizados en contextos reales (Guisasola, 2024). En este sentido, las IBD se caracterizan por su doble objetivo, que busca tanto contribuir a la construcción de materiales de calidad didáctica (p.ej. situaciones de enseñanza y aprendizaje,

formaciones para el desarrollo profesional…), a la vez que contribuir a la construcción de principios, elementos o herramientas de diseño (Jiménez-Liso et al. 2023; Tena & Couso, 2023).

Más concretamente, se han identificado cinco características clave de estas investigaciones (Anderson & Shattuch, 2012; Wang & Hannafi; DBR Collective, 2008; Cobb et al, 1992): (1) que están situadas en contextos y condiciones reales; (2) que están basadas en y orientadas a la evolución de teorías humildes; (3) que son de carácter iterativo; (4) que integran diferentes métodos de investigación y análisis para maximizar su credibilidad; y (5) que son colaborativas y promueven la participación en la investigación de los colectivos implicados.

A pesar de la presencia y relevancia de las investigaciones IBD en la didáctica de las ciencias, hay pocas investigaciones que pongan el foco en la metodología por sí misma y reflexionen en torno a su conceptualización y uso en el área de didáctica de las ciencias. Este hecho, ha subrayado la necesidad de discutir y generar consensos en el área sobre aspectos como sus cuatro fases: diseñar, implementar, evaluar y reflexionar/rediseñar, o la necesidad de hacer explícitos los principios de diseño (Ametller et al., 2024). A pesar de la identificación de estos consensos, aún existe mucha polisemia sobre la que es necesario seguir avanzando (Zuza et al., in press). Algunas de estas preguntas abiertas son: ¿en qué contextos reales se llevan a cabo las investigaciones IBD?, ¿qué y cómo debemos entender la iteración en IBD?, ¿cómo se entiende la colaboración en las IBD? o ¿qué contribuciones en forma de resultados se explicitan en las IBD?. Con el objetivo de contribuir a estas discusiones sobre IBD, en esta comunicación se propone una revisión sistemática de la literatura con el propósito de identificar, sistematizar y sintetizar la evidencia empírica existente sobre el uso de la IBD en la DCE.

OBJETIVO Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el objetivo y preguntas de esta investigación son los siguientes: analizar de forma sistemática la producción científica en lengua inglesa y española sobre Investigación Basada en el Diseño (IBD) en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, con el fin de identificar los principales retos y potencialidades de esta aproximación investigadora.

- ¿Cuáles son las principales características de las IBD en educación científica en los artículos publicados en inglés y en español?
- ¿Qué tipo de aportaciones generan las investigaciones IBD y cuál es el foco de sus resultados en los artículos publicados en inglés y en español?
- ¿Cómo se conceptualiza y se articula la colaboración en las investigaciones IBD y qué roles adoptan los distintos agentes implicados en los artículos publicados en inglés y en español?

METODOLOGÍA

Con el propósito de identificar, sistematizar y sintetizar las evidencias existentes sobre el uso de IBD, en un primer momento, se ha seguido el procedimiento PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al. 2021). El proceso completo incluyó las siguientes fases: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión final de estudios. A continuación, se describen cada uno de estos elementos.

El objetivo de la revisión fue identificar conocimiento empírico relativo a la aplicación de la metodología DBR en educación científica. En consecuencia, las investigaciones fueron incluidos cuando cumplían los siguientes criterios: (a) presentaban y analizaban datos empíricos derivados de la aplicación de la metodología DBR (Design Based research); (b) el ámbito donde se desarrollaba la investigación es de la educación científica (considerando las STEM cuando estas hacían referencia al ámbito científico); (c) estaban publicados en revistas científicas revisadas por pares; (d) estaban redactados en inglés, español o portugués.

La búsqueda bibliográfica se realizó en enero de 2025 en cuatro bases de datos de referencia en el

ámbito de la educación y las ciencias sociales: Web of Science (WoS Core Collection), Scopus, ERIC y ProQuest. La selección de estas bases respondió a su complementariedad y cobertura amplia en investigación educativa. Se realizaron búsquedas iterativas utilizando distintas combinaciones de palabras clave relacionadas con "Design-Based Research", "DBR", "design based research", "Science Education" y "STEM Education". Tras diferentes pruebas exploratorias, se establecieron las ecuaciones de búsqueda definitivas que permitieron delimitar el corpus inicial de estudios. A modo de ejemplo, la query de búsqueda final en Scopus fue: "(TITLE-ABS-KEY("design-based research" OR "DBR" OR "design-based research") AND TITLE-ABS-KEY("Science Education" OR "STEM Education"))"

La revisión se centró específicamente en investigaciones desarrolladas en educación en ciencias (física, química, biología, geología y educación STEM). Se excluyeron estudios centrados exclusivamente en educación matemática, educación tecnológica, ingeniería o investigaciones situadas principalmente en el ámbito de las ciencias sociales. No obstante, sí que se consideraron aquellas investigaciones donde, habiendo más de un ámbito de conocimiento, el ámbito científico tenía un papel relevante. Por ejemplo, cuando en una investigación STEM los datos recogidos, resultados presentados... hacían referencia al uso de tecnología para aprender física (p.ej. Vieyra et al. 2024). Asimismo, se excluyó literatura no sometida a revisión por pares, incluyendo actas de congresos, capítulos de libro, libros, tesis doctorales, informes técnicos, documentos de política educativa y working papers. Esta decisión respondió al objetivo de homogeneidad metodológica en el corpus analizado. Además, también se aplicó una restricción lingüística, de la que somos conscientes que supone una limitación del estudio, ya que no se incluyen investigaciones publicadas en otras lenguas distintas del inglés, español y portugués. Por último, también se excluyeron todos los artículos a los que, por distintos motivos, no se tenía acceso a la investigación completa.

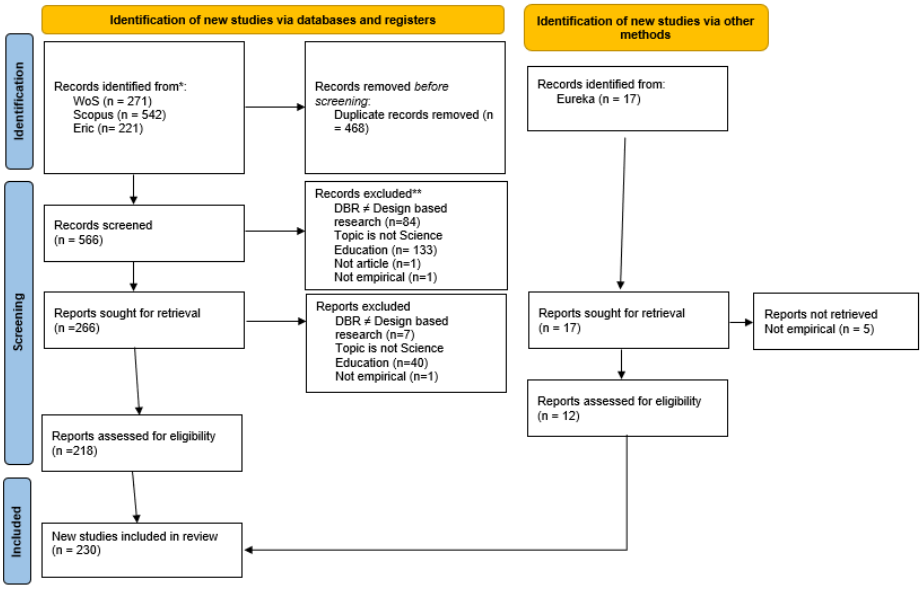


Figura 1. Diagrama PRISMA de la revisión sistemática

La búsqueda inicial arrojó un total de 1029 registros, que fueron sistematizados en una matriz de análisis en Excel que incluía: autores, título, año de publicación, revista, volumen, número, páginas, DOI, enlace al resumen, tipo de documento, política de acceso abierto y base de datos de procedencia.

En una primera fase se eliminaron 468 registros duplicados. Posteriormente, se realizó un cribado por título para valorar la pertinencia temática de los estudios respecto a los objetivos de la investigación. Los trabajos potencialmente relevantes fueron sometidos a un análisis de resumen aplicando los mismos criterios de inclusión y exclusión previamente definidos (Figura 1). Además, en este proceso se revisaron e incluyeron los artículos empíricos de la sección Investigaciones de Diseño de la revista Eureka desde el 2021, que es el año de inicio de esta sección. Finalmente, 218 estudios elegibles en inglés y 12 en

español constituyen el corpus definitivo que se analizó con el programa Atlas.ti. Los estudios elegibles se analizaron profundizando en los siguientes aspectos vinculados a las características de las IBD: (a) en qué contextos y condiciones se hacen; (b) cuál es el foco de los principios de diseño y resultados; (c) qué fases tiene la investigación y cómo se entienden las iteraciones; (d) qué métodos de investigación se usan; (e) cómo se entiende y se promueve la colaboración.

RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

En esta comunicación se presentan los resultados preliminares del análisis, con un foco en las publicaciones del año 2024 en el ámbito internacional y las publicaciones en el ámbito nacional. De la misma manera, por falta de espacio, se presentan únicamente tres de las seis dimensiones analizadas. En ambos casos, se ampliarán los análisis y su profundidad para la comunicación final en el congreso.

R1. Características de las publicaciones IBD

Un primer análisis de los artículos no has permitido identificar que en los artículos inglesa las IBD se relacionan con el desarrollo de cuatro tipos de productos que, de mayor a menor presencia, son los siguientes: (a) la incorporación de tecnologías digitales en el aula (p.ej. realidad aumentada, impresoras y modelos 3D…) -50% de los trabajos – (p.ej. Aji et al. 2024; Chadir et al. 2024); (b) el desarrollo de secuencias de enseñanza y aprendizaje -33% de los trabajos- (Yazici & Sözbilir, 2024; Thorne et al., 2024); (c) el diseño e implementación programas desarrollo profesional de los docentes -13% de los trabajos – (Dabholkar et al., 2024) y (d) el desarrollo curricular -3% de los trabajos – (Vieyra et al., 2024). Este hecho contrasta con la tendencia observada en la literatura en español, donde casi la totalidad de los trabajos publicados (85%) se centran en el desarrollo de secuencias de enseñanza y aprendizaje (p.ej. Greca et al. 2021; Nicolás Castellano et al. 2025).

Por el contrario, ni en la literatura en lengua inglesa ni en la española, se han encontrado diferencias en la aparición de disciplinas (biología, geología, física, química, ambientales y STEM), ni en los cursos donde se han realizado las IBD (universitario, secundaria, primaria e infantil). De manera similar a lo que pasa en el resto de las líneas de investigación en DCE, la geología e infantil son los ámbitos menos presentes en las IDBs. Un ámbito donde se identifica una diferencia clara entre los trabajos en español y los en inglés son las palabras clave y las siglas. Mientras que en inglés parece claro que Design-based research y DBR son usadas en una amplia mayoría de las contribuciones, existen muchas maneras y siglas para identificar estas investigaciones en español. Son algunos ejemplos: Investigación de diseño, Investigaciones basadas en el diseño, Investigaciones sobre el diseño, IBD, ID…

R2. El foco de las contribuciones IBD

Un segundo foco ha sido el análisis de las aportaciones de los artículos IBD. En este sentido, el análisis nos muestra que no existen principios generales para las investigaciones y que, por tanto, los ámbitos a los que se contribuye son diversos. Sin embargo, sí que existen tres aspectos que habitualmente son el foco de los resultados en las investigaciones IBD: (1) el diseño y los principios, elementos y/o herramientas de diseño: (2) los cambios sucesivos que se han hecho al diseño y su justificación; y (3) la confiabilidad y, concretamente, la eficacia 2 (de los resultados) y 3 (de las teorías) (Figura 1). De manera mayoritaria, tanto en artículos en español (40%) como en inglés (50% de los artículos), los resultados ponen el foco en mostrar la mejora de los conocimientos, habilidades o actitudes de los estudiantes en participar en una SEA, programa… (p.ej. García-Romano et al. 2024; Li, S. et al. (2024).

Otro foco importante (40% de artículos nacionales) son los cambios que se han realizado y su justificación en base a las evidencias recogidas en la implementación (p.ej. Armario et al. 2021: Cobo-Huesa et al. 2021). Este hecho contrasta con las investigaciones internacionales donde este foco solo supone el 18%. Por último, y a pesar de la importancia del diseño per se, son pocas las investigaciones con este foco (32% internacional, 20% nacional).

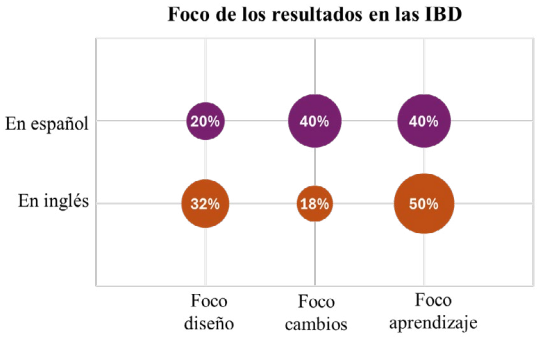


Figura 2. Foco principal de los resultados en las publicaciones IBD en español (morado) y en inglés (naranja), en porcentaje.

R3. La colaboración en IBD

Otro aspecto clave en las IBD es la colaboración con docentes, alumnado o participantes clave. El primer resultado observado es que, en la mayoría de los casos (76% en la literatura en inglés y 80% en castellano), la colaboración se entiende entre investigadores y docentes. Sólo en uno de los artículos también se consideran de manera explícita los alumnos como colaboradores activos, más allá de considerarse informantes o recoger datos sobre ellos. También destaca el hecho de que un número importante de artículos no hace referencia a ningún tipo de colaboración a lo largo del artículo (24% inglés, 20% español).

En relación con las colaboraciones, se han identificado cuatro diferentes: (1) investigadores y docentes son las mismas personas (24% en los artículos en inglés y 40% en español); (2) los colaboradores son validadores o asesores de los investigadores; (3) los colaboradores y los docentes cocrean; y (4) los colaboradores y los docentes constituyen una comunidad de práctica. Tal como se muestra en la Figura 2, los dos tipos de colaboración más habituales en los artículos son la colaboración de validación (24% inglés, 40% español) y la de cocreación (29% inglés, 20% español). Por el contrario, la colaboración dentro de una comunidad de práctica únicamente aparece en el artículo de Bermúdez et al. (2024).

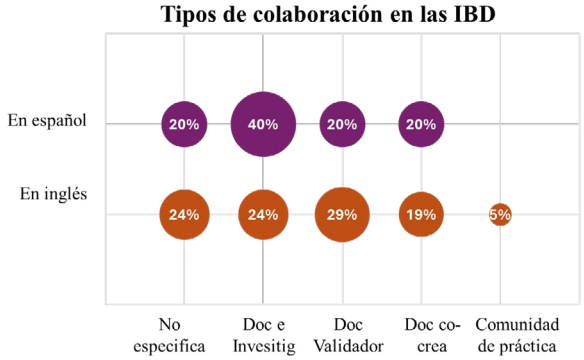


Figura 3. Tipos de colaboración descrita en los artículos IBD en inglés (naranja) y español (morado) en porcentajes.

CONCLUSIONES

Las investigaciones de diseño (IBD) están ganando presencia tanto a nivel nacional como internacional por su potencial para generar conocimiento situado que articula teoría y práctica (Guisasola, 2024). Sin embargo, la revisión sistemática de la literatura que se presenta nos muestra algunas diferencias entre

los artículos publicados en inglés y en español. Un ejemplo de ello es la diversidad de productos que se desarrollan en las IBD en lengua inglesa y que incluyen la incorporación de tecnologías digitales de manera destacada.

También se han identificado puntos de conexión entre la literatura publicada en ambos idiomas. Por ejemplo, que en ambos casos los resultados se enfocan en términos de mejora del aprendizaje del alumnado o que la colaboración presenta una implementación heterogénea, predominando la interacción entre investigadores y docentes, con escasa participación del alumnado.

Estos resultados ponen sobre la mesa la necesidad de seguir debatiendo no solo sobre las implementaciones de las IBD, sino también sobre cómo las entendemos y cuáles son sus características y concreciones. En definitiva, avanzar hacia la clarificación metodológica y el desarrollo teórico de la IBD.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado dentro del proyecto PID2022-138166NB-C22 (MICIN; Gobierno de España) y con el apoyo del grupo del SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ametller, J., et al. (2024). La investigación de diseño a debate. 31 *Encuentros Internacionales de Didáctia de las Ciencias Experimentales.* Burgos, España

Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher, 41*(1), 16–25.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher, 32*(1), 9–13.

DBR Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher, 32*(1), 5–8

Guisasola, J. (2024). La investigación basada en el diseño: algunos desafíos y perspectivas. *Revista Eureka*, *21*(2).

Guisasola, J., Ametller, J., & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka*, *18*(1), 1-18.

Jiménez-Liso, M. R., Matínez Chico, M.; Lopez-Gay Lucio-Villegas, R. et al. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. *Revista Eureka, 20(3).*

Oliva, J. M., & Guisasola, J. (2020). Investigaciones basadas en el diseño en la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71.

Tena, È. & Couso, D. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño. *Revista Eureka*, *20*(2), 2801.

Tiberghien, A. (2025). *Constructing the history of Science Education research: What is important? [Symposio].* ESERA Conference 2025. Copenhaguen, Denmark.

Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development, 53*(4), 5–23.

Zuza, K.; López Valentín, D.M; Tena, È.; Calero, M. (in press). *Diseño, implementación y evaluación de propuestas didácticas de aprendizaje de las ciencias: consensos y retos*. Graó.

Ideas del alumnado y diseño de una SEA sobre alotropía basada en problemas históricos

Magdalena Valverde-Pérez[1], Isabel Baños-González[1], Ana Ruiz-Navarro[1], Encarnación María Navarro[1]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España

*Correspondencia: mvp@um.es

RESUMEN: La alotropía es un contenido complejo en educación secundaria, habitualmente tratado de forma superficial, lo que dificulta comprender la relación entre propiedades y estructura microscópica, y centrado normalmente en el carbono. Este estudio analiza las ideas y el perfil conceptual de 51 estudiantes de 4º. de ESO sobre alotropía, y presenta el primer prototipo de secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) orientado a superar esas ideas, en el marco de la investigación basada en diseño (IBD). Los resultados evidencian ideas incompletas, con predominio de explicaciones macroscópicas o parcialmente microscópicas, escasa integración entre niveles macro y micro, ausencia de un perfil que articule las ideas clave de la alotropía y limitado reconocimiento de ejemplos distintos al carbono. A partir de estos hallazgos, se diseña una SEA contextualizada en el fenómeno histórico conocido como la "peste del estaño" orientada a abordar las dificultades y concepciones iniciales del alumnado sobre alotropía. La propuesta integra actividades de indagación, análisis de información y reflexión conceptual para favorecer la comprensión de la relación entre estructura y propiedades. Su pilotaje permitirá evaluar su potencial y orientar futuras mejoras del diseño.

PALABRAS CLAVE: alotropía; educación secundaria; perfil conceptual, aprendizaje basado en problemas; Investigación basada en diseño (IBD); ideas alternativas

ABSTRACT: Allotropy is a complex topic in secondary education, often addressed superficially and mainly focused on carbon, which hinders students' understanding of the relationship between properties and microscopic structure. This study analyses the ideas and conceptual profiles of 51 tenth-grade students regarding allotropy and presents a first prototype of a teaching-learning sequence (TLS) based on these ideas, within the framework of design-based research (DBR). The results reveal incomplete conceptions, with a predominance of macroscopic or partially microscopic explanations, limited integration between macro and micro levels, the absence of a profile that articulates the key ideas of allotropy, and low recognition of examples beyond carbon. Based on these findings, a TLS contextualized within the historical phenomenon known as the "tin pest" is designed to address students' initial conceptions and difficulties regarding allotropy. The proposal integrates inquiry activities, information analysis, and conceptual reflection to promote understanding of the relationship between structure and properties. Its pilot implementation will allow evaluation of its potential and guide future design improvements.

KEYWORDS: allotropy; secondary school; conceptual profile, problem-based learning (ABP); Design Based Research paradigm (DBR); misconception

INTRODUCCIÓN

En educación secundaria, la alotropía suele abordarse principalmente a partir de las formas del carbono presentes en la naturaleza, diamante y grafito, así como algunos de sus nanomateriales (por ejemplo, grafeno), prestando menor atención a otros elementos con formas alotrópicas relevantes para la vida cotidiana, como el estaño. Además, estos contenidos suelen tratarse de forma superficial y memorística, pese a requerir comprender la relación entre las propiedades de las sustancias y su estructura microscópica, un aspecto especialmente complejo para el alumnado de 3º y 4º de ESO (Caamaño, 2016). Los escasos estudios sobre las ideas del alumnado acerca de la alotropía han identificado confusiones conceptuales (Schmidt et al., 2003) y una comprensión limitada, incluso en docentes en formación

(Turk et al., 2017). Además, estas investigaciones han tenido un carácter diagnóstico y no han evaluado estrategias didácticas para mejorar su enseñanza.

Para abordar la alotropía desde contextos cercanos e interdisciplinares, el estaño constituye un ejemplo pertinente. A lo largo de la historia ha tenido múltiples aplicaciones, desde la elaboración de objetos artesanales o vajillas hasta su uso actual en productos electrónicos. Su bajo punto de fusión (232 ºC) y elevada maleabilidad han favorecido su utilización en joyería, monedas, botones, soldadura blanda y diversas aleaciones, mostrando cómo la utilidad de materiales cotidianos depende de sus propiedades y de su estructura.

MARCO TEÓRICO

El estaño es un material alotrópico que presenta dos formas principales: el estaño blanco (β), metálico, con estructura tetragonal y densidad de 7,31 g/cm3, y el estaño gris (α), semiconductor, con estructura cúbica y densidad de 5,77 g/cm3. A temperaturas inferiores a 13,2 ºC, el estaño β puede transformarse en α, produciendo un aumento de volumen de aproximadamente un 27% y la desintegración del material en polvo, fenómeno conocido como "peste del estaño" (Cornelius et al., 2017).

La diferencia de escala entre el nivel macro y el nivel micro, necesaria para comprender las propiedades macroscópicas de las sustancias a partir de su estructura microscópica, es uno de los contenidos más complejos de la química escolar (Caamaño, 2016). Mientras que el alumnado observa cambios en las propiedades de los materiales, las explicaciones científicas se formulan en términos de entidades teóricas (partículas, enlaces o estructuras cristalinas) que no son directamente observables (Taber, 2016). Así, pequeñas bolitas metálicas compactas y brillantes de estaño blanco (β) pueden transformarse en un polvo gris semiconductor (estaño α), un fenómeno que requiere interpretar cambios estructurales a nivel de enlaces y configuración espacial (Cornelius et al., 2017). Los pocos estudios encontrados sobre las ideas del alumnado acerca de la alotropía destacan la confusión entre alótropos e isótopos (Schmidt et al., 2003), así como la interpretación de que cada símbolo de la tabla periódica representa una única sustancia, lo que dificulta entender que un mismo elemento pueda presentarse en diferentes formas estructurales. Además, suelen explicar las propiedades sólo a partir de la estructura electrónica del átomo, sin considerar la organización de los átomos en redes cristalinas. Estas dificultades reflejan la complejidad de integrar conceptos como elemento, átomo, isótopo y alótropo en la interpretación de la tabla periódica (Schmidt et al., 2003).

A pesar de estas dificultades, no hay estudios que evalúen estrategias didácticas para superarlas. En este sentido, diversos trabajos destacan la necesidad de diseñar secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEAs) que impliquen activamente al alumnado. En este sentido, el aprendizaje basado en problemas (ABP) se considera una estrategia didáctica adecuada, ya que promueve el aprendizaje a través de la resolución de problemas contextualizados en el mundo real (Capraro y Slough, 2013), favorece la construcción de conocimiento conceptual, el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y de aprendizaje autodirigido, el trabajo colaborativo y el incremento de la motivación para aprender (Hmelo-Silver, 2004; Merrit et al., 2017; Pozuelo-Muñoz et al., 2023). En este enfoque, el aprendizaje se inicia con un problema abierto, el cual orienta el plan de trabajo, y en el que el profesorado actúa como guía metacognitivo y el trabajo se desarrolla en grupos colaborativos (Chin & Chia, 2004). En este contexto, el uso de textos de divulgación científica asociados a episodios históricos que destaquen los vínculos sociales con la ciencia y sensibilice al alumnado sobre algunos retos sociales históricos, puede resultar especialmente relevante (Jarman y McClune, 2011; Gadea et al., 2009) y actuar como punto de partida para la investigación y construcción de explicaciones científicas (Hung et al., 2008). Desde esta perspectiva, el ABP puede constituir un marco adecuado para abordar en educación secundaria la enseñanza de la alotropía y, en concreto, la del estaño.

Considerando la necesidad de profundizar en las ideas del alumnado de 4º de ESO sobre la alotropía, así como de diseñar SEAs que contribuyan a superar sus dificultades, este estudio se propone analizar las ideas y el perfil conceptual del alumnado en relación con la alotropía, y presentar el primer prototipo de SEA fundamentado en dichas ideas, en el marco de la investigación basada en diseño (IBD).

METODOLOGÍA

Este estudio se enmarca en el análisis del perfil conceptual y el diseño de una SEA piloto orientada a la construcción de un modelo científico escolar de alotropía, basado en cuatro ideas clave asociadas a la alotropía: 1) conservación de la sustancia en las especies o formas alotrópicas; 2) cambio en las propiedades físicas de la sustancia; 3) cambio en la estructura interna de la materia; 4) ruptura y posterior formación de enlaces (Raviolo et al., 2011).

Para evaluar las ideas del alumnado sobre la alotropía, se utilizó una muestra de conveniencia de 51 estudiantes de 4º de ESO de dos centros educativos de secundaria de la Región de Murcia. El alumnado respondió en el aula a una encuesta Google Form con dos preguntas abiertas sobre la transformación de grafito en diamante y otros posibles casos de alotropía. Las respuestas se han agrupado en cuatro categorías relacionadas con el concepto de alotropía, adaptadas de Solsona et al. (2003): tipo de cambio, nivel de explicación del cambio, coherencia de la explicación y concepto de alotropía, que nos han permitido concretar su perfil conceptual. Para mejorar la fiabilidad y validez del análisis, dos de las autoras realizaron el análisis de manera individual de cada respuesta y, posteriormente, de forma conjunta se resolvieron las discrepancias encontradas.

Posteriormente, para el diseño de la SEA basada en ABP fundamentada y orientada a superar algunas de las ideas y perfil conceptual del alumnado acerca de la alotropía, se recurre a los principios de la IBD (Jiménez-Liso et al., 2023). La organización del diseño metodológico atiende al consenso generalizado del proceso IBD en tres fases: i) fundamentación inicial; ii) desarrollo; y, iii) pilotaje de la SEA y análisis retrospectivo o evaluación (Tena y Couso, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de las respuestas del alumnado de 4º de ESO en relación con qué debería modificarse en el grafito para obtener diamantes (Figura 1, A), la mayoría del alumnado no da explicaciones (28%) y las que da principalmente atienden a condiciones de presión y temperatura (35%), seguido de cambios estructurales (35%), a nivel de disposición espacial o configuración (14%) o sin especificar (14%). Las explicaciones a nivel microscópico incluyen explicaciones ambiguas (e.g. "cambios en los átomos de carbono"), e incorrectas (e.g. "cambios a nivel de partículas subatómicas"). Por último, un 12 % del alumnado atiende a cambios en la composición o sustancias presentes y solo un 2% indica que no debe cambiar nada. A diferencia de las conclusiones de Schmidt et al. (2003), no se encuentra asociación en sus respuestas entre alotropía e isotopía.

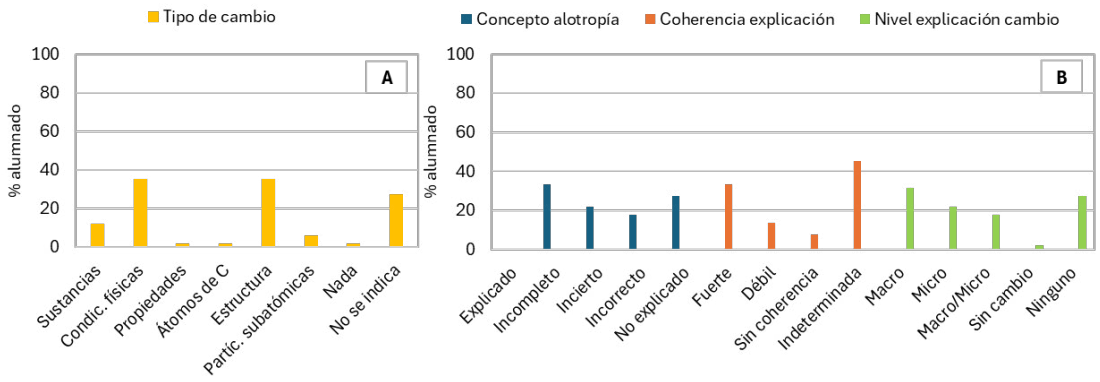


Figura 1. Frecuencia de respuestas atendiendo a: A) tipo de cambio y B) concepto de alotropía, coherencia en la explicación y nivel **de** explicación del cambio.

En las explicaciones del alumnado acerca de la alotropía del carbono (Figura 1, B), encontramos explicaciones incompletas (33%), inciertas (22%) o incorrectas (18%) y un 28% que no da explicaciones. Respecto a la coherencia en sus explicaciones, principalmente es indeterminada (45%), por ser respuestas

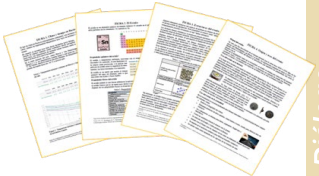
demasiado breves o no incluir una explicación que permita analizar la consistencia del razonamiento, seguido de una coherencia fuerte (33%), coherencia débil (14%) e incoherencia (8%). En cuanto al nivel de explicación del cambio (Figura 1, B), se centran en el nivel macroscópico (31%), seguido del nivel microscópico (22%). Sólo el 18% de las respuestas combinó ambos niveles en sus explicaciones, poniendo de relieve las dificultades ya descritas en la integración de ambos niveles de conocimiento (Taber, 2016); un solo alumno no reconoció cambio alguno entre el grafito y el diamante.

El análisis de las respuestas permitió identificar diferentes perfiles conceptuales en el alumnado acerca de la alotropía, encontrando: 1) perfil de ausencia de concepto de alotropía, por no contestar (28%); 2) perfil incorrecto (18%), principalmente con un nivel de explicación macroscópico identificando cambios en las sustancias y un nivel de coherencia indeterminado por afirmaciones ambiguas; 3) perfil incierto (22%), con un nivel de explicación macroscópico basado en las condiciones de presión y temperatura y una coherencia fuerte; 4) perfil incompleto (33%) dividido en micro con cambios estructurales incompletos mayoritariamente de la configuración espacial y coherencia fuerte, y en macro/micro con cambios estructurales y en las condiciones de presión y temperatura y coherencia mayor. No se alcanza un perfil explicado que integre niveles macro/micro, identifique cambios estructurales y en las propiedades en las formas alotrópicas, y conservación de la sustancia.

Respecto al conocimiento de la alotropía en otros elementos diferentes al carbono, tan solo el 15 % del alumnado fue capaz de aportar ejemplos correctos, el 73 % no fue capaz de enumerar otros elementos con alotropía y un 12 % lo hizo de forma incorrecta. Estos resultados señalan la necesidad de trabajar la alotropía en elementos distintos al carbono.

Aunque la SEA se encuentra en la fase de pilotaje, se presenta el prototipo inicial titulado *¿Por qué fueron los botones culpables de la derrota del ejército de Napoleón?* estructurado en seis fases (tabla 1) y enmarcado en un modelo instruccional de aprendizaje basado en problemas.

Tabla 1. Estructura de la SEA.

Etapa	Actividades	
Apropiación del problema	A1. ¿Has pensado alguna vez que elementos inocuos como el oxígeno, el carbono o el fósforo pudieran tener un papel esencial en el campo de batalla?	
Determinación del problema	A2. Cada grupo lee tres acontecimientos históricos sobre el deterioro de objetos hechos de estaño (botones de los soldados franceses en la conquista de Rusia, órgano de la Catedral de San Petersburgo y los depósitos de comida y combustible en la conquista de la Antártida), para responder a ¿Cuál es el problema que hemos de resolver?	
Análisis del problema y cuestiones de aprendizaje	A3. Utilizando la "hoja de planificación", organizan sus ideas en torno a tres preguntas centrales: ¿Qué conoces sobre el problema? ¿Qué no sabes y necesitarías conocer? ¿Qué has pensado hacer para dar respuesta al problema?	
Descubrimiento e informe	A4. En la hoja "Informe de la Investigación" reúnen datos para responder a sus preguntas. Se les facilitan fichas sobre datos del clima ruso, propiedades del estaño, estructuras del estaño y usos históricos y actuales del estaño. Realizan un listado de la información recogida para la resolución del problema.	
Presentación de soluciones y reflexión	A5. Completan el "Informe de la Investigación" respondiendo a ¿Qué es lo que has averiguado durante tu investigación?	

Presentación de conclusiones, evaluación del/ la docente y autorreflexión	A6. Elaboran un informe final con sus conclusiones y reflexionan sobre sus aprendizajes, comparando sus ideas iniciales con los conocimientos adquiridos, respondiendo a: ¿Qué conclusiones has llegado respecto a la desaparición de los botones de los soldados franceses? ¿Qué diferencias hay entre lo que ahora sabes y lo que pensabas al principio?

Las dificultades detectadas en las respuestas del alumnado orientaron el diseño de actividades centradas en la comparación estructural y propiedades de las distintas formas alotrópicas. La SEA se articula en torno al problema histórico de la degradación de los botones de estaño de los soldados franceses durante la campaña de Rusia, utilizando este caso como contexto para introducir el fenómeno de la alotropía. A partir de este problema, el alumnado analiza acontecimientos históricos, consulta fuentes de información y elabora informes parciales y finales basados en evidencias. Las actividades principales incluyen el análisis de documentos, la organización de ideas mediante hojas de planificación y la reflexión sobre las propias concepciones iniciales y finales del alumnado. El objetivo conceptual de la secuencia es comprender que un mismo elemento químico puede presentarse en distintas formas alotrópicas con propiedades diferentes, estableciendo relaciones entre estructura y propiedades.

CONCLUSIONES

La mayoría del alumnado de 4º. de ESO participante en este estudio presenta un concepto incompleto de la alotropía, situado principalmente en el nivel microscópico, mientras que el resto se caracteriza por enfoques macroscópicos, inciertos o incorrectos; además, ningún participante alcanza un perfil que integre las ideas clave de la alotropía. Asimismo, la mayoría del alumnado no identifica ejemplos de alotropía en elementos distintos al carbono y ninguno de ellos elabora una explicación completa de este fenómeno en dicho elemento. La identificación de estas ideas y perfiles conceptuales acerca de la alotropía en alumnado de 4º. de ESO evidencian la necesidad de desarrollar SEAs contextualizadas para la enseñanza de la alotropía, así como la necesidad de incluir otros elementos que presentan alotropía diferente al carbono. Estos resultados justifican la necesidad de SEAs para trabajar la alotropía.

La colaboración entre profesorado de secundaria e investigadores-docentes ha permitido diseñar un primer prototipo de SEA fundamentada en las dificultades y concepciones iniciales del alumnado sobre la alotropía. La propuesta integra el análisis de un problema histórico con actividades de indagación, análisis de información y reflexión conceptual, favoreciendo la relación entre estructura y propiedades. Asimismo, implica activamente al alumnado y articula la construcción del conocimiento sobre la alotropía con el desarrollo de habilidades científicas relacionadas con la interpretación de evidencia y la argumentación. Su futura implementación en aulas de secundaria permitirá analizar su potencial didáctico y orientar mejoras del diseño (Guisasola et al., 2021).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es parte del proyecto PID2024-160066NB-C21, financiado por MICIU/ AEI/10.13039/501100011033/ y del proyecto DGP_PIDI_2024_02689 financiado por la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caamaño, A. (2016). Un enfoque para vencer errores y ambigüedades. Enlace químico y estructura de las sustancias en secundaria. *Alambique, 86*, 8-18.

Capraro, R. y Slough, S. Why PBL? Why STEM? Why now? An introduction to STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach. In Project-Based Learning: An Integrates Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Approach, 2nd ed.; Sense: Rotterdam, The Netherlands, 2013; pp. 1–6.

Chin, C. y Chia, L.G. (2004). Problem based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science education, 88*(5), 707-727.

Cornelius, B., Treivish, S., Rosenthal, Y. y Pecht, M. (2017). The phenomenon of tin pest: a review. *Microelectronics Reliability, 79*, 175–192. https://doi.org/10.1016/j.microrel.2017.10.030

Gadea, I., Vilches, A. y Gil, D. (2009). Posibles usos de la prensa en la educación científica y tecnológica. Didáctica De Las Ciencias Experimentales Y Sociales, (23). https://doi.org/10.7203/dces.23.2409

Guisasola Aranzabal, J., Ametller, J. y Zuza, K. (2020). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 18*(1), 1801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Hmelo-Silver, C.E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review 16*, 235–266 (2004). https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

Hung, W., Jonassen, D. H. y Liu, R. (2008). Problem-based learning. In Handbook of research on educational communications and technology (pp. 485-506). Routledge.

Jarman, R. y McClune, B. (2011). El desarrollo del alfabetismo científico. El uso de los media en el aula. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Jiménez Liso, M. R., Martínez Chico, M. y López-Gay, R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. Revista *Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 20*(3), 3801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3801

Merritt, J., Lee, M., Rillero, P. y Kinach, B. M. (2017). Problem-Based Learning in K–8 Mathematics and Science Education: A Literature Review. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 11*(2). Available at: https://doi.org/10.7771/1541-5015.1674

Pozuelo-Muñoz, J., Calvo-Zueco, E., Sánchez-Sánchez, E. y Cascarosa-Salillas, E. (2023). Science Skills Development through Problem-Based Learning in Secondary Education. *Education Sciences*, *13*(11), 1096. https://doi.org/10.3390/educsci13111096

Raviolo, A., Garritz, A. y Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 8*(3), pp. 240–254. Recuperado a partir de https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2714

Solsona, N., Izquierdo, M. y De Jong, O. (2003). Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. *International Journal of Science Education, 25*(1), 3–12. https://doi.org/10.1080/09500690010006536

Schmidt, H.J., Baumgärtner, T. y Eybe, H. (2003). Changing ideas about the periodic table of elements and students' alternative concepts of isotopes and allotropes. *Journal of Research in Science Teaching, 40*, 257-277. https://doi.org/10.1002/tea.10076

Taber, K.S. (2016). Enlace químico y estructura atómico-molecular en secundaria. Alambique, 86, 19-27.

Tena, E. y Couso, D. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 20*(2), 2801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2801

Turk, Eyceyurt, G. y Tuzun, N. U. (2017). Pre-Service science teachers' images and misconceptions about diffusion, allotropy and ionic structure concepts. New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences. [Online]. 4(4), pp 100-104. Available from: www.prosoc.eu.

Diseño de un cuestionario de opción múltiple para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los circuitos RC

Ruoshi Wang[1], Esmeralda Campos[2], Paulo Sarriugarte[3], Jenaro Guisasola[4] , Kristina Zuza[1]

[1]Donostia Physics Education Research Group and Department of Applied Physics, School of Engineering Gipuzkoa (UPV/EHU), Plaza Europa 1, San Sebastian 20018, Spain

[2]Austrian Educational Competence Center Physics (AECCP), University of Vienna, Vienna 1090, Austria

[3]Department of Applied Physics, School of Engineering Bilbao(UPV/EHU), Bilbao 48013, Spain

[4]School of Dual Engineering, IMH Campus – UPV/EHU, Elgoibar 20870, Spain

RESUMEN: Los cuestionarios de opción múltiple estandarizadas constituyen instrumentos valiosos para evaluar el aprendizaje de los estudiantes en los cursos de física. Aunque se han desarrollado numerosos cuestionarios en áreas como la cinemática, la dinámica y los circuitos de corriente continua, la comprensión conceptual de los circuitos RC sigue siendo un reto para los estudiantes y no se ha diseñado un cuestionario conceptual debidamente validado. En el presente trabajo, se presentan los resultados de un estudio piloto destinado a analizar la fiabilidad del diseño de un cuestionario de opción múltiple sobre circuitos RC, empleando análisis estadísticos centrados tanto en ítems individuales como en el conjunto de la prueba. Se elaboró un borrador inicial de 22 ítems. El cuestionario se sometió a una prueba piloto en dos instituciones chinas. Los resultados permitieron validar el cuestionario, para ello se eliminaron cinco ítems, resultando en un cuestionario final de 17 ítems que presenta una calidad psicométrica adecuada y se propone como un instrumento diagnóstico práctico para futuros estudios de validación.

PALABRAS CLAVE: Circuitos RC, test diagnóstico, dificultades de aprendizaje, validación cuestionario.

ABSTRACT: Standardised multiple-choice tests are valuable tools for assessing student learning in physics courses. Although numerous questionnaires have been developed in areas such as kinematics, dynamics and direct current circuits, conceptual understanding of RC circuits remains a challenge for students, and no properly validated conceptual test has yet been designed. This paper presents the results of a pilot study aimed at analysing the reliability of the design of a multiple-choice questionnaire on RC circuits, using statistical analyses focused on both individual items and the test as a whole. An initial draft comprising 22 items was developed. The test underwent a pilot study at two Chinese institutions. The results enabled the questionnaire to be validated; to this end, five items were removed, resulting in a final test of 17 items that exhibits adequate psychometric quality and is proposed as a practical diagnostic tool for future validation studies.

KEYWORDS: RC circuits, standardised multiple-choice test, students' difficulties, test validation.

INTRODUCCIÓN

La comprensión conceptual en la física universitaria ha sido una preocupación central en la Investigación en la Enseñanza de la Física (PER, por sus siglas en inglés), y los cuestionarios de opción múltiple estandarizados se han consolidado como una de las herramientas más adoptadas para evaluar el aprendizaje (Docktor y Mestre, 2014). Estos cuestionarios son valorados por su eficiencia en la administración a grupos numerosos y porque, mediante un diseño cuidadoso, permiten identificar patrones de razonamiento recurrentes y conceptos erróneos comunes que no siempre se detectan en las tareas convencionales de resolución de problemas. En las últimas décadas, la Investigación en Enseñanza de Física ha generado diversos inventarios de conceptos y pruebas diagnósticas validadas

para temas fundamentales como la mecánica newtoniana y la electricidad, facilitando la comparación de enfoques instruccionales y el desarrollo curricular.

En contraste, los circuitos RC han tenido una representación escasa en la literatura de evaluación, a pesar de su importancia conceptual en los cursos de electricidad de nivel introductorio e intermedio. La comprensión de estos circuitos exige coordinar conceptos interrelacionados como la corriente, la diferencia de potencial, la capacitancia, la carga almacenada y la dependencia temporal, además de distinguir entre el comportamiento transitorio y el estado estacionario. Estos temas son exigentes debido a que requieren que la persona estudiante supere el razonamiento de circuitos estáticos e interprete procesos dinámicos. Estudios previos han reportado dificultades persistentes, como la confusión sobre la variación de la corriente y el voltaje durante la carga y descarga, o la incomprensión del papel del capacitor (Guisasola et al., 2010; Zavala y Martinez-Torteya, 2020). No obstante, la evidencia actual está fragmentada en estudios aislados o análisis basados en entrevistas, careciendo de un cuestionario validado sistemáticamente.

Esta brecha es significativa, ya que la ausencia de un cuestionario fiable sobre circuitos RC dificulta la comparación de resultados entre investigaciones y la evaluación de intervenciones de manera consistente. Un cuestionario de opción múltiple bien diseñado puede abordar esta necesidad traduciendo las dificultades conceptuales en ítems y distractores con valor diagnóstico. Al mismo tiempo, dicha herramienta debe cumplir con estándares de medición básicos, demostrando una validez y fiabilidad adecuadas para su uso en investigación o docencia.

El objetivo del presente trabajo es introducir un test de opción múltiple diseñado específicamente para evaluar la comprensión conceptual de los circuitos RC. Se detalla el proceso de desarrollo del cuestionario y se presenta evidencia inicial sobre su calidad de medición, con especial énfasis en su fiabilidad y poder discriminatorio, proporcionando así una base coherente para examinar las dificultades persistentes en este tema.

MARCO TEÓRICO

En el análisis estadístico de los cuestionarios de opción múltiple de física, Aubrecht II y Aubrecht (1983) fueron de los primeros investigadores en aplicar de forma sistemática indicadores psicométricos a la evaluación de la calidad de las pruebas. En su trabajo, destacaron varias medidas básicas pero importantes, entre ellas el índice de dificultad de los ítems, el índice de discriminación de los ítems y la fiabilidad general de la prueba. Estas medidas proporcionaron un marco estadístico inicial para determinar si una prueba de física funcionaba adecuadamente, tanto a nivel de los ítems individuales como en su conjunto. Desde entonces, la evaluación estadística de los cuestionarios de opción múltiple en la investigación sobre la enseñanza de la física se ha perfeccionado, y estudios posteriores han introducido indicadores adicionales, como el coeficiente del punto-biserial de los ítems y el delta de Ferguson, para ofrecer una descripción más completa del rendimiento de los exámenes (Ding et al., 2006)

Partiendo de estos estudios previos, hemos seleccionado tres medidas estadísticas que se centran específicamente en la calidad de las preguntas individuales de la prueba: el índice de dificultad de la pregunta, el índice de discriminación de la pregunta y el coeficiente del punto-biserial de la pregunta. Estas medidas se han elegido porque son ampliamente utilizadas en la literatura y porque, en conjunto, ofrecen información complementaria sobre el buen funcionamiento de cada pregunta. El índice de dificultad del ítem indica la proporción de estudiantes que responden correctamente a un ítem y, por lo tanto, ofrece una descripción directa de lo fácil o difícil que resulta el ítem para la población objetivo. El índice de discriminación del ítem evalúa en qué medida un ítem distingue entre los estudiantes con mejor rendimiento y los que tienen un rendimiento inferior, indicando así si el ítem es eficaz a la hora de diferenciar a los estudiantes con una comprensión conceptual más sólida de aquellos con una comprensión más débil. El coeficiente del punto-biserial del ítem complementa este análisis midiendo la correlación entre el rendimiento en un ítem determinado y el rendimiento en la prueba en su conjunto. De este modo, ayuda a determinar si el éxito en un ítem concreto es coherente con el rendimiento general en la prueba.

El uso de estas tres medidas nos permite evaluar la calidad de los ítems desde múltiples perspectivas, en lugar de basarnos en una sola estadística. Un ítem puede, por ejemplo, tener un nivel de dificultad aceptable, pero aun así no discriminar eficazmente entre estudiantes de diferentes niveles de capacidad. Del mismo modo, un ítem puede parecer estadísticamente aceptable en términos de dificultad, pero mostrar una relación débil con el rendimiento general en la prueba, lo que sugiere que puede no estar funcionando de manera coherente dentro del cuestionario. Por esta razón, considerar estos indicadores en conjunto proporciona una base más sólida para juzgar si un ítem debe conservarse, revisarse o descartarse.

En el presente estudio, se aplicaron los citados estadísticos para la muestra del estudio piloto con el fin de examinar el funcionamiento de cada ítem individual del test. Este análisis a nivel de ítem constituyó un paso importante en el desarrollo del cuestionario, ya que proporcionó evidencia empírica sobre si los ítems funcionaban según lo previsto. Más concretamente, estas medidas nos ayudaron a determinar si las preguntas tenían un nivel de dificultad adecuado, si eran capaces de discriminar entre estudiantes con diferentes niveles de comprensión y si cada ítem contribuía de manera coherente a la estructura general de la prueba. Por lo tanto, el uso combinado del índice de dificultad del ítem, el índice de discriminación del ítem y el coeficiente punto-biserial del ítem proporcionó una base importante para establecer la calidad estadística y la fiabilidad de los ítems individuales en la versión piloto del cuestionario.

METODOLOGÍA

Para elaborar un cuestionario de opción múltiple destinado a evaluar la comprensión de los alumnos sobre los circuitos RC, comenzamos por revisar la investigación previa sobre las dificultades conceptuales de los alumnos en este tema (Guisasola et al., 2010). El objetivo de esta revisión no era solo identificar los conceptos erróneos más comunes, sino también garantizar que el contenido del cuestionario se basara en los hallazgos consolidados de la investigación en enseñanza de la física. Estudios previos han demostrado que el estudiantado suele presentar dificultades persistentes a la hora de razonar sobre la corriente, la diferencia de potencial, la capacidad de los condensadores especialmente en los procesos transitorios en los circuitos RC.

En particular, la bibliografía señala varios problemas recurrentes en los modelos explicativos de los estudiantes. Por ejemplo, algunos estudiantes atribuyen la corriente a una «diferencia» o desequilibrio de carga entre segmentos de un circuito, en lugar de al campo eléctrico establecido a lo largo de la trayectoria conductora. Otros estudiantes confunden la capacitancia con la cantidad de carga almacenada en un condensador, tratando la capacitancia como una variable que depende directamente de la carga en lugar de como una propiedad determinada por la geometría y el material dieléctrico. Surgen dificultades adicionales en preguntas relacionadas con medios dieléctricos, donde los estudiantes a menudo malinterpretan la polarización, el origen del campo eléctrico interno reducido o el efecto de la inserción dieléctrica sobre la capacitancia, la carga y la diferencia de potencial. Estas dificultades documentadas proporcionaron la base conceptual para la elaboración de los ítems.

A partir de este análisis, elaboramos inicialmente un cuestionario de opción múltiple de 22 preguntas destinado a evaluar una amplia gama de conceptos relacionados con los circuitos RC. Las preguntas se diseñaron para abarcar tanto el razonamiento básico como el más avanzado, incluyendo los procesos de carga y descarga, el comportamiento transitorio frente al de estado estacionario, las trayectorias de la corriente en circuitos que contienen condensadores, el papel de la resistencia en la determinación del tiempo de carga y los efectos del material dieléctrico. Se prestó especial atención a la elaboración de las opciones de distracción. En lugar de crear opciones incorrectas arbitrarias, diseñamos las opciones de distracción para que reflejaran líneas de razonamiento plausibles y conceptos erróneos descritos en la bibliografía u observados habitualmente en el aprendizaje en el aula. De este modo, cada pregunta estaba pensada para funcionar no solo como una pregunta de evaluación, sino también como una indicación diagnóstica para identificar patrones característicos del pensamiento de los alumnos.

Para obtener pruebas de la validez del contenido, cuatro expertos en física evaluaron la versión preliminar

del cuestionario. Se pidió a estos expertos que evaluaran el grado de alineación entre cada ítem y su objetivo de aprendizaje previsto utilizando una rúbrica de evaluación tipo Likert. Además de asignar puntuaciones, se les invitó a proporcionar comentarios por escrito sobre la claridad de la redacción, la precisión científica del contenido, la idoneidad de las opciones de distracción y la idoneidad general de cada ítem para evaluar la comprensión conceptual de los circuitos RC. Estos comentarios fueron incluidos en la versión del cuestionario para la administración piloto. Las revisiones incluyeron la mejora de la redacción de los enunciados de las preguntas, el perfeccionamiento de las opciones de respuestas para que reflejaran con mayor precisión los conceptos erróneos comunes y el ajuste del énfasis de varias preguntas para reforzar su alineación con los objetivos de cada pregunta. Esta etapa de revisión por expertos fue una parte importante del proceso de desarrollo, ya que proporcionó evidencia inicial de que el cuestionario representaba adecuadamente el dominio de contenido objetivo.

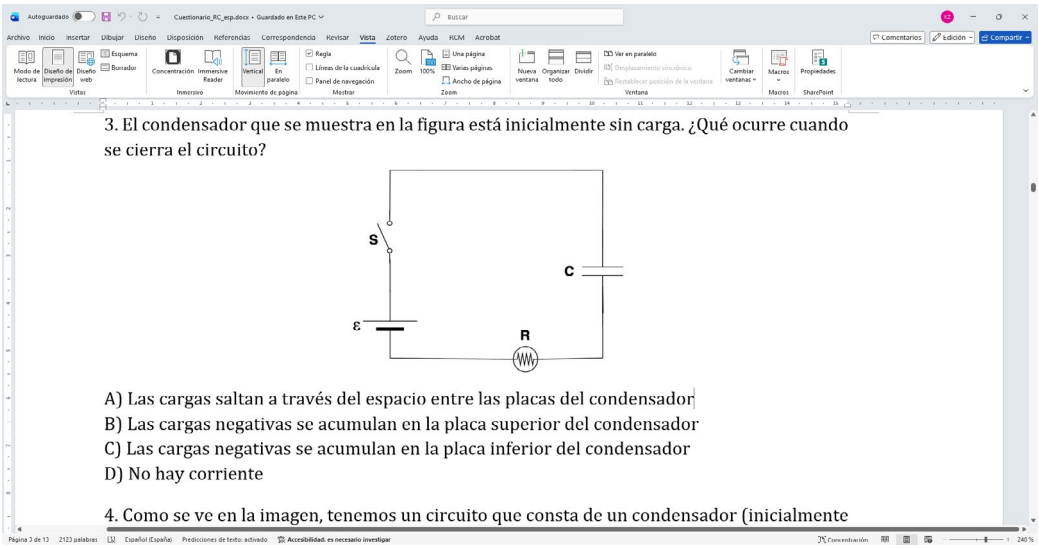


Figura 1. Ejemplo de pregunta del test de opción múltiple para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los circuitos RC

RESULTADOS

Para el estudio piloto, los 22 ítems se dividieron en dos formularios de prueba con el fin de reducir la carga para los participantes sin dejar de obtener datos preliminares sobre el funcionamiento de los ítems. El formulario A contenía los ítems impares, y el formulario B, los pares. El estudio piloto se llevó a cabo en dos instituciones. En la Universidad de Henan, 15 estudiantes de segundo curso de Física completaron el Formulario A, y 15 estudiantes de cuarto curso de Física completaron el Formulario B. En la Universidad Normal de Zhengzhou, 17 estudiantes de tercer curso de Física de Materiales completaron el Formulario A, y otros 17 estudiantes del mismo programa completaron el Formulario B. De este modo, cada formulario se administró a dos grupos de estudiantes distintos, lo que nos permitió recopilar datos piloto de participantes con antecedentes académicos y niveles algo diferentes. Todas las pruebas se realizaron bajo supervisión y en condiciones de examen y tiempo limitado (45 minutos). Las condiciones de la prueba se mantuvieron lo más uniformes posible entre los grupos con el fin de minimizar la influencia de las diferencias en la administración sobre los resultados.

Tras la administración piloto, se examinó la calidad estadística de los ítems siguiendo las recomendaciones de Aubrecht II y Aubrecht (Ding et al., 2006). Se calcularon los tres índices ya mencionados en el marco teórico: el índice de dificultad del ítem (P), el índice de discriminación del ítem (D) y el coeficiente de coeficiente del punto-biserial.

El análisis piloto dio lugar a la eliminación de cinco ítems: los ítems 2, 3, 7, 10 y 18. Estos ítems se excluyeron porque su rendimiento estadístico no cumplía los criterios establecidos para su inclusión en el cuestionario definitivo. En algunos casos, un ítem podía haber mostrado una discriminación insatisfactoria; en otros, la relación entre el rendimiento del ítem y el rendimiento total de la prueba

podía haber sido demasiado débil, o el nivel de dificultad podía haber sido inadecuado para la población destinataria. Tras estas revisiones, la versión final de la prueba contenía 17 ítems. Este proceso de desarrollo iterativo —basar el cuestionario en investigaciones previas, perfeccionarlo mediante la revisión de expertos y evaluarlo mediante pruebas piloto con estadísticas a nivel de ítem— tenía por objeto producir una medida conceptualmente centrada y psicométricamente sólida de la comprensión de los estudiantes de los circuitos RC.

Tabla 1. Resumen de los resultados de las tres pruebas estadísticas.

Estadísticas del test	Valores posibles	Valores deseados	Valor para Q_A (N=32)	Valor para Q_A (N=32)
Dificultad del ítem; índice P	[0, 1]	≥ 0.3	Media 0.61	Media 0.56
ítem de discriminación; índice D	[-1, 1]	≥ 0.3	Media 0.34	Media 0.32
Coeficiente del punto-biserial	[-1, 1]	≥ 0.2	Media 0.43	Media 0.42

CONCLUSIONES

Este estudio describe el desarrollo y el perfeccionamiento en fase piloto de un cuestionario de opción múltiple diseñado para evaluar la comprensión conceptual de los estudiantes sobre los circuitos RC. El trabajo surgió a raíz de que los circuitos RC siguen estando insuficientemente representados en el conjunto actual de herramientas de diagnóstico basadas en la investigación. En concreto, estudios previos han identificado una serie de dificultades recurrentes en los estudiantes a la hora de razonar sobre la corriente, la diferencia de potencial, la capacitancia, el comportamiento transitorio y el papel de los materiales dieléctricos, pero estos hallazgos se han mantenido en gran medida dispersos en estudios individuales. En este contexto, el presente estudio se propuso desarrollar un test de opción múltiple centrado en los conceptos para que pudiera captar los patrones comunes del pensamiento de los estudiantes y proporcionar una base tanto para la investigación como para su uso en la enseñanza.

A partir de los resultados de la fase piloto, se eliminaron cinco ítems de la versión original de 22 ítems. Según los criterios estadísticos aplicados en el estudio, estos ítems no obtuvieron resultados tan satisfactorios como los demás. Su eliminación dio lugar a una prueba final de opción múltiple de 17 ítems con características psicométricas mejoradas. Así, la fase piloto no sirvió meramente como una administración preliminar, sino como una etapa importante en el perfeccionamiento del cuestionario, permitiendo identificar y excluir los ítems problemáticos antes del estudio principal. La prueba resultante representa, por lo tanto, una versión perfeccionada del conjunto de ítems original, moldeada tanto por consideraciones teóricas como por evidencia empírica.

En general, los resultados de este estudio proporcionan evidencia preliminar de que el cuestionario resultante puede servir como una herramienta de diagnóstico práctica para investigar el razonamiento de los estudiantes sobre los circuitos RC. La prueba parece prometedora no solo como medio para identificar dificultades conceptuales comunes, sino también como recurso para orientar el diseño instruccional y respaldar futuras intervenciones en el aula. Al mismo tiempo, el presente estudio debe entenderse como una etapa inicial del proceso de validación, más que como su conclusión. En investigaciones posteriores se aplicará la versión final de 17 ítems a poblaciones de estudiantes más amplias y diversas, con el fin de obtener evidencia más sólida sobre la validez, la fiabilidad y la generalización. Dichos trabajos futuros también permitirán examinar con mayor profundidad los patrones de respuesta de los estudiantes y delinear con mayor precisión las formas predominantes de razonamiento y malentendidos asociados a los circuitos RC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aubrecht, G. J., & Aubrecht, J. D. (1983). Constructing objective tests. *American Journal of Physics*, *51*(7), 613-620.

Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B., & Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics—Physics Education Research*, *2*(1), 010105.

Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, *10*(2), 020119.

Guisasola, J., Zubimendi, J. L., & Zuza, K. (2010). How much have students learned? Research-based teaching on electrical capacitance. *Physical Review Special Topics—Physics Education Research*, *6*(2), 020102.

Zavala, G., & Martinez-Torteya, C. E. (2020, June). Students' abilities to solve RC circuits with cognitive scaffolding activities. In *2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access*.

El huerto escolar como recurso didáctico: una propuesta de indagación científica para 1º de ESO

Noelia Yelo Torrano[1], José Orenes Cárceles[2], Enrique Ayuso Fernández[3]

[1,2,3] Universidad de Murcia.

*Correspondencia: jose.orenes@um.es

RESUMEN: Este trabajo presenta una propuesta didáctica basada en actividades de indagación científica, contextualizadas en el huerto escolar, dirigida al alumnado de 1º de ESO de un centro educativo de la Región de Murcia. El objetivo principal fue promover el desarrollo de la competencia científica a través de dos actividades experimentales: una centrada en el análisis del suelo y otra en el proceso de germinación de semillas. La propuesta busca diseñar, implementar y evaluar la práctica clave de la indagación científica en aulas de educación secundaria, en el contexto del huerto escolar como recurso educativo. Para evaluar su impacto, se aplicaron instrumentos de recogida: pretest, postest y fichas de trabajo realizadas durante la implementación por los estudiantes. Los resultados indican una mejora en la capacidad del alumnado para observar, formular hipótesis, registrar datos y argumentar con base científica. El trabajo pone en valor el potencial del huerto como recurso educativo que favorece el aprendizaje activo, el pensamiento crítico y la conciencia ambiental.

PALABRAS CLAVE: Huerto escolar; indagación científica; enseñanza de las ciencias; competencia científica

ABSTRACT: This work presents a didactic proposal based on scientific inquiry activities, contextualized in the school garden, aimed at 1st-year ESO students at an educational center in the Region of Murcia. The main objective was to promote the development of scientific competence through two experimental activities: one focused on soil analysis and the other on the seed germination process. The proposal seeks to design, implement, and evaluate the key practice of scientific inquiry in secondary education classrooms, in the context of the school garden as an educational resource. To assess its impact, data collection instruments were applied: pretest, posttest, and worksheets completed by students during implementation. The results indicate an improvement in students' ability to observe, formulate hypotheses, record data, and argue based on scientific reasoning. The work highlights the potential of the garden as an educational resource that promotes active learning, critical thinking, and environmental awareness.

KEYWORDS: School garden; scientific inquiry; science education; scientific competence.

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por los desafíos ambientales y sociales del siglo XXI ha impulsado una transformación en la educación científica hacia enfoques más competenciales, contextualizados y sostenibles. En este marco, el huerto escolar se presenta como un recurso didáctico de gran valor, al permitir conectar el aprendizaje científico con la realidad cotidiana del alumnado, fomentar hábitos saludables y promover valores ecosociales.

Diversos estudios destacan su potencial para favorecer un aprendizaje activo y significativo, basado en la experiencia directa con el entorno. Además, se trata de una herramienta versátil que facilita el desarrollo integrado de competencias mediante actividades prácticas como la siembra, el cuidado de cultivos (técnicas agrícolas) el compostaje, análisis del suelo, estudio de los factores que influyen en el crecimiento de las plantas, estudio de invertebrados, control de plagas, propuestas que mejoren la biodiversidad en el huerto o la utilización de los cultivos en recetas típicas para mejorar hábitos de alimentación saludables partiendo siempre de cuestiones reales que van surgiendo en el día a día durante el uso del huerto y que pueden generar en el alumnado preguntas de investigación .

El presente trabajo tiene como objetivo analizar en qué medida una propuesta didáctica basada en la indagación científica, contextualizada en el huerto escolar, que dé respuestas a posibles preguntas de investigación, contribuye al desarrollo de la competencia científica en estudiantes de 1º de Educación Secundaria Obligatoria.

MARCO TEÓRICO

El huerto EcoDidáctico constituye un "laboratorio vivo" (Kaufman 1995; Eugenio Gozalbo et al., 2018; Fernández Hernández 2019) integrado en el proyecto educativo del centro. Su valor radica no solo en el aprendizaje de contenidos científicos, sino también en el desarrollo de actitudes como la cooperación, la responsabilidad y el respeto hacia el medio ambiente.

En Educación Secundaria, su uso permite abordar contenidos de Biología y Geología, así como desarrollar proyectos interdisciplinares. Además, favorece la participación de la comunidad educativa y la educación en valores como la sostenibilidad, la igualdad o la ciudadanía responsable (Orenes Cárceles, 2024).

La didáctica actual de las ciencias enfatiza la necesidad de promover prácticas propias del trabajo científico, especialmente la indagación, la modelización y la argumentación. Estas prácticas permiten superar un enfoque centrado en la transmisión de contenidos y avanzar hacia el desarrollo de una alfabetización científica funcional (Jiménez Liso et al., 2022).

Las actividades de indagación sitúan al alumnado en el centro del proceso de aprendizaje, favoreciendo la formulación de preguntas, la experimentación y la construcción de explicaciones basadas en evidencias. El huerto escolar constituye un contexto idóneo para este tipo de metodologías, ya que facilita la observación directa de fenómenos naturales y la realización de investigaciones contextualizadas, promoviendo el pensamiento crítico y la comprensión profunda del conocimiento científico (Eugenio Gozalbo et al., 2020; Carballido et al., 2021; Zambrano Quintero et al., 2018).

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS

El problema general de investigación es: ¿en qué medida una secuencia didáctica basada en la indagación científica en el contexto del huerto escolar contribuye al desarrollo de la competencia científica en alumnado de 1º de ESO?

De este se derivan tres subproblemas:

1.- ¿Qué características deben reunir las actividades de indagación implementadas en una secuencia de enseñanza para promover competencias científicas en estudiantes de 1º de ESO dentro del contexto del huerto escolar?

2.- ¿Cómo evaluar la implementación en el aula de las actividades de indagación planificadas para promover dichas competencias en el contexto del huerto escolar?

3.- ¿Cómo valorar la eficacia de una secuencia de enseñanza basada en la indagación científica e implementada con un grupo de estudiantes de 1º de ESO en el contexto del huerto escolar?

Se plantea como hipótesis general que una propuesta basada en la indagación, contextualizada en el huerto escolar, mejora significativamente la competencia científica del alumnado.

METODOLOGÍA

La intervención se realizó con 17 estudiantes de 1º de ESO de un centro de Educación Secundaria de la Región de Murcia.

Se adoptó un diseño preexperimental de grupo único con pretest y postest, enmarcado en una investigación-acción. Este enfoque permitió integrar la intervención en la práctica docente habitual.

La propuesta didáctica diseñada con respecto al subproblema 1 se estructuró en torno a dos actividades de indagación: una actividad sobre el análisis de la materia orgánica del suelo del huerto y otra actividad sobre la germinación de semillas (lentejas).

En relación con el subproblema 2 de la investigación, la recogida de información durante la intervención se realizó a través de las fichas de trabajo facilitadas al alumnado, diseñadas específicamente para cada una de las actividades planteadas. Estas fichas sirvieron como instrumento principal para registrar las hipótesis formuladas, los procedimientos experimentales, las observaciones realizadas y las conclusiones alcanzadas por los grupos.

En relación con el subproblema 3 de la investigación, antes de comenzar las actividades, se aplicó un cuestionario pretest con preguntas abiertas relacionadas con contenidos previos sobre plantas y suelos, ya que la intervención se enmarcó en el tema "Las Plantas". Su finalidad fue identificar ideas iniciales y conocimientos previos del alumnado. Tras la intervención se volvió aplicar el cuestionario postest incrementado en dos ítems respecto al cuestionario inicial relativos al diseño experimental y la formulación de hipótesis directamente vinculados a las experiencias realizadas.

En la tabla 1 se describen las actividades realizadas y su temporalización.

Tabla 1. Cronograma de la investigación

Fase	Actividad	Descripción	Temporalización
1	Aplicación del pretest	Evaluación inicial conocimientos previos mediante un cuestionario	Sesión 1
2	Actividad 1: Análisis del suelo	Trabajo experimental guiado para estudiar propiedades del suelo y su idoneidad para el cultivo.	Sesiones 2 y 3
3	Actividad 2: Germinación de semillas	Seguimiento experimental de variables que influyen en la germinación, con observaciones periódicas.	Sesiones 4, 5 y seguimiento en días posteriores
4	Aplicación del post test	Evaluación final con las mismas preguntas del pretest más otras nuevas relacionadas con la experiencia.	Sesión 6
5	Encuesta de satisfacción	Cuestionario para recoger la percepción del alumnado sobre la experiencia didáctica.	Sesión 6 (final de esta)

Finalmente, se aplicó al alumnado una breve encuesta de satisfacción con el objetivo de recoger su valoración sobre el interés, la utilidad y el disfrute de la propuesta. Para ello, se utilizó una escala del 1 al 4, donde 1 significaba "no me ha gustado nada" y 4 "me ha gustado mucho". Este instrumento permitió obtener información cualitativa sobre la percepción del grupo y valorar el grado de aceptación e implicación del alumnado en la intervención.

La validez de los cuestionario diseñados para esta investigación se fundamentó en un enfoque cualitativo y técnico. En primer lugar, se garantizó la validez de contenido mediante juicio de expertos, sometiendo el instrumento a una revisión por pares.

Para el análisis de datos se utilizó un enfoque mixto: cualitativo mediante la categorización de respuestas en tres niveles (0, 1, 2) y cuantitativo: análisis descriptivo e inferencial (prueba de Wilcoxon).

Las fichas completadas por el alumnado durante las actividades fueron analizadas de forma cuantitativa, centrándose en aspectos concretos vinculados a la competencia científica, como la formulación de hipótesis, la coherencia del diseño experimental, el registro ordenado de observaciones y la capacidad de extraer conclusiones a partir de los datos. Para cada uno de estos elementos se contabilizó cuántos estudiantes lograban realizarlo de forma adecuada y cuántos no, permitiendo así obtener una visión general del desempeño del grupo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con el subproblema 1, la actividad sobre el suelo permitió al alumnado diseñar y ejecutar un experimento para determinar la presencia de materia orgánica y tiene como finalidad introducir al alumnado en el pensamiento científico a partir de una situación contextualizada y cercana: decidir qué zona del centro educativo sería más adecuada para establecer un huerto escolar, en función de las características del suelo. La actividad de germinación, a partir de una pregunta abierta y contextualizada, promueve que el alumnado se familiarice con el diseño experimental, el registro sistemático de datos y el análisis comparativo de resultados, favoreciendo una comprensión significativa del Reino de las Plantas que favoreció el análisis de variables como la luz o el agua en la germinación de las semillas. Ambas experiencias promovieron la formulación de hipótesis, el diseño experimental y la argumentación basada en evidencias.

Sobre el subproblema 2 se examinaron las fichas de trabajo completadas durante las sesiones experimentales, las cuales actuaron como el instrumento principal para registrar el proceso de indagación. Con este análisis cualitativo, se pudo evaluar las competencias científicas anteriormente citadas. Por ejemplo. durante la fase de seguimiento del experimento de germinación, la mayoría del alumnado realizó observaciones diarias satisfactorias, registrando variables como la aparición de plántulas, la altura alcanzada o el número de semillas germinadas.

Durante la implementación de las dos actividades se observaron dificultades iniciales en la búsqueda de información y el diseño experimental autónomo. Sin embargo, el acompañamiento docente permitió superar estas limitaciones. En la actividad de germinación, más de la mitad del alumnado diseñó experimentos adecuados, y la mayoría realizó registros sistemáticos y extrajo conclusiones fundamentadas. En la figura 1 se muestran los resultados logrados por los alumnos/as en el experimento de germinación.

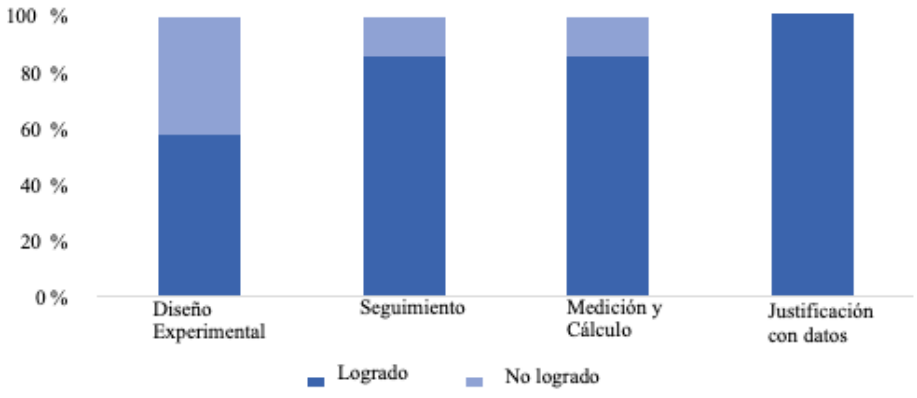


Figura 1. Porcentaje de las competencias científicas logradas por los alumnos/as en el experimento de germinación.

En relación con el subproblema 3, los resultados del pretest y postest muestran una mejora estadísticamente significativa ($p = 0.003$), con un tamaño del efecto elevado ($rrb = 0.831$) lo que sugiere que la mejora no solo es significativa desde el punto de vista estadístico, sino que tiene una alta relevancia pedagógica, mostrando una progresión consistente en la mayoría de los participantes.

Se observaron avances especialmente en: comprensión del papel de la luz, la función ecológica de las plantas y el concepto de suelo.

Además, el 81% del alumnado fue capaz de diseñar experimentos de forma adecuada en el postest.

La encuesta de satisfacción reflejó una valoración muy positiva, destacando especialmente la actividad de germinación.

LIMITACIONES

El estudio presenta algunas limitaciones: tamaño reducido de la muestra, ausencia de grupo control, desarrollo de las actividades en laboratorio en lugar del huerto real. No obstante, estas condiciones responden a la necesidad de adaptar la investigación al contexto educativo real.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Los resultados permiten concluir que la propuesta didáctica ha sido eficaz en el desarrollo de la competencia científica del alumnado.

En relación con los objetivos planteados:

- Subproblema 1, se confirma que las actividades de indagación favorecen el aprendizaje significativo (Cañón-Vargas et al., 2025; Eugenio Gozalbo y Zuazagoitia, 2023; Eugenio Gozalbo et al., 2018) .
- Subproblema 2, la evaluación mixta, la observación como evaluación en el desempeño del alumnado durante las actividades y el análisis de sus fichas de trabajo, permite analizar el progreso competencial. (Zhou et al., 2023) permitiendo identificar el grado de apoyo docente necesario en cada fase.
- Subproblema 3, se evidencia una mejora significativa en conocimientos y habilidades científicas. Asimismo, el huerto escolar se consolida como un contexto didáctico de gran potencial para la enseñanza de las ciencias, incluso cuando su uso es indirecto (Teplá y Distler, 2025).

En definitiva, este trabajo pone de manifiesto la viabilidad y el valor pedagógico de integrar metodologías de indagación en contextos reales, contribuyendo a una educación científica más activa, contextualizada y relevante utilizando el uso del huerto EcoDidáctico como recurso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cañón-Vargas, A.M., Melo-Mora, S.P. y Sosa, E. (2025). School gardens as research setting for early childhood children to strengthen their environmental awareness and scientific skills. *Discov Educ 4,* 320. https://doi.org/10.1007/s44217-025-00785-z

Carballido Morejón, J. L., Morón Monge, H. y Daza Navarro, M. P. (2021). El huerto escolar desde un enfoque indagativo: investigando las lombrices. Revista de Investigación en la Escuela, (103), 75–93. https://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.06

Eugenio Gozalbo, M., Zuazagoitia, D. y Ruiz-González, A. (2018). Huertos ecodidácticos y educación para la sostenibilidad: Experiencias educativas para el desarrollo de competencias del profesorado en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1501. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1501 34

Eugenio Gozalbo, M. y Zuazagoitia Rey-Baltar, D. (Coords.). (2023). *STEAM en el huerto: 10 propuestas de proyecto científico para educación secundaria*. Graó.

Eugenio Gozalbo, M., Aragón, L. y Ortega-Cubero, I. (2020). Gardens as science learning contexts across educational stages: Learning assessment based on students' graphic representations. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 2226. https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/47390/1/Gardens%20as%20Science%20Learning%20Contexts_1sept2020.pdf

Fernández Hernández, M. E. (2019). Huerto escolar. Cáparra: revista de innovación y experiencias educativas de los Centros de Profesores y Recursos de la Provincia de Cáceres. https://bit.ly/4adnUz1.

Jiménez-Liso, M. R., Santos, M. T., Cañal, P., Mellado, V. y Blanco, Á. (2022). Enseñar ciencias con sentido. Las prácticas científicas como herramientas para pensar, comunicar y argumentar científicamente. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19(2), 2102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i2.2102

Kaufman, M. (1995). Huertos y más huertos. Investigando en la escuela infantil. Investigación en la escuela, 25, 87-100 pp. https://bit.ly/4agMIX9.

Orenes Cárceles, J. (2024). *La utilización del huerto ecodidáctico en la educación primaria: Necesidades formativas, análisis de propuestas y diseño, aplicación y evaluación de un programa formativo para futuros docentes* [Tesis doctoral, Universidad de Murcia]. DIGITUM. https://digitum.um.es/entities/publication/5e204433-fa21-4bb1-a9f7-7be6c048eaf0

Teplá, M. y Distler, P. (2025). The impact of long-term inquiry-based science education on students' motivation and knowledge acquisition: The role of gender, subject, and level of inquiry. *Humanities and Social Sciences Communications, 12*, Article 239. https://doi.org/10.1057/s41599-025-04437-3

Zhou, Y., Zhou, Y., y Machtmes, K. (2023). Mixed methods integration strategies used in education: A systematic review. *Methodological Innovations*, *17*(1), 41-49. https://doi.org/10.1177/20597991231217937

Zambrano-Quintero, Y., Rocha-Roja, C., Flórez-Vanegas, G., Nieto-Montaño, L., Jiménez-Jiménez, J. y Núñez-Samnández, L. (2018). La huerta escolar como estrategia pedagógica para fortalecer el aprendizaje. Cultura, Educación y Sociedad, 9(3), 457–464. https://doi.org/10.17981/culteduso c.9.3.2018.53 37

Estudio de las emociones hacia la ciencia y las matemáticas a través de escape rooms educativos

Félix Yllana Prieto [1], David González Gómez [1] y Jin Su Jeong [1]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: feyllanap@unex.es

RESUMEN: El proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas ha supuesto un reto en el ámbito educativo. En educación, la gamificación consiste en el uso de elementos lúdicos en contextos no lúdicos para fomentar diferentes habilidades en los alumnos. En el contexto de la gamificación, los escape rooms pueden emplearse como herramientas didácticas para mejorar el interés y las emociones de los alumnos hacia las ciencias y las matemáticas. Esta investigación compara dos escape rooms educativos diseñados para trabajar ciencias y matemáticas. En ella se analizaron las emociones en una muestra de maestros en formación. Concretamente, se analizaron siete emociones positivas (alegría, satisfacción, entusiasmo, diversión, confianza, esperanza y orgullo) y siete emociones negativas (incertidumbre, nerviosismo, preocupación, frustración, aburrimiento, miedo y ansiedad). Según los resultados de la investigación, la mayoría de las emociones positivas fueron significativamente más altas después de completar ambos escape rooms. En cuanto a las negativas, aunque se observó una disminución del aburrimiento y el miedo, otras como el nerviosismo, después del escape room de ciencia, y la frustración, después de ambos escape rooms, aumentaron. Los resultados sugieren que los dos escape rooms tienen beneficios en el compromiso emocional de los maestros en formación, con algunas variaciones entre las ciencias y las matemáticas.

PALABRAS CLAVE: ciencia; matemáticas; emociones; escape room; maestros en formación.

ABSTRACT: The teaching-learning process of science and mathematics has been challenging in the field of education. In education, gamification is the use of game elements in non-game contexts to foster different students' skills. In the context of gamification, escape rooms can be employed as educational instruments to improve students' interest and emotions toward science and mathematics. This research compares two educational escape rooms designed to work on science and mathematics. Here, the emotions were analyzed in a sample of pre-service teachers. Specifically, seven positive emotions (joy, satisfaction, enthusiasm, fun, confidence, hope, and pride) and seven negative emotions (uncertainty, nervousness, worry, frustration, boredom, fear, and anxiety) were analyzed. According to the research results, most positive emotions were significantly higher after both escape rooms. Regarding the negatives one, although a decrease in boredom and fear was reported, others like nervousness, after science escape room, and frustration after both escape rooms increased. The findings suggest that the two escape rooms have benefits in emotional engagement of the pre-service teachers with several variations between science and mathematics.

KEYWORDS: science; mathematics; emotions; escape room; pre-service teachers.

MARCO TEÓRICO

Tradicionalmente, el proceso de enseñanza-aprendizaje de asignaturas relacionadas con las ciencias y las matemáticas ha seguido una metodología de instrucción transmisivo, siendo apropiado desarrollar otros enfoques debido a las características de este tipo de materias (Tobin, 2010). En los últimos años, la gamificación ha sido una de las metodologías activas más utilizadas por los docentes. La gamificación implica el uso de elementos característicos de los juegos en contextos no lúdicos, especialmente en el ámbito educativo, para promover diferentes habilidades (Deterding et al., 2011). Explorar el uso de la gamificación en la educación es importante, ya que puede aumentar la satisfacción, el rendimiento, la colaboración y la motivación del estudiantado para aprender, especialmente en materias relacionadas

con ciencias y matemáticas (Alzahrani y Alhalafawy, 2022). En un contexto de aprendizaje basado en gamificación, los escape rooms (ER) educativos son juegos de acción en vivo en los que los participantes resuelven retos en equipo dentro de una sala para escapar a tiempo con el objetivo de trabajar determinados contenidos (Nicholson, 2018). Los ER empleados como herramientas didácticas podrían ser muy útiles para enseñar ciencias y matemáticas, ya que son una forma de hacer estas materias más atractivas y cercanas a los estudiantes (Veldkamp et al., 2021). En este caso, el uso del ER en el proceso de enseñanza-aprendizaje se correlaciona positivamente con la mejora del compromiso y la motivación de los estudiantes, lo que podría ser especialmente positivo para su rendimiento académico (López-Pernas et al., 2019).

Al trabajar con una estrategia docente como la implementación de ER educativos, es importante prestar atención al factor emocional de los estudiantes, especialmente en el caso de los futuros docentes, ya que sus emociones y preferencias podrían transferirse a su futuro alumnado (Dávila et al., 2015). Según Otero (2006), las emociones, en los estudiantes en general y en los futuros docentes en particular, durante el proceso de enseñanza y aprendizaje desempeñan un papel fundamental en el razonamiento, donde, por ejemplo, ayudan a elegir la opción más adecuada en un momento dado. De hecho, Vázquez y Manassero (2007) señalan la importancia de centrarse en el componente emocional durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que las emociones de los estudiantes están estrechamente relacionadas con sus conocimientos. Por lo tanto, es esencial tener en cuenta este factor emocional, especialmente en los futuros docentes, donde las emociones positivas implican que se sientan competentes y capacitados para enseñar ciencias y matemáticas, ya que de ellos depende generar interés por las ciencias y las matemáticas en las generaciones futuras (Yeigh et al., 2016; Gómez-Chacón y Marbán, 2024). Debido a esto, una metodología de instrucción que fomente las emociones positivas y prevenga las emociones negativas en asignaturas relacionadas con las ciencias y las matemáticas podría ser especialmente útil para que los futuros docentes promuevan el interés y la motivación por estas disciplinas a su estudiantado.

El objetivo de este estudio es comparar el impacto de dos escape rooms educativos para trabajar ciencias y las matemáticas en las emociones de maestros y maestras en formación. Para ello, se analizaron las emociones de 120 estudiantes antes y después de cada implementación durante dos cursos académicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra de estudio se compone de un total de 120 maestros y maestras en formación matriculados en dos asignaturas, una de ciencia y otra de matemáticas. Estos datos fueron recabados durante dos cursos académicos. Los maestros en formación tenían una edad media de 20 años. Cabe destacar que la mayoría de las estudiantes son mujeres y que más de la mitad proviene de itinerarios no científicos atendiendo a sus estudios preuniversitarios. La Tabla 1 describe la información sociodemográfica de los participantes separada por curso académico. Antes de recabar los datos, se les dio libertad para decidir si deseaban participar en este estudio.

Tabla 1. Características sociodemográficas de la muestra.

CURSO	EDAD MEDIA	GÉNERO		ESTUDIOS PREUNIVERSITARIOS	
		MUJER	HOMBRE	NO CIENTÍFICOS	CIENTÍFICOS
2021/2022	20,18	70.77%	29.23%	53.85%	46.15%
2022/2023	20,43	60.00%	40.00%	56.36%	43.64%

Con el objetivo de trabajar diversos contenidos de ciencias y matemáticas, se diseñaron e implementaron dos ER educativos durante dos cursos académicos consecutivos (años 2021/2022 y 2022/2023). Estas intervenciones se llevaron a cabo en dos asignaturas del segundo curso del grado de educación primaria: "Didáctica de la materia y la energía" y "Matemáticas y su didáctica".

Ambos ER tienen un total de 6 retos con un diseño lineal (las pruebas se deben resolver en un orden específico). El objetivo de ambos ER consta de la apertura de 3 cajas, de forma secuencial, completando cada uno de los 6 retos para finalmente escapar del aula. Cada reto resuelto proporcionaba una pista

o código para acceder al siguiente reto o abrir la siguiente caja. El ER de ciencias trabaja el tema del Universo, en concreto el Sistema Solar, el Sol, los planetas, los asteroides, los satélites, los movimientos de los planetas y conceptos como la densidad, el perímetro, el radio y el diámetro. Este ER comienza con una carta de presentación del conocido científico Stephen Hawking, quien está enfadado con el alumnado debido a que no saben lo suficiente sobre este tema y les sugiere varias tareas. Para abrir un total de tres cajas, los maestros en formación tuvieron que superar retos como un puzle interactivo sobre los eclipses, completar una tabla con información básica sobre los planetas del Sistema Solar, visualización de vídeos teniendo que responder a preguntas de cada vídeo, un crucigrama sobre conceptos generales del Universo y problemas sobre densidad y peso. Por último, el ER de ciencias contiene un reto final en el que los estudiantes deben hacer un modelo básico del Sistema Solar con los materiales que encuentran en la última caja.

En cuanto al ER de matemáticas, se trabaja el tema de los números. En particular, se estudian conceptos como la naturaleza de los números, los sistemas numéricos y las operaciones aritméticas. En cada estación de trabajo, los participantes encuentran una caja cerrada con candado y una carta. En el mensaje, Nicholas Stewart, divulgador científico y matemático, expresa su descontento por la falta de interés de los estudiantes por las matemáticas, por lo que propone varios retos. Para abrir la primera caja, los estudiantes resuelven problemas sobre cambios de base y números primos. Para acceder a la segunda caja, debían completar una sopa de letras sobre conceptos básicos de los números y sus propiedades. También se proponen ejercicios de factorización y simplificación. Al abrir la última caja, encuentran piezas de plástico que deben ensamblar para formar un cubo con determinadas dimensiones y luego calcular su capacidad.

Respecto al instrumento de investigación, se empleó un cuestionario validado y utilizado en investigaciones anteriores (Veldkamp et al., 2021) para medir las emociones del estudiantado. Este cuestionario contiene un total de 14 ítems para analizar las emociones que los maestros en formación sintieron antes y después de cada intervención. Concretamente, se midieron 7 emociones positivas (alegría, satisfacción, entusiasmo, diversión, confianza, esperanza y orgullo) y 7 emociones negativas (incertidumbre, nerviosismo, preocupación, frustración, aburrimiento, miedo y ansiedad) mediante una escala Likert del 1 al 5. Se recopilaron las respuestas del estudiantado antes y después (pretest y postest) de cada intervención. Para comparar la influencia de ambas herramientas didácticas sobre las emociones de los maestros en formación, se analizaron las medias de pretest y postest.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras recopilar todos los datos durante los dos cursos académicos, y antes de analizar las emociones de la muestra de maestros en formación, se comprobó si los datos seguían una distribución estadística normal. Para ello, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y se observó que los datos no seguían una distribución normal ($p < 0,05$). Por lo tanto, se empleó la prueba no paramétrica W de Wilcoxon para comprobar si existían diferencias significativas entre las medias de las emociones de los maestros en formación antes y después de las intervenciones.

Unificando los datos de ambos cursos académicos, se analizaron los valores medios de cada emoción antes y después de cada ER. Con este diseño de investigación, se obtienen 4 valores: la media del pretest del ER de ciencias, media del postest del ER de ciencias, media del pretest del ER de matemáticas, y media del postest del ER de matemáticas. La Figura 1 muestra estos valores medios para cada una de las 14 emociones estudiadas según esta distribución.

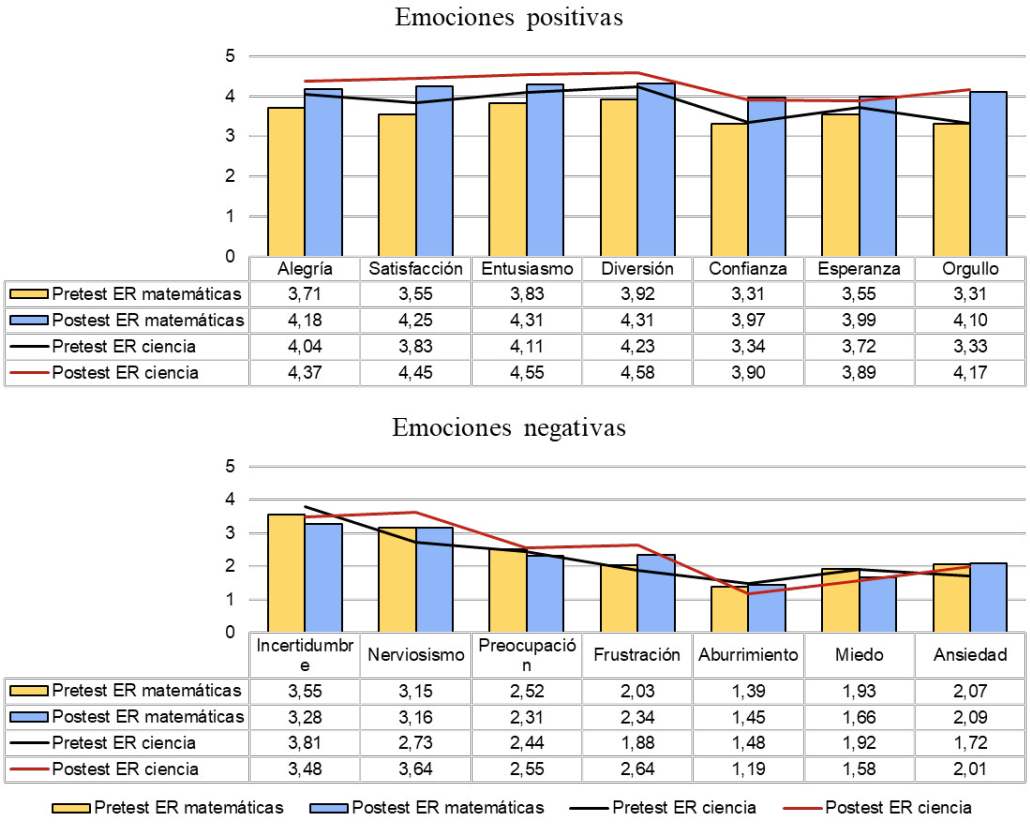


Figura 1. Emociones con diferencias significativas (pretest y postest) en ambos ER.

El análisis de los valores medios de las emociones antes y después de ambos ER educativos reveló diferencias significativas tanto en las emociones positivas como en las negativas. Concretamente, todas las emociones positivas aumentaron en el ER de matemáticas. Todas las emociones positivas, excepto la "esperanza", aumentaron significativamente ($p < 0,05$) en el ER de ciencias una vez finalizada la intervención. En cuanto a las emociones negativas ansiedad, preocupación e incertidumbre, no hubo diferencias estadísticamente significativas después de ninguno de los dos ER. El miedo disminuyó significativamente después del ER de matemáticas (no hay diferencias significativas para del resto de emociones negativas en el ER de matemáticas). Sin embargo, las medias de aburrimiento y miedo sufrieron una disminución significativa en el ER de ciencias, mientras que el nerviosismo y la frustración aumentaron significativamente en esta intervención.

Según estos hallazgos, parece que los ER educativos pueden cumplir con el objetivo de lograr el un aumento de estadios emociones positivos y beneficiosos para los estudiantes. Varios autores señalan que este tipo de intervenciones fomentan emociones positivas más intensas y evitan algunas emociones negativas (Nicholson, 2018; Yllana-Prieto et al., 2023). En cuanto a las emociones negativas, algunas investigaciones (Rowe y Fitness, 2018; Clauson et al., 2019) mostraron que pueden emerger emociones negativas como la frustración en este tipo de situaciones, aunque esto es normal en intervenciones basadas en ER debido a diversos elementos del juego como la dificultad de algunos retos o el límite de tiempo.

CONCLUSIÓN

La investigación pretende analizar las emociones que generan dos ER educativos para trabajar las ciencias y las matemáticas en una muestra de maestros en formación. Se observó un aumento general de las emociones positivas de los maestros y maestras en formación en ambos ER educativos. Los maestros en formación experimentaron una disminución de sus emociones negativas, como el aburrimiento (después del ER de ciencias) y el miedo (después de ambos ER). Además, se produjo

un aumento de las emociones negativas, el nerviosismo y la frustración tras el ER de ciencias. Estos resultados se mantuvieron durante dos cursos académicos consecutivos. Los hallazgos indican que los ER empleados como herramientas educativas para repasar contenidos de ciencias y matemáticas pueden ser útiles para mejorar estadios emocionales positivos en maestros y maestras en formación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alzahrani, F. K. J., y Alhalafawy, W. S. (2022). Benefits and challenges of using gamification across distance learning platforms at higher education: A systematic review of research studies published during the COVID-19 pandemic. *Journal of Positive School Psychology*, *6*(10), 1948-1977.

Clauson, A., Hahn, L., Frame, T., Hagan, A., Bynum, L. A., Thompson, M. E., y Kiningham, K. (2019). An innovative escape room activity to assess student readiness for advanced pharmacy practice experiences (APPEs). *Curriculum Pharmacy Teaching and Learning*, *11*(4), 723-728.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., y Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". En *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9-15).

Gómez-Chacón, I. M., y Marbán, J. M. (2024). Epistemic emotions and pre-service mathematics teachers' knowledge for teaching. *ZDM–Mathematics Education*, *56*(6), 1223-1237.

Lopez-Pernas, S., Gordillo, A., Barra, E., y Quemada, J. (2019). Analyzing learning effectiveness and students' perceptions of an educational escape room in a programming course in higher education. *IEEE Access, 7*, 184221-184234.

Nicholson, S. (2018). Creating engaging escape rooms for the classroom. *Childhood Education, 94*, 44–49.

Otero, M. R. (2006). Emociones, sentimientos y razonamientos en Didáctica de las Ciencias. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, *1*(1), 24-53.

Rowe, A. D., y Fitness, J. (2018). Understanding the role of negative emotions in adult learning and achievement: A social functional perspective. *Behavioral Sciences, 8*(2), 27.

Tobin, K. (2010). Reproducir y transformar la didáctica de las ciencias en un ambiente colaborativo. *Enseñanza de las Ciencias, 28*(3), 301-314.

Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): Evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 4*(2), 247-271.

Veldkamp, A., Knippels, M. C. P., y van Joolingen, W. R. (2021). Beyond the early adopters: Escape rooms in science education. *Frontiers in Education*, *6*, 622860.

Yeigh, T., Woolcott, G., Donnelly, J., Whannell, R., Snow, M., y Scott, A. (2016). Emotional literacy and pedagogical confidence in pre-service science and mathematics teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, *41*(6), 107-121.

Eficacia del escape room en el rendimiento académico, la autoeficacia y las actitudes hacia la ciencia y las matemáticas

Félix Yllana Prieto [1], Jin Su Jeong [1] y David González Gómez [1]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: feyllanap@unex.es

RESUMEN: En los últimos años ha crecido el interés por estudiar métodos de enseñanza que difieren de las metodologías tradicionales en ciencias y matemáticas. En este sentido, el uso de los escape rooms (ER) para trabajar determinados contenidos ha aumentado en el ámbito educativo. Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, es importante tener en cuenta el factor afectivo del alumno, ya que está estrechamente relacionado con el rendimiento académico. En relación con este factor afectivo, la autoeficacia y las actitudes son importantes porque están vinculadas al interés de los estudiantes por los contenidos, y son especialmente importantes en áreas como las ciencias y las matemáticas. Este estudio compara los efectos de dos ER educativos desarrollados para trabajar ciencias y las matemáticas. Para ello, se ha analizado el rendimiento, la autoeficacia y las actitudes de maestros en formación después de cada ER. Se ha desarrollado un ER de ciencias y otro de matemáticas en dos asignaturas del grado de educación primaria. Estos resultados se recopilan en maestros en formación durante dos años académicos consecutivos. Según los resultados obtenidos en el estudio, se ha observado un aumento del rendimiento académico de los maestros en formación tras completar ambos ER. Después del ER de ciencias, los maestros en formación obtuvieron una mayor mejora que en el ER de matemáticas. Además, se observó una mejora en la autoeficacia y las actitudes tras completar ambos ER.

PALABRAS CLAVE: ciencia; matemáticas; rendimiento académico; autoeficacia; actitudes.

ABSTRACT: Interest in studying instruction methods that differ from traditional methodologies in science and mathematics has grown over the last years. Here, employing escape rooms (ERs) to work on certain matters has increased in the educational field. During the teaching-learning process, it is important to be concerned about the student's affective factor because it is closely related to academic performance. Concerning this affective factor, self-efficacy and attitudes are important because they are linked with students' interest towards the contents, and it is especially important in science and mathematics fields. This study compares the effects of two educational ERs developed to work on science and mathematics. For that reason, the performance, self-efficacy, and attitudes of preservice teachers have been analyzed after each ER. Science and Mathematics ERs have been developed in two subjects of a primary education degree. These results are compiled in pre-service teachers through two consecutive academic years. According to results obtained in the study, an increase of pre-service teachers' performance after completing both ER has been observed. After Science ER, pre-service teachers had a greater improvement than in Mathematics ER. Also, it was observed that there was an improvement in self-efficacy and attitudes after pre-service teachers complete both ERs.

KEYWORDS: science; mathematics; academic performance; self-efficacy; attitudes.

MARCO TEÓRICO

El interés de los docentes por nuevas metodologías que se alejan de los métodos tradicionales de enseñanza en el ámbito de las ciencias y las matemáticas ha crecido en las últimas décadas. En este contexto, la gamificación implica el uso de elementos propios de los juegos en contextos ajenos al juego, especialmente en el ámbito educativo, con el fin de promover diferentes habilidades en los participantes (Deterding et al., 2011). Existen diferentes estrategias o herramientas que podrían integrarse dentro

de la gamificación. En este caso, el uso de los escape rooms (ER) como herramientas didácticas ha aumentado en los últimos años y consiste en juegos en los que los participantes resuelven acertijos o retos y utilizan estrategias para escapar de la habitación en un tiempo determinado (Nicholson, 2018). Según diferentes investigaciones, este tipo de herramienta para gamificar podría mejorar el rendimiento y fomentar la motivación hacia las ciencias y las matemáticas por parte de los estudiantes (Nicholson, 2018; Veldkamp et al., 2021).

Por otra parte, durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, es esencial tener en cuenta el factor afectivo de los estudiantes, especialmente en el caso de los maestros en formación, ya que sus experiencias negativas pueden transmitirse posteriormente a sus futuros alumnos (Dávila et al., 2015). En el contexto del factor afectivo, variables como la autoeficacia y las actitudes son importantes porque están relacionadas con el rendimiento y el interés de los estudiantes hacia los contenidos (Rittmayer y Beier, 2008). El término autoeficacia, introducido por Bandura, es una valoración subjetiva del nivel de competencia de una persona para ejecutar determinadas acciones o alcanzar ciertos resultados en el futuro. Es decir, la creencia que tiene la persona acerca de lo que puede hacer antes de enfrentar esa situación (Bandura, 1997). Según Rodríguez et al. (2002), los maestros en formación con altos niveles de autoeficacia aceptarán actividades más difíciles porque perciben este tipo de retos de forma positiva, mientras que los maestros en formación con bajos valores de autoeficacia considerarán las actividades como un riesgo, lo que fomentará el rechazo hacia los contenidos. Del mismo modo, las actitudes en la educación son un conjunto de emociones, creencias y comportamientos hacia un tema o materia en particular. En este sentido, las actitudes de los docentes hacia disciplinas como las ciencias o las matemáticas son cruciales en la educación primaria, de hecho, se ha descubierto que las propias creencias y actitudes de los docentes son predictivas de su intención de enseñar estos contenidos en el aula (van Aalderen-Smeet y van der Molen, 2015). Es importante tener en cuenta la comprensión de las dificultades de los maestros en formación con respecto a las ciencias y las matemáticas, así como su autoeficacia y sus actitudes, ya que se ha relacionado con la motivación, el rendimiento y la capacidad de los alumnos para desarrollar sus intereses académicos y profesionales (Brown, 2008; Hammack et al., 2024). Por lo tanto, la selección de una metodología de enseñanza adecuada puede mejorar la autoeficacia y las actitudes de los estudiantes y tener un impacto positivo en su rendimiento (Pekrun, 2006).

Este trabajo tiene como objetivo comparar los efectos de dos escape rooms (ER) educativos sobre ciencias y matemáticas en el rendimiento y el factor afectivo (autoeficacia y actitudes) de los maestros en formación. Para ello, se han desarrollado un ER de ciencias y otro de matemáticas en dos asignaturas del grado de educación primaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrollaron dos ER educativos previamente diseñados con el objetivo de trabajar contenidos de ciencias y matemáticas. Ambos ER tenían una estructura similar y consistieron en la apertura de varias cajas con cerraduras numéricas y de llave. Los maestros en formación debían abrir los candados secuencialmente y en orden resolviendo diferentes tareas para llegar al desafío final y obtener la llave que les permitiera escapar del aula.

El ER de ciencias cubría contenidos relacionados con el Universo. En este caso, las tareas consistieron en un puzle interactivo, una tabla muda con información sobre los planetas, vídeos con preguntas sobre los movimientos de la Tierra, la Luna y el Sol, un crucigrama sobre contenidos generales del tema, problemas sobre la densidad y el peso de los cuerpos celestes, y el desafío final, que consistía en construir un modelo del Sistema Solar utilizando los materiales que encontraban en la última caja.

Por otra parte, el ER de matemáticas versa sobre los números y su aritmética. En esta intervención, los futuros maestros tuvieron que resolver problemas sobre cambios de base y números primos. También completaron una sopa de letras sobre los números y sus propiedades, ejercicios de factorización y simplificación. Después de abrir la última caja, la prueba final consistió en la construcción de un cubo para calcular su capacidad con piezas de plástico que debían ensamblar. Tras superar este último reto, los participantes obtuvieron la llave del aula.

Para evaluar la eficacia de estas intervenciones se emplea un instrumento con dos secciones. En primer lugar, una parte para evaluar el rendimiento académico de los alumnos. Esta sección mide los conocimientos de los maestros en formación sobre los conceptos teóricos tratados en cada ER. Se compone de varias preguntas, cada una con cuatro posibles respuestas. Los autores han creado esta parte del instrumento a partir de los contenidos vistos en clases teóricas de las asignaturas y los que se repasan en cada una de las intervenciones. Esta parte se mide con una escala del 0 al 10. La segunda sección contiene preguntas sobre la autoeficacia y las actitudes hacia las ciencias y las matemáticas que sienten los estudiantes. Esta parte se basa en el cuestionario diseñado por Schruba (2008) y se mide mediante una escala Likert de 1 a 5 puntos. Los valores medios obtenidos con este instrumento se compararon antes y después de cada ER.

En cuanto a la muestra del estudio, un total de 120 maestros en formación participaron en esta investigación durante dos cursos académicos. Los maestros en formación estaban matriculados en dos asignaturas del grado de educación primaria: "Enseñanza de la materia y la energía" y "Matemáticas y su didáctica". La edad media de la muestra era de 20 años. Estaba compuesta por un 65,4 % de mujeres y un 34,6 % de hombres. La mayoría de los maestros en formación no tenían formación científica en su etapa preuniversitaria (el 55 % del total proviene de estudiar una modalidad como Humanidades, Ciencias Sociales o Artes antes de acceder a los estudios universitarios). Se dio libertad a los participantes para decidir si deseaban participar en este estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo al análisis de los datos, se comprobó la homogeneidad de la muestra para obtener resultados consistentes sobre la comparación de las dos intervenciones. Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para establecer si los datos siguen una distribución normal o no. Los datos no se distribuyen normalmente, por lo que se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas. Se empleó la prueba W de Wilcoxon para establecer si hay diferencias significativas entre los valores de las variables de estudio antes y después de ambas intervenciones (pretest y postest).

Según el análisis del rendimiento académico de los estudiantes, hubo un aumento significativo de las medias ($p < 0{,}001$ en la prueba W de Wilcoxon) después de ambos ER. Concretamente, los valores aumentan 2,36 puntos (en una escala de 10 puntos) después del ER de ciencias y 1,35 puntos después del ER de matemáticas. Además, se observó que los maestros en formación comienzan con más conocimientos sobre los contenidos teóricos matemáticos que sobre los contenidos teóricos científicos. Sin embargo, los valores que alcanzan después de completar los dos ER son similares (véase la Tabla 1).

Tabla 1. Media y desviación estándar del rendimiento académico antes y después de ambos ER.

ESTADÍSTICO	PRETEST ER CIENCIA	POSTEST ER CIENCIA	PRETEST ER MATEMÁTICAS	POSTEST ER MATEMÁTICAS
Media	5,44	7,80	6,46	7,81
Desviación estándar	1,32	1,36	1,74	1,62

En relación con el factor afectivo, se han analizado la autoeficacia y actitudes de los estudiantes. En cuanto a la autoeficacia de los maestros en formación, el ítem AE3 "Seré muy eficaz en la supervisión de los experimentos matemáticos" aumenta significativamente después del ER de matemáticas. Por otra parte, los ítems AE1: "Entiendo los conceptos científicos lo suficientemente bien como para enseñar ciencias en niveles educativos inferiores" y AE2 "Normalmente soy capaz de responder a las preguntas científicas de los estudiantes" aumentaron significativamente después de completar el ER de ciencias. La Figura 1 muestra las medias antes y después (pretest y postest) de cada intervención para estos ítems de autoeficacia estadísticamente significativos.

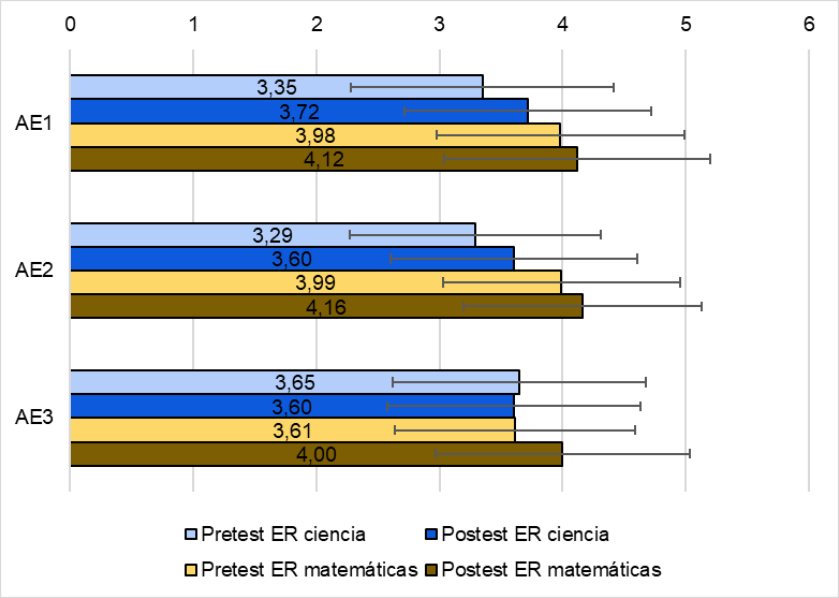


Figura 1. Ítems de autoeficacia (AE) con diferencias significativas antes y después de ambos ER.

En cuanto a las actitudes de los maestros en formación, los valores medios de ACT1 "Conozco los pasos necesarios para enseñar conceptos científicos/matemáticos de forma eficaz" y ACT3 "Me interesa crear un escape room sobre el universo/los números" aumentaron significativamente tras la implementación de ambos ER. Sin embargo, también hay varios ítems que aumentan significativamente en un ER y no en otro. Los ítems ACT2 "Me interesa la gamificación como metodología de enseñanza de las ciencias", ACT4 "Prefiero un escape room a una sesión de laboratorio tradicional para enseñar contenidos científicos" y ACT5 "Resolver problemas científicos me divierte" aumentan significativamente tras completar el ER de ciencias. La Figura 2 muestra las medias de los ítems significativos de las actitudes de los maestros en formación antes y después (pretest y postest) de cada intervención.

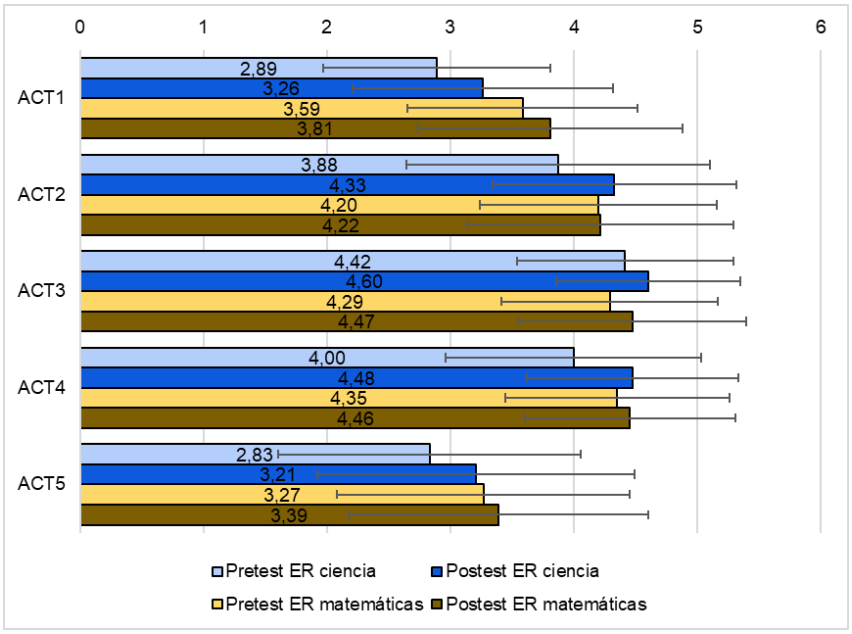


Figura 2. Ítems de actitudes (ACT) con diferencias significativas antes y después de ambos ER.

Según los resultados obtenidos en el análisis estadístico, se puede lograr un proceso de enseñanza y aprendizaje eficaz durante los dos ER desarrollados para trabajar ciencias y matemáticas. En concreto, el que los estudiantes alcancen valores similares en rendimiento académico partiendo de diferentes niveles de conocimiento inicial es un aspecto que refuerza la utilidad de este tipo de herramientas didácticas. Estos resultados concuerdan con otras investigaciones que señalan la eficacia de este tipo de

metodología empleada para trabajar en ciencias y matemáticas en el rendimiento, la autoeficacia y las actitudes de los estudiantes (Claudio et al., 2019; Tinsley et al., 2024; Wright et al., 2024).

CONCLUSIÓN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficacia de dos ER para trabajar ciencias y matemáticas en el rendimiento, la autoeficacia y las actitudes de maestros en formación. Según los resultados hallados en este estudio, se observó un aumento significativo en el rendimiento académico de los maestros en formación después de completar ambos ER. En concreto, después del ER de ciencias los maestros en formación experimentaron un mayor incremento en los valores medios que en el ER de matemáticas. Esto puede deberse a que los conocimientos base de los estudiantes en matemáticas eran mayores que los que tenían de base en ciencias. Además, se observó que varios ítems de autoeficacia y actitudes tenían promedios más altos después de que los maestros en formación completaran ambos ER. Estos resultados se recopilaron a lo largo de dos años académicos consecutivos, lo que pone en valor las herramientas didácticas diseñadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.

Brown, S.D., Tramayne, S., Hoxha, D., Telander, K., Fan, X., y Lent, R.W. (2008). Social cognitive predictors of college students' academic performance and persistence: a meta-analytic path analysis. *Journal of Vocational Behavior, 72*(3), 298- 308.

Claudio, N. Z., Machancoses, M., y Piqueras, R. F. (2019). La eficacia de la escape room como estrategia de motivación, cohesión y aprendizaje de matemáticas en sexto de educación primaria. *Edetania: Estudios y Propuestas Socio-Educativas, 56*, 23-42.

Dávila, M. A., Borrachero, A. B., Cañada-Cañada, F., Martinez-Borreguero, G., y Sánchez-Martín, J. (2015). Evolución de las emociones que experimentan los estudiantes del grado de maestro en educación primaria, en didáctica de la materia y la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 12*(3), 550-564.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., y Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9-15).

Hammack, R., Yeter, I. H., Pavlovich, C., y Boz, T. (2024). Pre-service elementary teachers' science and engineering teaching self-efficacy and outcome expectancy: exploring the impacts of efficacy source experiences through varying course modalities. *International Journal of STEM Education, 11*(1), 4.

Nicholson, S. (2018). Creating engaging escape rooms for the classroom. *Childhood Education, 94*, 44-49.

Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review, 18*(4), 315-341.

Rittmayer, A. D., y Beier, M. E. (2008). Overview: Self-efficacy in STEM. *Swe-Awe Casee Overviews*, *1*(3), 1-12.

Rodríguez, J. F., Carrasco, M. Á., Barrio, V., y Catalán, M. C. (2002). Errores cognitivos en jóvenes y su relación con la sintomatología depresiva. *Anuario de Psicología, 33*(3), 409-432.

Schruba, A. E. (2008). *Evaluation of student attitude toward science and self-efficacy in a non-majors college biology course*. Texas Christian University.

Tinsley, J., Stead, A., y Halladay, B. (2024). Increasing Student Self-Efficacy in Aphasia Through a Simulated Escape Room. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups, 9*(1), 141-161.

van Aalderen-Smeets, S. I., y van der Molen, J. H. W. (2015). Improving primary teacher' attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of Research in Science Teaching, 52*(5), 710-734.

Veldkamp, A., Knippels, M. C. P., y van Joolingen, W. R. (2021). Beyond the early adopters: Escape rooms in science education. *Frontiers in Education*, *6*, 622860.

Wright, L., Asare, I., Harris, M., y Colin, C. (2024). Use of an Escape Room to Enhance Nutrition Care Process Skills and Self-efficacy. *Topics in Clinical Nutrition, 39*(1), 54-62.

Stem Pinballa: Un juego colaborativo unplugged para el desarrollo del pensamiento computacional en Educación Infantil

Daniel Zuazagoitia [1] *y Olaia Plazas* [1]

[1] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemática, Universidad del País Vasco EHU

* Correspondencia: daniel.zuazagoitia@ehu.eus

RESUMEN: El pensamiento computacional (PC) se consolida como alfabetización cognitiva clave del siglo XXI, pero en Educación Infantil su integración curricular suele quedar poco definida y asociarse frecuentemente a la robótica digital. Esta comunicación presenta Pinballa, una propuesta unplugged basada en el juego manipulativo que promueve el PC —secuenciación, formulación de hipótesis y depuración— en un contexto de libre elección con andamiaje docente. Se adopta un estudio de caso observacional con enfoque mixto (n=8; 4-5 años; 15 sesiones; escuela rural), empleando registros cuantitativos de desempeño (325 lanzamientos), cuaderno de campo y una rúbrica competencial alineada con el Decreto 75/2023 del currículo vasco. Los resultados revelan una transición desde estrategias exploratorias aleatorias hacia formas de planificación algorítmica, con un incremento en la tasa de éxito del 4,0% al 39,3%, un hito máximo del 69,2% el día 8 y un descenso significativo en la fase de concurrencia (10,0%). La rúbrica evidencia un desarrollo notable en formulación de hipótesis (87,5% nivel excelente) y secuenciación (62,5% nivel excelente). Se concluye que el PC puede desarrollarse eficazmente en EI mediante propuestas unplugged, siempre que exista un continuo pedagógico y un andamiaje docente basado en preguntas productivas.

PALABRAS CLAVE: pensamiento computacional; educación infantil; unplugged; juego; rúbrica competencial

ABSTRACT: Computational thinking (CT) has established itself as key 21st-century cognitive literacy, yet in early childhood education its curricular integration tends to be underspecified and frequently equated with digital robotics. This paper presents Pinballa, an unplugged manipulative play-based proposal fostering CT —sequencing, hypothesis formulation, and debugging— in a free-choice setting with teacher scaffolding. An observational case study with a mixed-methods approach was adopted (n=8; 4–5 years; 15 sessions; rural school), using quantitative performance logs (325 throws), field notes, and a competency rubric aligned with Decree 75/2023 of the Basque curriculum. Results reveal a transition from random exploratory strategies to algorithmic planning, with a success rate increase from 4.0% to 39.3%, a peak of 69.2% on Day 8, and a significant drop in the concurrency phase (10.0%). The rubric evidences notable development in hypothesis formulation (87.5% excellent) and sequencing (62.5% excellent). It is concluded that CT can be effectively developed in early childhood through unplugged proposals, provided a pedagogical continuum and teacher scaffolding based on productive questioning are in place.

KEYWORDS: computational thinking; early childhood education; unplugged; play; competency rubric

MARCO TEÓRICO Y FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

El Pensamiento Computacional como nueva alfabetización

El pensamiento computacional (PC) ha sido definido como el conjunto de procesos cognitivos implicados en la formulación de problemas y el diseño de soluciones que pueden ejecutarse de forma sistemática (Wing, 2006). Más allá de su vinculación con la programación, sitúa al mismo nivel que la

lectura, la escritura o las matemáticas como una "nueva alfabetización" (Zapata-Ros, 2015). El marco de Brennan y Resnick (2012) distingue tres dimensiones: conceptos (secuencias, bucles, eventos), prácticas (depuración, descomposición, diseño iterativo) y perspectivas (perseverancia, autonomía). Investigaciones recientes para Educación Infantil (Zeng et al., 2023), basadas en la revisión sistemática de 42 estudios empíricos, han identificado qué componentes del PC son apropiados para esta etapa, confirmando la idoneidad de la secuenciación, el reconocimiento de patrones, la depuración y la descomposición de problemas mediante manipulación tangible.

El PC en el currículo vasco y el vacío conceptual

El Decreto 75/2023 del País Vasco incorpora explícitamente el PC en el Área 2 («Descubrimiento y exploración del entorno»), concretamente en el criterio de evaluación 2.5, que establece la capacidad de «programar secuencias de acciones o instrucciones en tareas analógicas y digitales». Sin embargo, la normativa no proporciona orientaciones metodológicas precisas para su implementación progresiva, lo que favorece interpretaciones tecnocéntricas que identifican el PC exclusivamente con el uso de dispositivos digitales o robots de suelo (Álvarez-Herrero, 2020), ignorando las posibilidades del pensamiento lógico-manipulativo. Esta falta de concreción constituye uno de los problemas de fondo que motiva la presente investigación. Aunque el Decreto 75/2023 sitúa explícitamente el PC en el Área 2, la presente investigación parte de una interpretación transversal del pensamiento computacional en Educación Infantil. La secuenciación, la formulación de hipótesis, la coordinación motriz y la verbalización de estrategias implican simultáneamente dimensiones cognitivas, comunicativas y psicomotrices distribuidas entre las tres áreas curriculares. En este sentido, el denominado "vacío conceptual" no se refiere únicamente a la ausencia de orientaciones metodológicas, sino también a la limitada explicitación de cómo el PC puede articularse de forma integrada dentro del currículo infantil.

El enfoque unplugged y el continuum pedagógico

Las propuestas unplugged permiten trabajar la lógica computacional sin hardware digital, reduciendo la carga cognitiva de las interfaces tecnológicas y alineándose con el juego manipulativo como motor esencial del aprendizaje en EI (Bati, 2021; Chen et al., 2023). Para que sean educativamente efectivas, deben situarse en un continuum pedagógico (Education Endowment Foundation [EEF], 2023): un gradiente que va desde el juego libre hasta la instrucción directa, permitiendo que el alumnado transite de forma progresiva hacia formas más complejas de pensamiento bajo andamiaje docente intencional. Este principio es estructurante en el diseño de Pinballa, donde cada fase incrementa deliberadamente la complejidad cognitiva.

Las preguntas productivas y la mediación docente

El PC en EI no emerge de forma espontánea: es detonado por la acción didáctica del profesorado (Bers, 2018). Siguiendo a Martens (1999) y Dengler (2009), las preguntas productivas —de focalización, comparación, acción, predicción y razonamiento causal— actúan como puente entre la manipulación física y la conceptualización. Bargiela et al. (2022) han demostrado su eficacia específica para activar la inferencia y la explicación en ciencias de EI. El principio rector es intervenir sin interferir (Pedreira, 2018): acompañar el descubrimiento del niño sin anticipar soluciones adultas, fomentando la autonomía y la depuración como proceso reflexivo propio.

A partir del marco teórico expuesto, la investigación se orienta en torno a dos preguntas: (1) ¿Puede el alumnado de Educación Infantil (4-5 años) desarrollar componentes del pensamiento computacional —secuenciación, depuración y formulación de hipótesis— mediante una propuesta unplugged basada en el juego manipulativo? (2) ¿Qué papel juega el andamiaje docente mediante preguntas productivas en la transición desde la exploración aleatoria hacia la planificación algorítmica?

MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño y contexto

Se adopta un estudio de caso instrumental con enfoque mixto, basado en la metodología observacional sistemática (Anguera et al., 2020). La investigación se llevó a cabo en la escuela pública rural Imaz Bertsolaria (Altzo, Gipuzkoa), perteneciente a la red Eskola Txikiak con metodología constructivista centrada en el juego y el movimiento autónomo. Participaron 8 alumnos de 4 y 5 años (5 niños: M1-M5, y 3 niñas: N1-N3). La intervención tuvo lugar en el rincón de construcciones, en sesiones de 30-45 minutos a lo largo de 15 días lectivos, dentro del tiempo de juego por rincones. La participación fue voluntaria y de libre elección, con un máximo de 3 alumnos simultáneos.

La propuesta Pinballa y sus fases

Pinballa es una plataforma de madera inclinada (20°, 172 cm de longitud) con 51 cilindros fijos distribuidos en 11 filas (Figura 1). El reto consiste en dirigir cada una de las 5 bolas de colores a su casilla objetivo diseñando rutas físicas mediante elementos manipulativos: un algoritmo tangible y observable. La intervención se estructuró en cuatro fases de complejidad creciente:

- F1 — Exploración libre e individual (días 1-5): activación de ideas previas mediante galería inicial y observación no participante. Rol docente activo exclusivamente para preguntas de focalización.
- F2 — Algoritmos con materiales del aula (días 5-9): uso de piezas de madera del rincón de construcciones para diseñar caminos dirigidos. Transición de la exploración al diseño algorítmico.
- F3 — Control de flujo con gomas elásticas (días 10-13): incorporación de gomas para generar tensiones, rebotes y formas geométricas. Mayor abstracción y lenguaje técnico.
- F4 — Concurrencia (días 14-15): reto de diseñar las 5 rutas simultáneamente para lanzar todas las bolas a la vez. Desafío cognitivo máximo.

Figura 1: Estructura de madera Pinballa para el juego infantil

Instrumentos y rigor metodológico

Se emplearon tres instrumentos complementarios: (1) registro cuantitativo diario de lanzamientos y logros (clasificados como: fuera del tablero, dentro del tablero pero fuera de la casilla propia, y en la casilla propia), con un total de 325 lanzamientos registrados; (2) cuaderno de campo con registro etnográfico de estrategias, hipótesis verbalizadas, incidentes críticos y muestras de habla de cada sesión; y (3) una rúbrica competencial post-intervención con 11 indicadores de las tres áreas curriculares del Decreto 75/2023, con escala. El rigor se garantizó mediante triangulación de datos cuantitativos y cualitativos, sistematización del registro longitudinal y coherencia con el marco teórico. El cuaderno de campo incorporó identificadores individuales (M1–M5; N1–N3), lo que permitió analizar trayectorias evolutivas específicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de las estrategias y planificación algorítmica

Los datos cuantitativos y cualitativos revelan una progresión clara, no lineal, desde la exploración aleatoria hacia la planificación algorítmica (Tabla 1).

Tabla 1. Evolución de los logros en los lanzamientos por fase.

Fase	Días	Lanzamientos	Logros	Tasa de éxito
F1 Exploración libre	1-5	100	4	4,0%
F2 Algoritmos con maderas	6-9	135	53	39,3%
F3 Control de flujo (gomas)	10-13	70	27	38,6%
F4 Concurrencia	14-15	20	2	10,0%
TOTAL	15	325	86	26,5%

En la F1, las acciones fueron puramente exploratorias: los alumnos lanzaban las bolas sin diseño previo, centraban el problema únicamente en el punto de lanzamiento *"si lo tiro por en medio tal vez no se salga"* (M3, Día 1)— y reconstruían todo desde cero tras cada error. La tasa de éxito fue del 4,0%. La F2 marcó la aparición del diseño algorítmico: los alumnos comenzaron a construir barreras laterales para evitar que la bola saliera (depuración preventivo), a descomponer el problema en pasos *"primero hago tres caminos, luego los otros dos"* (M4, Día 6)— y a coordinar tareas de forma espontánea. El Día 8 constituyó el hito máximo de todo el estudio, con 36 logros sobre 61 lanzamientos (69,2%). En esa sesión, cuatro alumnos construyeron colectivamente un sistema de caminos paralelos, distribuyéndose roles sin intervención adulta directa: uno lanzaba, otro avisaba de apertura, otro cerraba el bloqueo. Este episodio evidencia la zona de desarrollo próximo del grupo y la capacidad de concurrencia básica cuando la complejidad es controlada.

En la F3, las gomas elásticas impulsaron la abstracción: los alumnos identificaron patrones físicos generalizables (M3, Día 13, *«ya sé cómo pasan las bolas la goma: cuanto más cerca del suelo, más fácil saltan»*) y ajustaron las soluciones sin reconstrucción total. La tasa se mantuvo en un 38,6%, consolidando el pensamiento lógico. En F4, la planificación simultánea de 5 rutas independientes sobrepasó la memoria de trabajo de niños de 4-5 años, cayendo el éxito al 10,0%, en línea con los hallazgos de Zeng et al. (2023) sobre los límites cognitivos de la concurrencia en edades tempranas.

Rúbrica competencial y evaluación del PC

Con el fin de complementar la primera pregunta de investigación desde una perspectiva curricular y competencial, se analizó también el impacto transversal de la propuesta mediante la rúbrica post-intervención alineada con el Decreto 75/2023. La rúbrica competencial post-intervención constata que Pinballa promovió un desarrollo integral y transversal (Tabla 2). El 100% del alumnado alcanzó el nivel excelente en coordinación motora fina, confirmando la integración indisoluble entre acción física y pensamiento en EI. El 87,5% logró el nivel excelente en formulación de hipótesis, evidenciando una cultura de ensayo-error legitimada donde predecir trayectorias era parte normalizada del proceso. En secuenciación y PC (CE 2.5), el 62,5% obtuvo resultados excelentes, confirmando la abordabilidad de la lógica algorítmica en esta etapa mediante materiales analógicos y su alineación explícita con el Decreto 75/2023. El lenguaje oral alcanzó un 75% de excelencia, señalando que la verbalización de hipótesis y el debate entre iguales constituyeron vectores esenciales del aprendizaje.

Tabla 2. Síntesis de resultados destacados de la rúbrica competencial (n=8).

Indicador (Decreto 75/2023)	Área curricular	% Excelente
CE 1.3 — Coordinación motora fina	Área 1	100%
CE 2.3 — Formulación de hipótesis	Área 2	87,5%
CE 2.5 — Secuenciación / PC	Área 2	62,5%
CE 2.4 — Estrategias creativas y autonomía	Área 2	37,5%
CE 3.1 — Lenguaje oral / expresión de ideas	Área 3	75%

El resultado más bajo (CE 2.4, Estrategias creativas, 37,5% excelente) refleja que algunos alumnos dependieron de soluciones propuestas por los pares antes de generar las propias. Este dato, más que un déficit, indica que la co-construcción del conocimiento fue un mecanismo activo: el alumnado resolvió los retos a través de la negociación y la transferencia de ideas entre iguales, lo que constituye en sí mismo una dimensión del PC (perspectiva «conectar», en Brennan y Resnick, 2012).

Rol docente: preguntas productivas como andamiaje

Si bien el análisis pormenorizado de las interacciones docente-alumnado constituye el tercer resultado del trabajo original, su influencia resultó determinante en la evolución descrita. Las intervenciones verbales del docente se redujeron progresivamente —de un promedio de 18 por sesión en F1 a 5 en F4— fomentando la autonomía. Las preguntas productivas (Bargiela, 2022; Martens, 1999; Dengler, 2009) operaron en tres niveles: focalización («¿Dónde ves el problema?»), acción ("¿Qué pasaría si lo lanzas desde aquí?") y razonamiento causal («¿Por qué crees que pasa eso?»). Un episodio revelador fue el «debate de los saltos» (Día 13, M3 y M5): ante la discrepancia sobre si incluir gomas horizontales ayudaba, el docente preguntó «¿Cómo podemos saber quién tiene razón?», lo que derivó en una secuencia de depuración autónoma basado en la evidencia empírica, con tres ensayos comparativos y una conclusión colectiva validada por los propios alumnos.

IMPLICACIONES Y RELEVANCIA PARA LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

El PC como extensión del pensamiento científico en EI

Esta investigación demuestra que el PC en EI es una extensión natural del pensamiento científico: observar, hipotetizar, ejecutar, comprobar y depurar son procesos compartidos. Pinballa funciona como un sistema de ingeniería en miniatura donde el algoritmo —la ruta física— y el error son visibles y manipulables, a diferencia de los robots programables donde el código es interno e invisible. Esta tangibilidad tiene valor pedagógico específico: hace explícita la relación causa-efecto y facilita la reflexión metacognitiva del alumnado de 4-5 años (Bati, 2021; Chen et al., 2023). El descenso en F4 no es un fracaso de la propuesta sino un hallazgo didáctico preciso: señala dónde termina la zona de desarrollo próximo del grupo y dónde debe empezar la siguiente propuesta.

Recomendaciones para la práctica docente

Los resultados permiten formular tres recomendaciones concretas para el profesorado de EI:

- Priorizar la formación docente en PC (conocimiento didáctico del contenido) sobre la inversión en hardware. Los datos muestran que lo determinante no es el material sino la capacidad del docente para identificar procesos computacionales, calibrar preguntas y ajustar la complejidad en tiempo real.
- Tratar el error como motor de aprendizaje. Un ambiente donde el adulto corrige el error directamente elimina la depuración (debugging) y la perseverancia como prácticas cognitivas, privando al alumnado del proceso más formativo de la intervención.
- Diseñar tareas con complejidad progresiva y evitar la simultaneidad de rutas prematura. Los datos de F4 revelan que planificar 5 rutas simultáneas con gomas elásticas excede la memoria de trabajo de niños de 4-5 años. Para esta etapa, se recomienda consolidar la planificación lineal antes de abordar la concurrencia.

Pinballa demuestra que cumplir el CE 2.5 del Decreto 75/2023 es posible con materiales de fabricación artesanal y muy bajo coste, garantizando equidad en el acceso a la alfabetización computacional mediante el juego colaborativo.

CONCLUSIONES

La propuesta Pinballa demuestra que el pensamiento computacional puede desarrollarse eficazmente en Educación Infantil sin dispositivos digitales. La evolución observada a lo largo de las 15 sesiones (desde lanzamientos aleatorios hasta el diseño colaborativo de caminos paralelos en el Día 8 y la identificación autónoma de patrones físicos en F3) confirma que el alumnado de 4-5 años es capaz de transitar hacia formas de planificación algorítmica cuando el diseño didáctico es progresivo, intencional y bien andamiado. La rúbrica competencial evidencia un impacto transversal que abarca dimensiones motoras, cognitivas y comunicativas, todas alineadas con el Decreto 75/2023.

Sin embargo, estos resultados también subrayan que el desarrollo del PC no es automático: requiere un continuo pedagógico estructurado, un docente con conocimiento didáctico del contenido computacional, y preguntas productivas que transformen el juego libre en experiencia de aprendizaje significativa. El límite cognitivo observado en F4 no es un obstáculo sino una información valiosa: indica que el diseño de la siguiente propuesta debe consolidar primero la planificación lineal antes de introducir la concurrencia. En este sentido, Pinballa funciona tanto como propuesta didáctica como como instrumento de diagnóstico del desarrollo computacional en la etapa infantil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez-Herrero, J. F. (2020). Pensamiento computacional en Educación Infantil, más allá de los robots de suelo. En F. J. Hinojo, J. A. Marín, & J. A. López (Coords.), Pensamiento computacional en la educación infantil (pp. 45-60). Octaedro.

Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., & Sánchez-Algarra, P. (2020). Integración de elementos cualitativos y cuantitativos en metodología observacional. *Ámbitos. Revista Internacional De Comunicación*, (49), 49–70. https://doi.org/10.12795/Ambitos.2020.i49.04

Bargiela, I. M., Blanco Anaya, P., & Puig, B. (2022). Las preguntas para la indagación y activación de pensamiento crítico en educación infantil. Enseñanza de las Ciencias, 40(3), 11-28. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5470

Bati, K. (2021). Computational thinking through unplugged activities in early years of primary education. Computers & Education, 164, 104121. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104121

Bers, M. U. (2018). Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom. Routledge.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking [Comunicación en congreso]. AERA 2012, Vancouver, Canadá.

Chen, P., Yang, D., Metwally, A. H. S., Lavonen, J., & Wang, X. (2023). Fostering computational thinking through unplugged activities: A systematic literature review and meta-analysis. International Journal of STEM Education, 10(47). https://doi.org/10.1186/s40594-023-00434-7

Decreto 75/2023, de 30 de mayo, por el que se establece el currículo de Educación Infantil y se implanta en la Comunidad Autónoma de Euskadi. Boletín Oficial del País Vasco, 109. https://www.euskadi.eus/bopv2/datos/2023/06/2302727a.pdf

Dengler, R. A. (2009). The use of productive questions in the early childhood classroom [Tesis de máster]. University of Northern Iowa.

Education Endowment Foundation. (2023). Early years evidence store. https://educationendowmentfoundation.org.uk/early-years

Martens, M. L. (1999). Productive questions: Tools for supporting constructivist learning. Science and Children, 36(8), 24-27.

Pedreira, M. (2018). Intervenir, no interferir: El adulto y los procesos de aprendizaje. Aula de Infantil, 96, 9-13.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. Revista de Educación a Distancia, 46. https://doi.org/10.6018/red/46/4

Zeng, Y., Yang, W., & Bautista, A. (2023). Computational thinking in early childhood education: Reviewing the literature and redeveloping the three-dimensional framework. Educational Research Review, 39, 100520. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100520

Evaluación de emergentes como oportunidad formativa en la formación inicial del profesorado

M. Carmen Lozano-Francisco[(1)], Juliana Valencia Ruiz[(1)] y Maria del Carmen Acebal[(1)]

[(1)]Departamento de didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga, España.

*Correspondencia: mclozano@uma.es

RESUMEN: Este trabajo analiza el uso de los emergentes como recurso en la formación inicial del profesorado mediante la aplicación del modelo FAIR (Focalizar–Analizar–Interpretar–Responder). Se parte de la idea de «actitud de alerta» como competencia clave para que el profesorado sea capaz de identificar acontecimientos inesperados del contexto social y transformarlos en oportunidades de aprendizaje significativo. La experiencia se desarrolló con alumnado de tercer curso del grado en Educación Primaria, quienes, organizados en grupos, seleccionaron noticias de actualidad y las analizaron desde una perspectiva pedagógica. Entre ellas, debido a su potencial didáctico y para facilitar la evaluación del proceso formativo se seleccionó la noticia de «la niña lobo de Coín» con gran difusión mediática en ese momento. La intervención se estructuró siguiendo las fases del modelo FAIR y se evaluó mediante una rúbrica que contempla las cuatro dimensiones del modelo. Los resultados muestran que el alumnado obtiene un mayor nivel de logro en las dimensiones de atribución e integración, mientras que se observan dificultades en la detección inicial de emergentes y en la capacidad de reorientar la práctica docente. En conjunto, los hallazgos ponen de manifiesto el potencial de los emergentes como recurso didáctico para promover competencias profesionales vinculadas con la interpretación pedagógica de la realidad, así como la utilidad del modelo FAIR como herramienta de formación y evaluación docente en contextos de enseñanza de las ciencias.

PALABRAS CLAVE: emergentes; formación del profesorado; enseñanza de las ciencias; aprendizaje contextualizado.

ABSTRACT: This study analyses the use of emerging issues as a resource in initial teacher training through the application of the FAIR model (Focus–Analyse–Interpret–Respond). It is based on the concept of 'alertness' as a key competence enabling teachers to identify unexpected events in the social context and transform them into opportunities for meaningful learning. The experiment was carried out with third-year students on the degree in Primary Education, who, organised into groups, selected current news stories and analysed them from a pedagogical perspective. Among these, due to its educational potential and to facilitate the evaluation of the training process, the story of 'the wolf girl of Coín' – which was receiving widespread media coverage at the time – was selected. The intervention was structured according to the phases of the FAIR model and was assessed using a rubric that covers the four dimensions of the model. The results show that students achieved a higher level of success in the dimensions of attribution and integration, whilst difficulties were observed in the initial detection of emergent issues and in the ability to reorient teaching practice. Overall, the findings highlight the potential of emergents as a teaching resource for promoting professional competences linked to the pedagogical interpretation of reality, as well as the usefulness of the FAIR model as a tool for teacher training and assessment in science education contexts.

KEYWORDS: emerging issues; teacher training; science education; contextualised learning.

INTRODUCCIÓN

En la formación inicial docente, una de las competencias profesionales clave consiste en desarrollar la capacidad de interpretar pedagógicamente situaciones inesperadas que surgen en el contexto educativo o social. Estos emergentes, pueden convertirse en oportunidades didácticas cuando el profesorado es capaz de reconocer su potencial formativo e integrarlos en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Acebal, 2026).

Desde esta perspectiva, la práctica docente requiere una disposición profesional que puede describirse como una actitud de alerta ante los emergentes, entendida como la capacidad de identificar acontecimientos significativos del contexto, analizarlos desde un enfoque educativo y transformarlos en situaciones de aprendizaje. Esta actitud implica concebir la enseñanza no únicamente como la aplicación de secuencias previamente planificadas, sino como una práctica flexible que integra elementos del entorno social, cultural o mediático que pueden resultar especialmente significativos para el alumnado.

Con el fin de conceptualizar este proceso, en este trabajo se adopta el modelo FAIR (Focalizar–Analizar–Interpretar–Responder) que describe cómo el profesorado puede transformar un acontecimiento emergente en una oportunidad educativa mediante un proceso cíclico de interpretación y acción pedagógica. Este modelo, desarrollado recientemente en el ámbito de la formación docente en didáctica de las ciencias (Acebal, 2026), propone cuatro procesos interrelacionados.

En primer lugar, el docente focaliza su atención en un acontecimiento relevante que irrumpe en el contexto educativo o social y despierta interés o plantea interrogantes. Esta fase implica una percepción activa que permite reconocer el potencial didáctico de situaciones que inicialmente pueden parecer externas al currículo.

En una segunda fase, el profesorado procede a analizar el fenómeno y atribuirle significado, explorando sus distintas dimensiones y valorando su posible relevancia educativa. Este proceso supone considerar aspectos científicos, sociales, ambientales o culturales que permitan comprender el emergente en su complejidad.

Posteriormente, el docente interpreta el emergente desde una perspectiva pedagógica, estableciendo conexiones con los contenidos curriculares, los objetivos de aprendizaje y las necesidades del alumnado. Este proceso permite integrar el emergente en la dinámica del aula, transformándolo en una oportunidad para promover procesos de indagación y aprendizaje contextualizado.

Finalmente, el profesorado desarrolla una respuesta educativa, adaptando o reorientando la planificación didáctica para incorporar el emergente en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Esta fase implica flexibilidad pedagógica y capacidad de adaptación para diseñar estrategias que permitan aprovechar el potencial formativo de la situación detectada.

Un ejemplo de este tipo de situaciones lo constituyó la difusión mediática del caso conocido como la "niña lobo" en Coín, que generó diversas interpretaciones y debates en la esfera pública (Cano, 2024).

En el ámbito educativo, un emergente de estas características permite abrir múltiples líneas de reflexión y aprendizaje. Desde la perspectiva pedagógica, plantea cuestiones relacionadas con la inclusión educativa y la acogida en el aula de alumnado con trayectorias vitales complejas (Carvajal Ruiz y Romaña Bustamante, 2025).

Desde el punto de vista científico y ambiental, permite abordar interrogantes sobre la supervivencia en el medio natural, las relaciones entre los seres humanos y el ecosistema o las adaptaciones necesarias para desenvolverse en determinados entornos (Gil-Pérez y Vilches, 2004).

El objetivo de este trabajo es evaluar mediante una rúbrica el nivel de desarrollo de las competencias que muestra el profesorado en formación inicial ante un emergente, utilizando, el caso mencionado anteriormente como punto de partida para promover el análisis pedagógico de la situación y el diseño de posibles respuestas educativas. A partir de este emergente, el alumnado exploró tanto las estrategias de inclusión que podrían aplicarse en un aula de primaria como las dimensiones científicas y ambientales relacionadas con la posible supervivencia en el medio natural.

De este modo, el trabajo con emergentes se plantea como un recurso formativo que permite al futuro profesorado desarrollar competencias vinculadas con la interpretación pedagógica de la realidad, la integración de perspectivas interdisciplinarias y la construcción de respuestas educativas contextualizadas.

METODOLOGÍA: DEL MARCO TEÓRICO A LA EXPERIENCIA FORMATIVA

La experiencia se estructuró siguiendo las fases del modelo FAIR, promoviendo que el alumnado identificará el emergente, analizará sus diferentes dimensiones, interpretará su relevancia pedagógica y elaborará propuestas didácticas orientadas a integrar el fenómeno en el contexto educativo.

En este sentido, se propuso al alumnado de la asignatura de Enseñanza de las Ciencias (3º curso del Grado en Educación Primaria), organizados en 14 grupos de trabajo durante el curso 2023-2024, que seleccionara aquellas noticias de reciente publicación que consideraran de mayor interés o más significativas por su contenido, su implicación en la sociedad y su conexión con la ciencia.

Las noticias escogidas por el alumnado mostraron aquellos temas que más preocupaban, consideraban relevante o afectaban más directamente y de forma inmediata a la sociedad y que tenían importancia para el ámbito educativo.

Estas se pueden encuadrar en tres grandes temáticas: salud/salud mental (propuestas por dos grupos de trabajo), cambio climático y sus implicaciones (borrascas, incendios, pérdida de biodiversidad, pérdida de hábitat) (11 grupos) y fake news/libertad digital (un grupo). Por tanto, aproximadamente al 79% del alumnado le preocupaba, y eligió como emergentes, temas relacionados con el medio ambiente, tanto desde un punto de vista del cambio climático como desde la educación ambiental (figura 1).

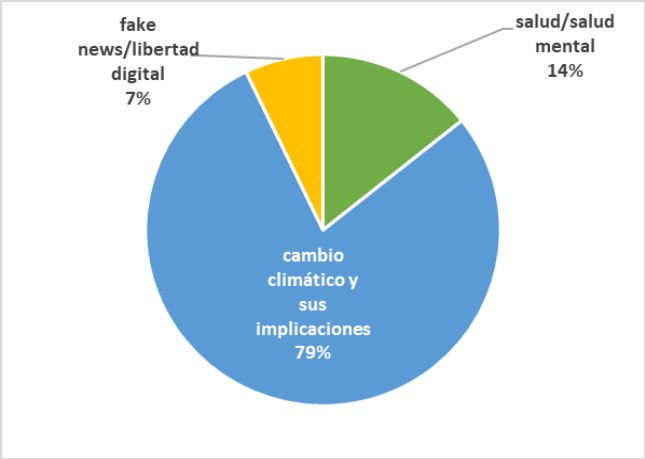


Figura 1. Diagrama de sectores donde se expresan los porcentajes de emergentes según el tema seleccionado por el alumnado de 3º curso del Grado en Educación Primaria.

Para facilitar la evaluación del proceso formativo se les indicó que seleccionaran aquel emergente que consideraban de mayor interés y potencial pedagógico. La selección fue «la niña lobo de Coín» con gran difusión mediática en ese momento.

Una vez localizado el emergente el alumnado procedió a analizarlo desde un punto de vista pedagógico, se estableció la conexión con el currículo identificando los conceptos científicos relacionados, procedimientos y actitudes científicas y hacia la ciencia. Posteriormente se realizó la adaptación pedagógica, proponiendo actividades donde se plantean posibles escenarios y soluciones al problema conectando el potencial formativo de la actividad para transmitir los conceptos implicados.

La evaluación se realizó mediante una rúbrica propia (Acebal, en revisión) fundamentada en el modelo FAIR (Acebal, 2026). Esta rúbrica permite evaluar los cuatro criterios o dimensiones (FAIR): focalizar (F), atribuir (A), integrar (I) y reorientar (R). Con cuatro niveles de logro: inicial (1), en desarrollo (2), competente (3), avanzado/experto (4).

RESULTADOS

Una vez evaluados los informes elaborados por los 14 grupos de trabajo para el emergente seleccionado, se obtuvieron los siguientes resultados (figura 2): para el criterio Focalizar, es decir, la atención y sensibilidad mostrada ante los emergentes, 13 de los 14 grupos (92,86%) se encontraban en nivel de logro 2 (en desarrollo). Respecto al criterio Atribuir significado (interpretación y valoración pedagógica), el 42,85% (4 grupos) en nivel de logro 2 (en desarrollo). En cuanto al criterio Integrar (articulación y flexibilidad didáctica) el 50% de los grupos presentaba un nivel de logro 3 (competente). Por último, en el criterio Reorientar (reflexión y acción transformadora), el 64,28% del alumnado presentaba un nivel inicial (1).

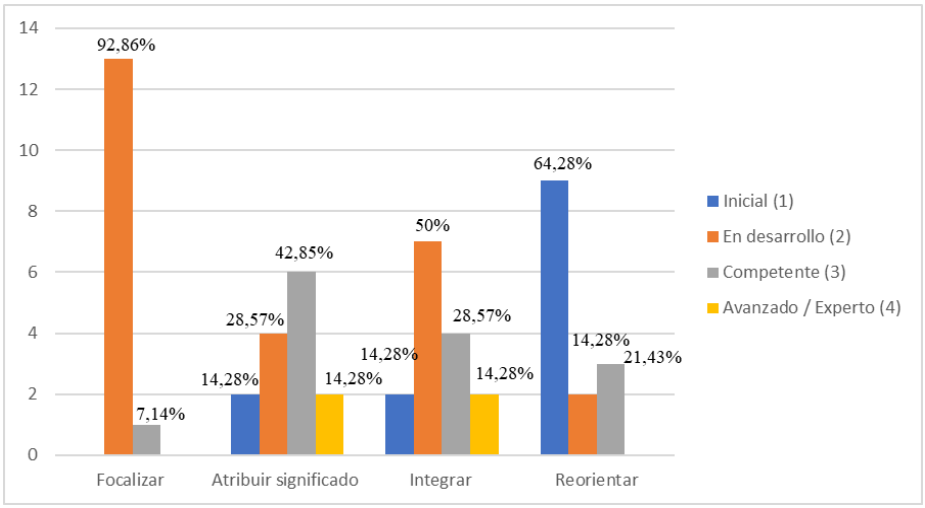


Figura 2. Gráfico de columnas agrupadas donde se representan los niveles de logro alcanzados por los 14 grupos participantes para cada una de las dimensiones FAIR.

Debemos tener en cuenta a la hora de analizar la dimensión Focalizar, es decir, atención a los emergentes para su aplicación docente, que fue una tarea propuesta por el profesorado dentro las actividades correspondientes al temario de la asignatura y por lo tanto la mayoría de los grupos se encontraban en una fase de desarrollo. Una vez se comenzó a trabajar con el emergente, en todos los casos, para las otras dimensiones, aproximadamente la mitad de los grupos presentaban un nivel competente para la dimensión Atribuir y en desarrollo para la dimensión Integrar. Respecto a la dimensión Reorientar, es decir, identificar oportunidades y reformular estrategias de aprendizaje la mayor parte del alumnado (el 64,28% de los grupos) se encontraban en una fase inicial.

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian el potencial de los emergentes como recurso formativo en la formación inicial del profesorado, permitiendo desarrollar competencias vinculadas con la interpretación pedagógica de la realidad y la integración de contextos relevantes en la enseñanza. La aplicación del modelo FAIR en el aula, muestra un predominio de las dimensiones Atribuir significado e Integrar, lo que sitúa al alumnado en un perfil de docente analítico con desarrollo profesional intermedio, coherente con su etapa formativa.

El caso de la «niña lobo» ha demostrado ser un emergente potente, al posibilitar la articulación de aspectos pedagógicos, sociales y científico-ambientales, así como la reflexión sobre la inclusión educativa y la adaptación al contexto. Su uso ha favorecido la construcción de propuestas didácticas contextualizadas y con alto potencial interdisciplinar.

No obstante, se identifican mayores dificultades en las dimensiones de Focalizar y, especialmente, de Reorientar, lo que pone de manifiesto la necesidad de reforzar en la formación docente la capacidad de detectar emergentes y transformarlos en respuestas educativas flexibles, proporcionando así un marco contextualizado a sus futuros estudiantes.

En conjunto, el estudio confirma la utilidad del modelo FAIR como herramienta para la formación y evaluación docente, así como la relevancia de promover una actitud de alerta ante los emergentes como base para una enseñanza contextualizada y significativa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos: I+D+i PID2023-147028NB-I00 "STE(A)M y CIUDADANÍA. Desarrollo con procesos de indagación y argumentación en la formación del docente de ciencias y su enseñanza. Estudio identitario, entornos y género (EduCA-STE(A)M)" financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acebal, M. C. (2026). La actitud de alerta a emergentes para enseñar ciencias. *Alambique*, 124 (en prensa).

Acebal, M. C. (en revisión). Rúbrica FAIR para evaluar la actitud de alerta a emergentes en la formación docente.

Cano, J. (2024). Niños lobo: rescatan en Málaga a una menor que se crio en un bosque en Suiza sin contacto con la sociedad. *Diario Sur.* *https://www.diariosur.es/sucesos/ninoslobo-rescatan-malaga-menor-crio-bosque-suiza-20240507181916-nt.html?ref=https%3A%2F%2F y www.diariosur.es%2Fsucesos%2Fninoslobo-rescatan-malaga-menor-crio-bosque-suiza-20240507181916-nt.html%3Fref%3Dhttps%3A%2F%2Fwww.diariosur.es%2Fsucesos%2Fninoslobo-rescatan-malaga-menor-crio-bosque-suiza-20240507181916-nt.htm*

Carvajal Ruiz, N. J. y Romaña Bustamante, T. A. (2025). Inclusión y Diversidad en el Aula, Estrategia para atender estudiantes con Necesidades Educativas Especiales: Revisión de la literatura. Saber Ser, 2(1), 53-75. https://doi.org/10.35997/saberse.v2il.40

Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2004). La contribución de la educación científica a la cultura ciudadana. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3–16.

Evaluación de una propuesta didáctica basada en la modelización para mejorar la comprensión de la expresión génica

Adolfo Carrasco-Sánchez, Elena Blanco-Alcaina, Gabriel Enrique Ayuso-Fernández y Francisco Javier Robles-Moral

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España

*Correspondencia: adolfo.carrascos@um.es,

RESUMEN: La genética presenta una gran relevancia social y un importante auge a nivel científico en la actualidad. Sin embargo, en el contexto educativo no se cursa de forma obligatoria y es uno de los contenidos con mayor dificultad. Este trabajo pretende analizar los conocimientos de genética de un grupo de 16-18 años, el proceso de enseñanza-aprendizaje de una propuesta didáctica de expresión génica y su regulación - basada en la práctica científica de modelización y la controversia socio-científica (CSC) de intolerancia a la lactosa - y los conocimientos tras su puesta en práctica. Para ello se han diseñado e implementado un pretest, una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) y un postest. Además, se ha evaluado por observación mediante un diario del profesor y por la valoración del alumnado mediante una encuesta anónima. El estudio permitió identificar que la mayoría del alumnado compartía concepciones previamente descritas en la literatura; además, el proceso de enseñanza-aprendizaje generó una alta motivación y, en términos generales, facilitó la comprensión del contenido. Por otra parte, tras la implementación de la propuesta, se observó una mejora en distintos niveles de conocimiento.

PALABRAS CLAVE: modelización; controversia socio-científica (CSC); expresión génica; regulación de la expresión génica

ABSTRACT: Genetics holds significant social relevance and is currently experiencing notable scientific growth. However, it is not a compulsory subject in the educational context and is considered one of the most challenging topics. This study aims to analyze the genetics knowledge of a group of 16–18-year-old students, the teaching-learning process of a didactic proposal on gene expression and its regulation - based on the scientific practice of modeling and the socio- scientific controversy (SSC) of lactose intolerance - and the knowledge acquired after its implementation. To this end, a pretest, a teaching-learning sequence (TLS), and a posttest were designed and implemented. In addition, the process was evaluated through teacher observations recorded in a teaching journal and student feedback collected via an anonymous survey. The study revealed that most students shared misconceptions previously described in the literature. Furthermore, the teaching-learning process generated high motivation and, overall, facilitated content comprehension. After the proposal's implementation, improvements were observed across various levels of knowledge.

KEYWORDS: modeling; socio-scientific controversy (SSC); gene expression; regulation of gene expression

INTRODUCCIÓN

La genética sigue siendo uno de los contenidos más complejos y menos comprendidos debido al carácter abstracto de los procesos moleculares, la necesidad de relacionar distintos niveles de organización biológica, y la persistencia de concepciones alternativas (Íñiguez y Puigcerver, 2013; Marbach-Ad y Stavy, 2000). En un momento que demanda una ciudadanía científicamente alfabetizada, se hace imprescindible replantear cómo se enseña la genética en las aulas (OECD, 2003; Balastegui et al., 2020).

El aprendizaje es un proceso activo en el que las prácticas científicas como la indagación, la

argumentación y la modelización adquieren un papel fundamental. Concretamente, la modelización destaca como una metodología especialmente indicada para trabajar contenidos complejos y abstractos como los de genética, ya que permite visualizar estos procesos y ayuda así a su comprensión (Couso et al., 2020). Además, el uso de Controversias Socio-Científicas (CSC) permite trabajar en un contexto cercano para el alumnado, facilitando que el estudiante ponga en valor la importancia del conocimiento y mejorando su motivación por aprender (Domènech-Casal, 2017).

Este trabajo se justifica, por tanto, por la necesidad de abordar la enseñanza de la expresión génica desde una perspectiva constructivista, integrando prácticas científicas que faciliten su comprensión en un contexto auténtico y socialmente relevante, atendiendo a las dificultades del alumnado. Esta propuesta didáctica se estructura en torno a una secuencia de enseñanza- aprendizaje (SEA) que utiliza la modelización como metodología principal para el aprendizaje de la expresión génica y su regulación, contextualizada en la CSC de la intolerancia a la lactosa.

PROBLEMAS E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación surge a partir de los problemas que enfrenta el alumnado al abordar el contenido de expresión génica. En base a esto, se han definido los aspectos que aborda esta investigación planteando el problema general: ¿Es posible mejorar la alfabetización científica en expresión génica del alumnado de 2º de Bachillerato utilizando la modelización y la CSC de intolerancia a la lactosa? En relación a este problema de investigación nos planteamos los siguientes subproblemas:

- Subproblema 1: ¿Qué conocimientos muestran los estudiantes de 2º de Bachillerato de la población de estudio sobre aspectos básicos de genética?
- Subproblema 2: ¿Contribuye el diseño de una Propuesta Didáctica basada en modelización y contextualizada en una CSC al proceso de enseñanza-aprendizaje de la expresión génica del alumnado de 2º de Bachillerato de la población de estudio?
- Subproblema 3: ¿Qué conocimientos muestran los estudiantes de 2º de Bachillerato de la población de estudio sobre aspectos básicos de genética tras realizar una intervención educativa basada en modelización y contextualizada en CSC para la enseñanza de la expresión génica?

Las hipótesis de investigación fueron definidas en base a los subproblemas planteados:

- Subhipótesis 1: Las dificultades de los estudiantes de 2º de Bachillerato de la población de estudio coincidirán con lo descrito por otros autores en publicaciones anteriores.
- Subhipótesis 2: El diseño de una Propuesta Didáctica basada en modelización y contextualizada en una CSC contribuirá al proceso de enseñanza-aprendizaje de expresión génica del alumnado de 2º de Bachillerato de la población de estudio.
- Subhipótesis 3: La modelización y el uso de CSC mejorará la alfabetización científica en expresión génica de los estudiantes de 2º de Bachillerato de la población de estudio.

METODOLOGÍA

Población de estudio

El estudio se llevó a cabo en un grupo de 2º de Bachillerato de un centro público de la Región de Murcia, situado en una pedanía del municipio de Murcia, en el curso académico 2024-2025. Se desarrolló en un grupo constituido por 16 alumnos con edades comprendidas entre 16 y 18 años, siendo 8 del género femenino y 8 del género masculino, en la asignatura de biología.

Diseño experimental

En este estudio se ha realizado un diseño preexperimental que se puso en práctica en un grupo al que se realizó un pretest y un postest, evaluando la propuesta didáctica diseñada e implementada.

Instrumentos de recogida de información

Para evaluar los conocimientos del alumnado se elaboró un cuestionario (pretest), se tuvieron en consideración las ideas previas del alumnado descritas en publicaciones. Para evaluar el aprendizaje tras la propuesta didáctica se realizó un postest. Tanto el pretest como el postest contenían las mismas cuestiones, presentando preguntas y respuestas en diferente orden y algún cambio en los ejemplos utilizados.

En la Tabla 1 se presenta la equivalencia entre las preguntas del pretest y las del postest, el contenido que aborda cada cuestión y el origen de las mismas.

Tabla 1. Contenido de las cuestiones del cuestionario (pretest y postest) y origen de las preguntas

Nº Cuestiones		Contenido específico	Origen
Pretest	Postest		
1	2	Presencia de diferente información hereditaria en distintos tipos de células	Banet y Ayuso (1995, 2000); González et al. (2017)
2	1	Presencia de información hereditaria en diferentes tipos celulares	Banet y Ayuso (1995, 2000)
3	7	Herencia de los genes asociados a caracteres	Banet y Ayuso (1995)
4	3	Secuencia de ADN idéntica en todas las células	Zudaire y Napal-Fraile (2020)
5	4	Expresión de información genética en diferentes células	Zudaire y Napal-Fraile (2020)
6	8	Reparto de la información génica en los procesos de división celular	Banet y Ayuso (1995, 2000)
7	6	Relación entre información génica heredada y enfermedad: gemelos	Zudaire y Napal-Fraile (2020)
8	5	Herencia de la información genética en gemelos	Zudaire y Napal-Fraile (2020)
9	12	Efectos de las mutaciones	González et al. (2017)
10	13	Herencia de las modificaciones epigenéticas	Elaboración propia
11	9	Relación entre gen y proteína	Elaboración propia
12	11	Relación entre proteína y función	Elaboración propia
13	10	Relación entre regulación de la expresión génica y proteína	Elaboración propia
14	14	Causa de la intolerancia a la lactosa	Elaboración propia
15	15	Conocimiento sobre lactasa y productos sin lactosa	Elaboración propia
16	16	Actitud hacia la salud asociada a la lactosa	Elaboración propia

Además, se incluyó en las fichas de las actividades de la secuencia preguntas dirigidas al alumnado para analizar el proceso de enseñanza-aprendizaje durante la propuesta y se siguió un diario del profesor para evaluar mediante observación el transcurso de las sesiones, contestando a varias preguntas guía. Así mismo, se diseñó una encuesta anónima que fue cumplimentada al finalizar la intervención educativa para analizar el grado de satisfacción del alumnado con la propuesta.

Propuesta didáctica

Los contenidos y las metodologías de trabajo seleccionadas nos permitieron un trabajo competencial con contenidos no solo conceptuales, sino también procedimentales y actitudinales, que se encuentran resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la propuesta

Contenido	Contenido de la propuesta didáctica
Conceptual	Etapas de la expresión génica: transcripción y traducción. Regulación de la expresión génica.
Procedimental	Modelización: construcción e interpretación de modelos. Resolución de problemas de expresión.
Actitudinal	Actitud hacia la salud relacionada con la intolerancia a la lactosa. Trabajo en equipo.

La secuencia de actividades de esta propuesta didáctica está constituida por 5 actividades descritas en la Tabla 3.

Tabla 3. Actividades de la secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA)

Actividad	Objetivo
Pretest	Explicitación de conocimientos del alumnado antes de la propuesta.
Actividad 1: "Modelos génicos magistrales"	Observar e interpretar los modelos físicos utilizados, estableciendo relaciones con las imágenes habituales de los libros de texto.
Actividad 2: "El dulzor de la leche"	Utilizar modelos para representar la expresión génica de la lactasa.
Actividad 3: "Nacer y vivir sin lactasa."	Aplicar el conocimiento sobre expresión génica de la lactasa y razonar sobre las consecuencias de las modificaciones genéticas.
Actividad 4: "Y tú, ¿cómo de intolerante eres?"	Interpretar modelos relacionados con la regulación de la expresión génica.
Actividad 5: "¡Tu microbiota es la leche!"	Analizar las diferencias en la expresión génica de eucariotas y procariotas. Razonar y aplicar los conocimientos trabajados en la propuesta.
Postest	Comprobar los conocimientos de los estudiantes tras la propuesta.

RESULTADOS

Cuestionarios sobre genética

Los resultados obtenidos en el pretest, en relación a las ideas previas del alumnado han sido analizados y contrastados con los obtenidos en el postest.

La pregunta 9 estaba relacionada con la cantidad de proteínas que puede producir un gen (Tabla 4). Se produjo un gran incremento en los aciertos de esta cuestión, pasando de tan solo un 16,7% en el pretest a un 78,6% en el postest, lo que muestra un gran cambio en esta idea.

Tabla 4. Respuestas de la pregunta 9 del postest y 11 del pretest

¿Cuántas proteínas puede producir un gen?	Pretest(n/%)	Postest (n/%)
Todas las proteínas se producen a partir de varios genes.	1 / 8,3%	2 / 14,3%
Todos los genes que tenemos producen una proteína con una función concreta.	4 / 33,3%	0 / 0%
Un gen puede producir tanto una como varias proteínas.	2 / 16,7%	11 / 78,6%
No estoy seguro de la respuesta.	5 / 41,7%	1 / 7,1%

Proceso de enseñanza-aprendizaje de la propuesta didáctica

La secuencia de actividades de la propuesta didáctica elaborada consistía en 5 actividades que se realizaron en 5 sesiones. La propuesta completa fue titulada "La leche que te dieron".

En la actividad 1 "Modelos génicos magistrales", se les entregaron modelos representativos de diferentes tipos celulares (Figura 1) que consistían en dos bolas de plástico, una exterior más grande que representaba la pared celular rotulada con el nombre específico de una célula (célula del ojo, célula de la piel, célula muscular, etc.), y una interior más pequeña que representaba el núcleo. En el interior del núcleo se encontraba un número representativo de cromosomas elaborados con limpiapipas, presentando cada par de cromosomas un color diferente. Se dejó tiempo al alumnado para establecer sus conclusiones y se hizo explícito verbalmente que todas las células del cuerpo tienen la misma información genética. De esta forma se abordó una de las dificultades del alumnado (Banet y Ayuso, 1995). Se les mostraron modelos celulares en los que se equipararon los cromosomas observados anteriormente con fragmentos de hilos del mismo color que estos cromosomas, que representaban el ADN en un bajo grado de condensación (Figura 2).

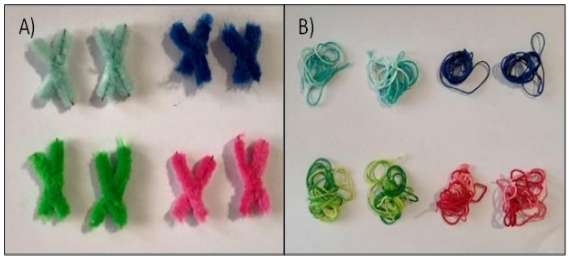


Figura 1. Modelos celulares con cromosomas

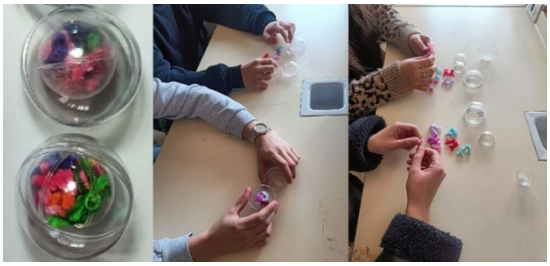


Figura 2. Modelos ADN replicación

La actividad 2, "El dulzor de la leche", tenía como objetivo desarrollar el contenido de expresión génica. Comenzó con un texto introductorio sobre el papel de la lactasa y la lactosa, que permitía aclarar estos conceptos e introducir la expresión génica. Las respuestas del alumnado a las cuestiones de este texto muestran una buena comprensión del texto. En la Figura 3 pueden encontrarse ejemplos de respuestas. Posteriormente, se mostró un modelo de lactosa construido con limpiapipas, formado por dos hexágonos de diferente color unidos que representaban una glucosa y una galactosa. La lactasa fue representada por unas tijeras (Figura 4**).**

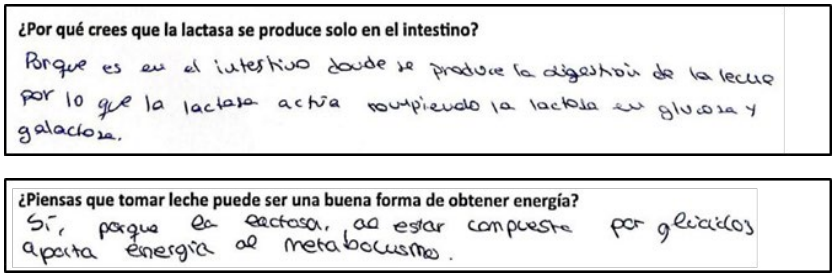


Figura 3. Respuestas de los alumnos/as

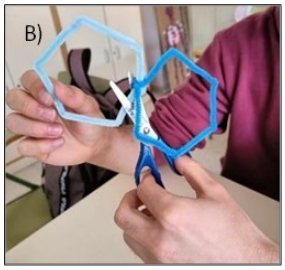


Figura 4. Modelo lactosa

La actividad 3, "Nacer y vivir sin lactasa", el objetivo era principalmente la aplicación del contenido de expresión génica. Se mostró el modelo de la lactasa elaborado con limpiapipas en el que se observaba como la proteína producida en la alactasia le faltaba un fragmento y por ello no podía acceder para ejercer su función (modelo llave-cerradura), como puede verse en la Figura 5.

La actividad 4 "Y tú, ¿cómo de intolerante eres?" tenía el objetivo de trabajar la regulación de la expresión génica. Se utilizaron modelos construidos con bloques de tente que representaban las regiones de regulación génica, y modelos del splicing alternativo (Figura 6).

Figura 5. Modelización de la alactasia congénita

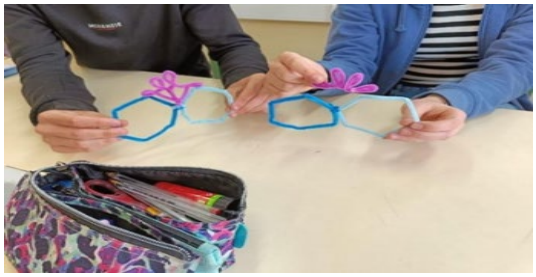


Figura 6. Modelo de regulación de un gen

Para finalizar, en la actividad 5 "¡Tu microbiota es la leche!" el alumnado recibió una ficha con información sobre el papel de la microbiota en la intolerancia a la lactosa.

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados de esta propuesta didáctica sugieren que es posible mejorar la alfabetización científica en expresión génica del alumnado de 2º de Bachillerato utilizando la modelización y la CSC de intolerancia a la lactosa. De forma más específica, hemos establecido las conclusiones en relación a los subproblemas y subhipótesis de estudio:

- El alumnado presenta dificultades similares a las descritas en otros estudios. Entre estas concepciones el alumnado presenta confusión acerca de la información genética, ADN, cromosoma,

gen y célula, y sus relaciones (Íñiguez y Puigcerver, 2013; Lewis y Wood-Robinson, 2000). Creen que cada célula contiene únicamente la información hereditaria para realizar su función, no entienden la relación de la división celular con la herencia genética, no comprenden la expresión génica y su regulación, y no tienen en cuenta los cambios epigenéticos (Banet y Ayuso, 1995; Lewis y Wood-Robinson, 2000; Zudaire y Napal-Fraile, 2020).

- Las prácticas científicas como la modelización resultan efectivas para la enseñanza de la expresión génica, y la contextualización de estas prácticas en una CSC mejora el interés del alumnado y su comprensión (Ageitos et al., 2017; Couso et al., 2020; Muñoz-Campos et al., 2020). Se logró una gran motivación y un buen seguimiento de las actividades del alumnado gracias a la modelización.

- Se consiguió una importante mejoría en los conocimientos del alumnado tras la propuesta didáctica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ageitos, N., Puig, B., y Calvo-Peña, X. (2017). Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *14*(1), 86-97.

Balastegui, M., Palomar, R., y Solbes, J. (2020). ¿En qué aspectos es más deficiente la alfabetización científica del alumnado de Bachillerato? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *17*(3), 3302. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3302

Banet, E., y Ayuso, G. E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. En *Enseñanza de las Ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas* (Vol. 13, Número 2, pp. 137-153). https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4262

Banet, E., y Ayuso, G. E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information. *Science Education*, *84*, 313-351. http://www.sciepub.com/reference/18026

Couso, D., Jiménez-Liso, M. R., Refojo, C., y Sacristán, J. A. (2020). *Enseñando ciencia con ciencia*. (Penguin Ra). FECYT y Fundacion Lilly.

Domènech-Casal, J. (2017). Propuesta de un marco para la secuenciación didáctica de Controversias Socio-Científicas. Estudio con dos actividades alrededor de la genética. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *14*(3), 601-620.

González, C. R., Banet, E., y Banet, L. L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biológica: implicaciones para su enseñanza. En *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (Vol. 14, Número 3, pp. 550-569). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i3.04

Íñiguez, F. J., y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. En *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (Vol. 10, Número 3, pp. 307-327).

Lewis, J., y Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, ¿cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, *22*(2), 177-195. https://doi.org/10.1080/095006900289949

Marbach-Ad, G., y Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*, *34*(4), 200-205.

Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., y Blanco-López, Á. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *17*(3), 3201.

OECD. (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills.*

Zudaire, I., y Napal-Fraile, M. (2020). Exploring the Conceptual Challenges of Integrating Epigenetics in Secondary-Level Science Teaching. *Research in Science Education*, *51*, 957-974. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09899-5

¿Cuándo está «listo» un material didáctico? El Modelo VUC para determinar el punto de refinamiento en la Investigación Basada en Diseño

Cristian Merino [1], Ainoa Marzábal[2]

[1] Laboratorio de Didáctica de la Química, Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile
[2] Departamento de Didáctica, Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

* Correspondencia: cristian.merino@pucv.cl

RESUMEN: La Investigación Basada en Diseño (DBR) se ha consolidado como un enfoque clave en la didáctica de las ciencias para el desarrollo de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEAs). Sin embargo, persiste una ambigüedad metodológica: la falta de criterios explícitos para determinar cuándo una SEA ha alcanzado un nivel de refinamiento suficiente. Este trabajo propone el Modelo VUC (Validez–Utilidad–Confiabilidad), un marco operativo que estructura la evaluación de la calidad de las SEAs en tres dimensiones jerárquicas y proporciona un vocabulario compartido para la toma de decisiones: el *perfil VUC* describe el estado de una SEA en un momento dado; la *brecha VUC* identifica qué evidencia falta; y el *umbral VUC* define el punto en que la evidencia acumulada justifica el cierre del proceso de refinamiento. Se aplica el modelo al análisis de SEAs publicadas. Los resultados muestran que la mayoría alcanza la utilidad pero no puede justificar haber cruzado el umbral VUC. El modelo permite sustituir la heurística de un número fijo de iteraciones por un juicio profesional basado en evidencia.

PALABRAS CLAVE: Investigación Basada en Diseño; Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje; Modelo VUC; refinamiento iterativo; punto de saturación.

ABSTRACT: Design-Based Research (DBR) has become a key approach in science education for developing Teaching-Learning Sequences (TLSs). However, a methodological ambiguity persists: the lack of explicit criteria for determining when a TLS has reached a sufficient level of refinement. This paper proposes the VUC Model (Validity–Utility–Confirmability), an operational framework that structures quality evaluation around three hierarchical dimensions and provides a shared vocabulary for decision-making: the *VUC profile* describes the current state of a TLS; the *VUC gap* identifies what evidence is missing; and the *VUC threshold* defines the point at which accumulated evidence justifies closure of the refinement process. The model is applied to published TLSs. Results show that most reach utility but cannot justify having crossed the VUC threshold. The model replaces the heuristic of a fixed number of iterations with evidence-based professional judgment. The VUC Model contributes an operational vocabulary for the science education research community, enabling transparent and defensible decisions about when to conclude the iterative design process and providing a shared language for communicating the quality status of educational designs.

KEYWORDS: Design-Based Research; Teaching-Learning Sequence; VUC Model; iterative refinement; saturation point

INTRODUCCIÓN

La Investigación Basada en Diseño (DBR) se ha posicionado como un enfoque metodológico clave para conectar la investigación teórica con la práctica del aula en educación científica. Su consolidación en el ámbito hispanohablante es evidente, como lo demuestra la sección específica en la Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (Guisasola y Oliva, 2020) y su presencia como línea temática en congresos del área, incluyendo los Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. La esencia de la DBR reside en su proceso cíclico e iterativo: diseño, implementación, análisis y rediseño

(Guisasola, 2024). Sin embargo, emerge una pregunta que a menudo queda sin respuesta sistemática: ¿cómo sabe un equipo de investigación cuándo ha terminado el proceso de refinamiento? La decisión suele basarse en heurísticas informales —como la «reg la de las tres iteraciones»— o en restricciones prácticas (tiempo, recursos, plazos de tesis), más que en criterios basados en evidencia sobre la calidad del diseño.

Este problema no es solo metodológico: tiene consecuencias directas para la comunidad de didáctica de las ciencias. Si los investigadores no pueden justificar de forma transparente por qué detienen el proceso de refinamiento, la credibilidad de los principios de diseño derivados de la DBR queda debilitada. Además, los investigadores noveles —estudiantes de magíster y doctorado que desarrollan SEAs como parte de sus tesis— carecen de orientaciones claras para decidir cuántas iteraciones son suficientes y qué evidencia necesitan acumular. El objetivo de este trabajo es proponer el Modelo VUC (Validez–Utilidad–Confiabilidad), un marco operativo que permite determinar con mayor rigor el momento en que una SEA ha alcanzado un estado de robustez suficiente. El modelo se articula en tres dimensiones jerárquicas y proporciona un vocabulario compartido —perfil VUC, brecha VUC y umbral VUC— para hacer explícitas, comunicables y justificables las decisiones de cierre del proceso de refinamiento.

MARCO DE REFERENCIA

Dimensiones de calidad en DBR

Basándonos en el marco propuesto por Tena y Couso (2023), la calidad de una SEA puede evaluarse a partir de tres dimensiones jerárquicamente relacionadas. La **Validez (V)** asegura la coherencia teórica y disciplinar del diseño: ¿se fundamenta en principios de diseño explícitos y en conocimiento didáctico sólido? ¿Existe alineación entre los objetivos de aprendizaje y las actividades propuestas? La **Utilidad (U)** evalúa la practicidad y productividad en contextos reales de aula: ¿funciona la propuesta en las condiciones reales? ¿Genera dinámicas de aprendizaje productivas? La **Confiabilidad (C)** confirma la eficacia del diseño en relación con sus objetivos, resultados y los principios teóricos subyacentes. La jerarquía es lógica: carece de sentido evaluar U sin V, o analizar C sin U demostrada. Esta perspectiva se alinea con discusiones más amplias en DBR, donde la calidad se vincula con la coherencia entre teoría y diseño, el valor práctico de las intervenciones y la credibilidad de las afirmaciones derivadas de la evidencia empírica (Design-Based Research Collective, 2003; Sandoval, 2014). El marco de Tena y Couso (2023) constituye la base conceptual del Modelo VUC. Su taxonomía de dimensiones de calidad proporciona los cimientos teóricos sobre los que construimos nuestra propuesta y dotarla de un vocabulario propio y de procedimientos explícitos que transformen un esquema conceptual valioso en una herramienta metodológica utilizable por equipos de investigación y por investigadores en formación, para ello empleamos una clásica escala Likert de 1 a 4 en cuanto al grado de cumplimiento con el criterio.

Del número de iteraciones al umbral VUC

Históricamente se ha asumido que tras un número limitado de iteraciones se alcanza un «punto de saturación». Esta idea puede rastrearse en la investigación-acción (Elliott, 1993) y en la teoría fundamentada, donde la saturación teórica se concibe como el punto en que la recolección adicional de datos deja de aportar elementos conceptuales nuevos (Glaser y Strauss, 1967). Lo metodológicamente relevante no es cuántos ciclos se realizan, sino con qué justificación se decide detener el proceso. Los principios de diseño que articulan la coherencia entre teoría, intervención y evidencia empírica constituyen un criterio más sólido que la mera repetición de ciclos (Cobb et al., 2003). Proponemos formalizar ese criterio como el umbral VUC: el punto en que la evidencia acumulada satisface las tres dimensiones y se justifica el cierre del proceso de refinamiento.

RESULTADOS

El Modelo VUC: estructura y vocabulario

El modelo propone tres fases secuenciales, cada una asociada a una dimensión de calidad y a un tipo de evidencia específico.

a) La Fase V (Validez) constituye el punto de partida: antes de llevar la SEA al aula, se evalúa la coherencia teórica (fundamentación en principios de diseño explícitos) y la coherencia interna (alineación entre objetivos y actividades). Un diseño que no supera esta fase no debería proceder a su implementación.

b) La Fase U (Utilidad) corresponde a los pilotajes iniciales, donde el foco se desplaza hacia la practicidad y productividad de la SEA en condiciones reales. Es en las primeras implementaciones donde suelen producirse los cambios estructurales más significativos. La interacción con estudiantes y docentes en la «bulliciosa confusión de las aulas» (Brown, 1992) permite observar la viabilidad del diseño en condiciones auténticas.

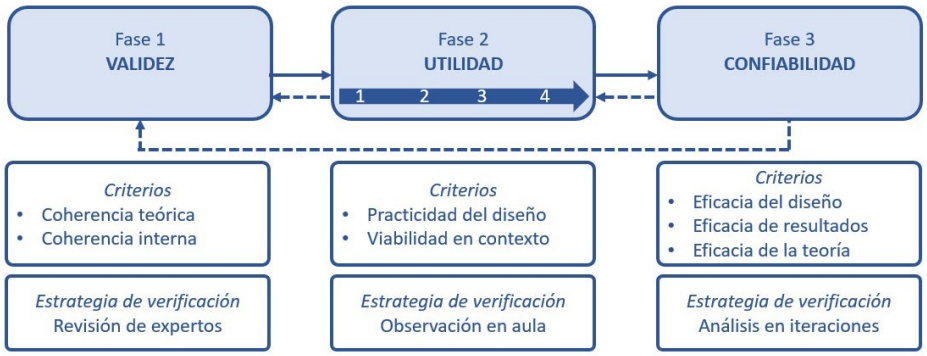
c) La Fase C (Confiabilidad) determina si la SEA ha alcanzado el umbral VUC. Esto se evalúa mediante evidencia acumulada en tres niveles: eficacia del diseño (la implementación se ajusta a lo previsto), eficacia de los resultados (los estudiantes alcanzan consistentemente los objetivos) y eficacia de la teoría (los resultados refuerzan los principios de diseño). Una SEA cruza el umbral VUC cuando las iteraciones posteriores solo producen ajustes menores y no cambios estructurales.

Para hacer operativo el modelo, proponemos tres herramientas conceptuales complementarias. El perfil VUC describe el estado de una SEA en un momento dado del proceso iterativo, utilizando una notación sencilla (por ejemplo, V+U±C− indica validez demostrada, utilidad parcial y confiabilidad pendiente). La brecha VUC identifica la distancia entre el perfil actual y el umbral VUC, orientando qué tipo de evidencia falta recoger y, por tanto, qué tipo de iteración se necesita a continuación. Y las iteraciones debidas son las que el modelo sugiere como necesarias para cerrar la brecha VUC, no como número fijo sino como función de la evidencia faltante (figura 1).

La secuencia no es rígida: un equipo puede descubrir en la Fase U que la validez teórica asumida en la Fase V es insuficiente y necesita reformularse, lo que obliga a retroceder. Lo que el modelo aporta no es una receta lineal, sino un lenguaje compartido para hacer explícitas las decisiones de evaluación y las razones por las que se avanza, se retrocede o se cierra el proceso.

A modo de ejemplo: si un equipo reporta que su SEA ha sido validada por expertos (V+), implementada una vez con ajustes operativos pendientes (U±) y sin evidencia de replicabilidad (C−), su perfil VUC es V+U±C− y la brecha VUC indica que se necesita al menos una reimplementación refinada (para consolidar U) y una implementación confirmatoria (para avanzar hacia C). Las iteraciones debidas serían, entonces, dos ciclos adicionales. Si tras el segundo ciclo el diseño se estabiliza y los resultados son consistentes, el perfil pasa a V+U+C+ y el equipo puede declarar que ha cruzado el umbral VUC.

Figura 1. Modelo VUC.



Aplicación del modelo a SEAs publicadas

Para explorar la aplicabilidad del Modelo VUC, se realizó un análisis de SEAs publicadas en revistas de investigación e innovación en didáctica de las ciencias. La selección se basó en tres criterios: (1) SEAs publicadas en los últimos 5 años (2020-2025) en revistas iberoamericanas especializadas en didáctica de las ciencias; (2) artículos que reportaran explícitamente el proceso de diseño, implementación y evidencia empírica recogida; y (3) diversidad temática que permitiera evaluar la aplicabilidad del modelo en diferentes contextos disciplinares (CTS, realidad aumentada, argumentación científica). Se excluyeron artículos que solo presentaran el diseño teórico sin implementación o que no documentaran suficiente información sobre las iteraciones realizadas. Este análisis tiene dos propósitos: ilustrar cómo el Modelo VUC permite caracterizar el estado de refinamiento de SEAs ya publicadas, y evidenciar la brecha metodológica que el modelo busca resolver (la mayoría de los trabajos no explicita criterios para determinar cuándo detener el refinamiento).

A cada SEA se le asignó su perfil VUC mediante análisis documental de la información reportada en los artículos. Este análisis fue realizado por los autores del presente trabajo, lo que plantea una cuestión metodológica relevante que se aborda en la sección de discusión: ¿quién debe aplicar el modelo VUC para determinar el perfil de una SEA? La Tabla 1 presenta el perfil VUC asignado a cada SEA y compara las iteraciones reportadas con las iteraciones debidas según el modelo.

Tabla 1. Perfil VUC, iteraciones efectivas e iteraciones debidas en SEAs publicadas.

AUTORES	TEMA SEA	PERFIL VUC	ITERACIONES EFECTIVAS	ITERACIONES DEBIDAS
Baruque et al. (2023)	CTS. Calidad del agua	V+ U+ C−	1	2-3
Garrado y Merino (2022)	CTS. Polímeros	V+ U+ C±	1 + pilotaje	2-3
González et al. (2020)	RA. Fisiología cardiaca	V+ U+ C±	1	3
González et al. (2025)	RA. Fisiología renal	V+ U+ C+	3 cohortes	≥ Umbral VUC
Ibacache y Merino (2021)	Argumentación. Reacciones químicas en la minería	V+ U+ C−	1	3

Nota. Perfil VUC: V+/U+/C+ = dimensión satisfecha; V±/U± = evidencia parcial; V?= no documentada; C− = no alcanzada. Iteración = ciclo diseño → implementación → análisis→rediseño.

El patrón es claro: todas las SEAs analizadas presentan una brecha VUC concentrada en la dimensión V (Validez) y U (Utilidad). La mayoría muestra perfiles del tipo V+U+C− o V+U+C±: han sido implementadas en aula y exhiben indicios de factibilidad y productividad, pero carecen de evidencia acumulada en los tres niveles de eficacia y de iteraciones sucesivas que demuestren estabilización del diseño. Ninguna puede justificar haber cruzado el umbral VUC. El caso de González et al. (2025) es particularmente interesante: es el único que, con 3 cohortes experimentales y 3 controles, muestra evidencia acumulada en los tres niveles de eficacia y podría declararse como habiendo cruzado el umbral VUC. Sería un buen ejemplo "positivo" en la tabla de la comunicación. En contraste, los artículos que no reportan rediseño ni reimplementación (Bureque et al 2023; González et al. 2020 e Ibacache y Merino, 2021) dejan sin responder la pregunta central: ¿el diseño es estable, o simplemente no fue probado suficientes veces? El Modelo VUC ofrece un vocabulario para distinguir entre ambas situaciones.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La principal contribución del Modelo VUC radica en proporcionar un lenguaje compartido para una decisión que hasta ahora se tomaba de forma implícita. Al nombrar las dimensiones (V, U, C), el estado de la SEA (perfil VUC), lo que falta (brecha VUC) y el punto de llegada (umbral VUC), el modelo

convierte una decisión opaca en un juicio profesional comunicable y auditable. El modelo no establece que más iteraciones equivalgan a mayor calidad; una SEA construida sobre una base teórica robusta puede alcanzar el umbral VUC en menos iteraciones que otra elaborada desde un análisis inicial más limitado (Tena y Couso, 2023). La calidad no es resultado del número de intentos, sino de la evidencia acumulada en cada dimensión.

El proceso de refinamiento de la Flux Reasoning Tool (Scott et al., 2020) ilustra bien la lógica del Modelo VUC: su primer ciclo, orientado a verificar si la herramienta funcionaba en el aula, corresponde a la Fase U; el segundo, centrado en ampliar y validar el marco conceptual, avanza hacia la Fase C. En términos del modelo, el equipo pasó de un perfil V+U±C− a un perfil V+U+C+ en dos ciclos, cruzando el umbral VUC con evidencia explícita en cada dimensión.

¿Quién debe aplicar el Modelo VUC? Una pregunta metodológica central que emerge del presente trabajo es si el perfil VUC debe ser determinado por los propios autores de la SEA o por evaluadores externos. Esta tensión no es nueva en la investigación educativa: el mismo debate ha surgido en la evaluación de la calidad de investigaciones cualitativas, donde la credibilidad de los hallazgos depende de la transparencia metodológica más que de la separación absoluta entre investigador e investigado.

Proponemos que el Modelo VUC puede y debe ser aplicado en dos momentos distintos, con propósitos diferentes. Durante el proceso de diseño e iteración, los autores de la SEA utilizan el modelo como herramienta de metacognición metodológica: el perfil VUC les permite documentar el estado actual de su diseño, la brecha VUC les orienta sobre qué evidencia necesitan acumular, y el umbral VUC les ofrece criterios explícitos para decidir cuándo detener el refinamiento. En este uso interno, el modelo funciona como una heurística estructurada que sustituye intuiciones informales (“creo que ya está lista”) por juicios basados en evidencia (“tengo evidencia documentada en las tres dimensiones”). Sin embargo, cuando la SEA se publica y se somete a evaluación por la comunidad científica, la asignación del perfil VUC debería ser contrastada por revisores externos. Esto es coherente con los mecanismos habituales de validación en la investigación en didáctica de las ciencias: los autores reportan su metodología y sus resultados, y los revisores evalúan si las afirmaciones están justificadas por la evidencia presentada. El Modelo VUC facilita esta evaluación al ofrecer un vocabulario compartido: un revisor puede señalar “los autores afirman haber cruzado el umbral VUC, pero la evidencia reportada solo justifica un perfil V+U+C±, ya que falta evidencia de replicabilidad en contextos diversos”.

En el análisis de SEAs publicadas presentado en la Tabla 1, los autores del presente trabajo asignamos los perfiles VUC basándonos en la información disponible en los artículos. Esta asignación tiene carácter interpretativo y está sujeta a las limitaciones de la información reportada. Otros investigadores, al aplicar el modelo a las mismas SEAs, podrían asignar perfiles ligeramente diferentes dependiendo de cómo interpreten la evidencia documentada. Esta variabilidad no invalida el modelo; por el contrario, hace explícita la necesidad de que los autores de SEAs reporten con suficiente detalle las decisiones de diseño, las iteraciones realizadas y la evidencia acumulada en cada dimensión. El Modelo VUC no elimina el juicio profesional; lo estructura y lo hace auditable.

Para la comunidad de investigación en didáctica de las ciencias, el Modelo VUC responde a las críticas recurrentes sobre la falta de rigor metodológico en DBR (Guisasola, 2024), al ofrecer una estructura explícita para justificar la decisión de dar por concluido el proceso de refinamiento. Para los investigadores en formación, el modelo ofrece una guía concreta: un estudiante de doctorado puede utilizar el perfil VUC para documentar el estado de su SEA, la brecha VUC para planificar las iteraciones necesarias y el umbral VUC para justificar ante su tribunal por qué considera que el diseño ha alcanzado un nivel suficiente de refinamiento.

Un material didáctico no se declara finalizado después de un número predeterminado de ciclos, sino cuando su perfil VUC muestra de manera consistente que ha alcanzado validez teórica, utilidad práctica y confiabilidad en sus resultados. Invitamos a la comunidad de investigadores en DBR a adoptar este vocabulario compartido, contribuyendo así a fortalecer la transparencia metodológica y a consolidar el doble aporte de la DBR: intervenciones educativas efectivas y principios de diseño transferibles.

Una limitación del presente trabajo es que el análisis de SEAs se basó en la información reportada en los artículos publicados, que no siempre incluye detalles suficientes sobre las decisiones de diseño y rediseño. Futuras investigaciones podrían aplicar el Modelo VUC de forma prospectiva, acompañando equipos de investigación durante el proceso iterativo completo para documentar cómo evoluciona el perfil VUC en tiempo real y qué factores contextuales influyen en la velocidad con que se cruza el umbral.

AGRADECIMIENTOS

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, VINCI, DI-Regular 044.776/2026.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences, 2*(2), 141–178.

Bureque, L., Struchiner, M., & Merino, C. (2023). "Cuidar, Conocer y Actuar": una propuesta para contextualizar la enseñanza de la Química basada en la contaminación del río Pavuninha. *Revista Diálogo Educacional* , *23* (77), 676–697. https://doi.org/10.7213/1981-416X.23.077.DS03

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., y Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher, 32*(1), 9–13.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher, 32*(1), 5–8.

Elliott, J. (1993). *Action research for educational change.* Open University Press.

Gallardo, F. y Merino, C. (2022). Los polímeros: una progresión y propuesta didáctica. Educación Química, 33(2) 64-81. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.77220

Glaser, B., y Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research.* Aldine.

González, A. A., Pacheco, G., Pino, S., & Merino, C. (2025). Testing an augmented reality-based learning sequence for renal physiology with biomedical students. *AJP Advances in Physiology Education*, *49*(4), 1034–1044. https://doi.org/10.1152/advan.00001.2025

González, A. A., Lizana, P. A., Pino, S., Miller, B. G., & Merino, C. (2020). Augmented reality-based learning for the comprehension of cardiac physiology in undergraduate biomedical students. *AJP Advances in Physiology Education*, *44*(3), 314–322. https://doi.org/10.1152/advan.00137.2019

Guisasola, J. (2024). La investigación basada en el diseño: algunos desafíos y perspectivas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 21*(2), 2801.

Guisasola, J., y Oliva, J. M. (2020). Nueva sección especial de REurEDC sobre investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 17*(3), 3001.

Ibacache, M. & Merino, C. (2021). Una propuesta de secuencia basada en el contexto, para la promoción de la argumentación científica en el aprendizaje de las reacciones químicas con estudiantes de educación técnico profesional. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *18*(1), 1–17. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1105

Scott, E. E., Wenderoth, M. P., y Doherty, J. H. (2020). Design-based research: A methodology to extend and enrich biology education research. *CBE—Life Sciences Education, 19*(3), es11.

Tena, È., y Couso, D. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 20*(2), 2801.

Validación de un instrumento de evaluación para prácticas científicas para 3º de la ESO

Ramon Gorrotxategi[1,2] y Kristina Zuza[2]

[1] Haurtzaro Ikastola, España

[2] Departamento de Física Aplicada I, Euskal Herriko Unibertsitatea / Universidad del País Vasco (EHU/UPV), España

* Correspondencia: ragorrotxategi@haurtzaro.ikastola.eus

RESUMEN: Esta comunicación presenta el proceso de diseño y validación de un cuestionario diseñado para evaluar la competencia científica en el alumnado de 3º de la ESO. La investigación se enmarca en un enfoque de Investigación Basada en el Diseño (IBD) y tiene como objetivo realizar un diagnóstico para futuros diseños de materiales. Toma como referente teórico las ocho prácticas científicas esenciales Gabelli (2024). El instrumento consta de seis preguntas con el objetivo de investigar sobre el nivel de adquisición de las prácticas científicas que integran contenidos sobre la Ley de Charles y la Teoría Cinético-Molecular. La validación se realizó mediante el análisis de las respuestas de un grupo piloto (N=29) en la Ikastola Haurtzaro.

Los resultados demuestran que el test posee una alta capacidad de discriminación en prácticas como la formulación de preguntas investigables (A1) e identificación de variables (A5). No obstante, el análisis detectó la necesidad de refinar ítems complejos como el significado físico de las fórmulas (E1), donde se identificó un "suelo cognitivo", y un "efecto techo" en la comunicación respetuosa (H6). Se concluye que el instrumento es una herramienta válida y robusta para ser replicada en otros centros, que facilita un diagnóstico preciso de la competencia científica del alumnado.

PALABRAS CLAVE: Prácticas científicas; Educación secundaria obligatoria; Leyes de los gases; Competencia científica; cuestionario prácticas científicas

ABSTRACT: This communication presents the design and validation process of a questionnaire developed to evaluate scientific competence among students in the 3rd year of Compulsory Secondary Education (ESO). Framed within a Design-Based Research (DBR) approach, the study aims to establish a diagnosis to inform the design of future instructional materials. The theoretical framework is grounded in the eight essential scientific practices as defined by Gabelli (2024). The instrument consists of six items designed to investigate the attainment level of scientific practices integrated with content related to Charles's Law and Kinetic-Molecular Theory. Validation was conducted through the analysis of responses from a pilot group (N=29) at Ikastola Haurtzaro.

The results demonstrate that the test exhibits high discriminatory power in practices such as formulating investigable questions (A1) and the identification of variables (A5). However, the analysis identified a need to refine complex items, specifically regarding the physical meaning of formulas (E1), where a "floor effect" was identified, and respectful communication (H6), which showed a "ceiling effect". It is concluded that the instrument is a valid and robust tool suitable for replication in other educational centers, which facilitates an accurate diagnosis of students' scientific competence.

KEYWORDS: Scientific practices; Secondary Education; Gas laws; Scientific competence; Scientific practices questionnaire

INTRODUCCIÓN

La importancia del trabajo de laboratorio es un pilar central en el currículo de Física y Química, diseñado para que el alumnado planifique investigaciones, plantee hipótesis y comunique resultados mediante la experimentación. No obstante, la bibliografía especializada señala que la implementación de estas actividades suele presentar dificultades, ya que a menudo se prioriza la transmisión de contenidos teóricos frente al desarrollo real de habilidades científicas prácticas (Abrahams and Reiss, 2012).

En la Ikastola Haurtzaro se otorga una atención especial a la indagación en el laboratorio; sin embargo, se identifica una oportunidad de mejora para optimizar la competencia científica del estudiante. Por ello, este trabajo se plantea como el primer paso de un proceso de Investigación Basada en el Diseño (IBD), centrado en el diagnóstico de la situación actual y la definición de objetivos de aprendizaje claros.

Esta fase inicial está guiada por la siguiente pregunta de investigación:

> "¿En qué medida el alumnado de 3º de la ESO alcanza un nivel adecuado de desarrollo de las prácticas científicas que forman parte de la competencia científica?"

Para responder a esta pregunta, el presente trabajo se estructura en los siguientes apartados: en primer lugar, se expone el marco teórico de las ocho prácticas científicas de Gabelli; a continuación, se detalla el contexto de la Ikastola Haurtzaro, los objetivos de la investigación y la metodología de validación del instrumento; posteriormente, se analizan los resultados obtenidos en el diagnóstico y, finalmente, se presentan las conclusiones y propuestas de mejora del diseño.

MARCO TEÓRICO

En el marco de la unidad "Materia y Gases" para el nivel 3º de ESO en la Ikastola Haurtzaro se identificó la necesidad de validar un instrumento que permitiera diagnosticar las competencias reales del alumnado. Tras la implementación de una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (TLS) centrada en el comportamiento de los gases y las leyes de Boyle-Mariotte y Charles se diseñó un Postest para evaluar si el aprendizaje trascendía lo memorístico. El propósito es validar la capacidad de dicho instrumento para discriminar niveles de logro competencial en un contexto de educación científica auténtica.

El enfoque de este trabajo se aleja de la visión tradicional de "hacer ciencia" para centrarse en la participación activa en prácticas científicas. Según el marco del National Research Council (2012) esto implica involucrar al alumnado en actividades cognitivas, sociales y discursivas análogas a las de la ciencia profesional, como la construcción de teorías y la argumentación basada en pruebas.

Para evaluar la competencia científica se adopta el modelo de las prácticas de Gabelli (2024) que operacionaliza la indagación en ocho prácticas fundamentales agrupables en tres bloques:

- Diseño y Modelización: Formulación de preguntas investigables (A), uso de modelos (B) y planificación de investigaciones fiables (C).
- Tratamiento de Datos: Análisis e interpretación de datos empíricos (D) mediante el uso de matemáticas y pensamiento computacional (E).
- Argumentación y Comunicación: Construcción de explicaciones (F), participación en debates basados en evidencias (G) y comunicación rigurosa de resultados (H).

Se pretende integrar las ocho prácticas de Lucia Gabelli con el estudio de la Ley de Charles y el objetivo es diagnosticar el proceso completo de investigación del alumnado desde la pregunta inicial hasta las conclusiones.

METODOLOGÍA

La investigación se enmarca en un estadio inicial de un enfoque de Investigación Basada en el Diseño (IBD) siguiendo ciclos iterativos de diseño, implementación y redacción. Según Guisasola et al. (2017), este marco permite evaluar y redefinir secuencias de enseñanza basándose en evidencias obtenidas en el aula para mejorar la práctica docente.

En este estadio inicial de la metodología IBD se pretende realizar un estudio diagnóstico para poder medir en qué medida los estudiantes de 3º de la ESO adquieren las prácticas científicas definidas en el

marco teórico. Con este objetivo, se ha diseñado un cuestionario de preguntas abiertas a responder con lápiz y papel mediante texto, esquemas o dibujos. Los objetivos de cada una de las seis preguntas que se presentan en este estudio está alineado con las ideas clave obtenidas por un análisis epistemológico con el currículum de secundaria y las 8 prácticas científicas esenciales de Gabeli (2024). Las preguntas se presentan de forma resumida en la tabla 1, así como su relación con los logros de aprendizaje del modelo.

Tabla 1. Logros de aprendizaje, preguntas del cuestionario abierto y la relación entre ambos.

PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO		LOGROS DE APRENDIZAJE Gabelli (2024)
Pregunta 1	P1-¿Cómo formularías una pregunta investigable identificando explícitamente sus variables dependiente e independiente?	A1: Es capaz de redactar preguntas investigables y productivas A5: Es capaz de formular preguntas relacionadas con la comprensión de un texto escrito
Pregunta 2	P2 - Qué magnitudes físicas elegirías y cómo representarías el movimiento de las partículas según la Teoría Cinético-Molecular?	B1: Es capaz de identificar las características principales del fenómeno investigado y traducirlas en cantidades observables B2: Es capaz de construir una representación del fenómeno en consideración
Pregunta 3	P3 - ¿Qué pasos, número de mediciones y medidas de seguridad garantizan un experimento fiable y seguro?	C8: Es capaz de justificar las decisiones tomadas en el diseño del experimento C9: Es capaz de decidir cuántas mediciones tomar para obtener datos u observaciones confiables C14: Es capaz de evaluar los riesgos del diseño experimental y tomar medidas de seguridad apropiadas
Pregunta 4	P4 - ¿Qué relación matemática identificas en los datos y cuál es el significado físico de su fórmula?	D8: Puede identificar un patrón en los datos E1: Es capaz de dar significado físico a una relación matemática entre cantidades E3: Es capaz de representar un patrón matemáticamente
Pregunta 5	P5 - ¿Cómo justificarías si una hipótesis es válida o no basándote en las evidencias y datos obtenidos?	G8: Es capaz de emitir un juicio razonable sobre la hipótesis
Pregunta 6	P6 - ¿Cómo corregirías un error conceptual de un compañero con respeto y rigor lingüístico-técnico?	H6: E s capaz de corregir a un compañero de manera amable y respetuosa H13: Es capaz de resumir lo observado en un texto

Para la validación se ha realizado un estudio piloto en la Ikastola Haurtzaro con un grupo de alumnos de 3º de la ESO dentro de la unidad didáctica de “Materia y Gases”. El cuestionario de preguntas abiertas se realizó de forma individual en formato de examen con una duración de 45 minutos después de la enseñanza del tema de los gases con las prácticas de laboratorio habituales programadas en el citado centro escolar. Además, se realizó una validación por dos expertos en enseñanza de las ciencias los cuales verificaron la pertinencia de los objetivos del cuestionario en relación con el currículo y la relación de las cuestiones con estos objetivos.

Para el análisis preliminar de los resultados, las respuestas fueron evaluadas utilizando rúbricas analíticas con niveles de desempeño del 0 (ausente) al 3 (adecuado), escalando cada una de las prácticas

científicas en relación a las prácticas definidas en el marco teórico y en relación con el curriculum correspondiente a 3º de la ESO. El análisis se centró en la triangulación de datos para verificar si el instrumento era capaz de exponer la diferencia entre el éxito procedimental y la comprensión física conceptual.

Una vez clasificados los resultados, estos fueron sometidos a un análisis de validación y sensibilidad del instrumento; de detección de efectos techo y suelo, de fiabilidad del diagnóstico experimental y validación externa del proceso (Cohen and Manion, 2018).

Figura 1. Guía de Diagnóstico para las prácticas científicas en 3º de ESO.

RESULTADOS

Una vez aplicada la metodología de análisis de los resultados descrita en el apartado anterior, se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los análisis realizados.

- Validación y sensibilidad del instrumento: El análisis del cuestionario demuestra una sólida validez de contenido al estar cada ítem alineado con las ocho prácticas esenciales de Gabelli (2024). Los resultados obtenidos con el grupo piloto (N=29) permiten confirmar la sensibilidad del instrumento para detectar diferentes niveles de desempeño. Por ejemplo, la Pregunta 1 (A1, A5) mostró un alto poder de discriminación, permitiendo identificar claramente al alumnado con mayor capacidad para formular preguntas investigables frente a aquellos en niveles iniciales.

- Detección de efectos techo y suelo: La aplicación del test ha sido fundamental para identificar áreas de mejora para el instrumento. Se ha detectado un "efecto techo" en la Pregunta 6 (H6), con una media de logro de 2,7/3, lo que indica que el ítem es eficaz para validar la corrección respetuosa, pero requiere un mayor reto cognitivo para discriminar niveles de excelencia en comunicación técnica. Por el contrario, la Pregunta 4 (E1) reveló un "suelo cognitivo" (media 1,2/3), validando su utilidad para detectar la dificultad persistente del alumnado al intentar otorgar un significado físico a las expresiones matemáticas.

- Fiabilidad del diagnóstico experimental: En cuanto a la fiabilidad técnica, la Pregunta 3 (C9) sobre el número de mediciones presentó una dispersión elevada (media 1,5/3). Este hallazgo no sólo diagnostica una debilidad en los estudiantes, sino que valida la necesidad de refinar el enunciado de la pregunta para asegurar que el criterio de "fiabilidad de datos" sea comprendido unívocamente.

- Validación externa en proceso: Para asegurar el máximo rigor académico, el instrumento se revisó por tres personas (dos expertos en didáctica de las ciencias y una docente con varias décadas de experiencia). Estos expertos validaron la relación de las cuestiones con, la calidad de la redacción técnica de tablas y fórmulas, y la alineación precisa de los ítems con las prácticas científicas evaluadas.

El análisis de las respuestas del alumnado de 3º de ESO muestra un perfil competencial con marcados contrastes entre las diferentes prácticas científicas evaluadas. Por un lado, encontramos las prácticas consolidadas. Los resultados muestran que el alumnado demuestra un alto desempeño en la indagación inicial. Destacan la formulación de preguntas investigables (A1, media de 2,8/3) y la identificación de normas de seguridad en el laboratorio (C14, media de 2,9/3). Sin embargo, por otro lado, los resultados también nos informan sobre las debilidades del estudiantado. Se identifica un "suelo" en la práctica de modelización matemática. Aunque los estudiantes son capaces de utilizar expresiones matemáticas (E3, media 1,8), encuentran serias dificultades para otorgarles un significado físico (media 1,2), fallando al conectar la fórmula $V/T=k$ con el comportamiento de las partículas según la Teoría Cinético-Molecular.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este primer estadio inicial de la investigación permite extraer las siguientes conclusiones fundamentales sobre la adquisición de la competencia científica del alumnado y la validez del instrumento diseñado.

Por un lado, instrumento, se consolida como una herramienta diagnóstica robusta. Su diseño integra las ocho prácticas de Gabelli (2024) que permite identificar las citadas prácticas relacionadas con la competencia científica con las preguntas diseñadas. Preguntas que el estudiantado ha respondido de forma pertinente y demostrando que tanto la redacción como las representaciones utilizadas son adecuadas.

Además, nos ha permitido identificar los primeros desafíos cognitivos. Los resultados confirman una brecha crítica en la modelización matemática (E1). El estudiantado opera con fórmulas de forma procedimental, pero carece de la capacidad de otorgarles un significado físico vinculado a la Teoría Cinético-Molecular. Esto sugiere que los futuros diseños deberán poner especial énfasis en esta práctica científica.

Se ha detectado un "efecto techo" en habilidades sociales como la corrección respetuosa (H6) y un "suelo" en el significado físico (E1) que obliga a una revisión de los ítems para aumentar su nivel de reto cognitivo antes de su aplicación en nuevos contextos. Una vez realizados los ajustes de redacción propuestos en la validación técnica, el instrumento es apto para ser replicado en otros centros educativos, permitiendo una evaluación comparativa y estandarizada de las prácticas científicas en la ESO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrahams, I., & Reiss, M. J. (2012). Practical work: Its effectiveness in primary and secondary schools in England. Journal of research in science teaching, 49(8), 1035-1055.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). Research methods in education (eight edition). Abingdon, Oxon, 532-533.

Gabelli, L. (2024). Developing scientific practices in secondary school: A proposal for a new curriculum [Tesis doctoral]. Università degli Studi di Padova.

Gabelli, L., Carli, M., Lissandron, G., & Pantano, O. (2025, February). Teaching scientific practices through low-cost tools: an experiment with high school students. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2950, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.

Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., & Gutierrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redefining the design of a teaching-learning sequence on linear motion. Physical Review Physics Education Research, 13(2), 020139. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139

National Research Council [NRC]. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press

Aprendiendo a diseñar y diseñando para aprender: acciones docentes clave para desarrollar prácticas científicas en la formación docente (SensoDiseña)

Auxiliadora Ruiz-Domínguez[1], Luis Delgado-Mayoral[1], Manuela González-Herrera[1], Jara García-Ruiz[1], Víctor Fernández-Manzano[1], Lorenzo Hernández-Villalobos[1], Jose F. Murillo-Yélamos[1], María Martínez-Chico[1], Rut Jiménez-Liso[1] y Rafael López-Gay[1], Israel Díaz-Santibáñez[2], F. Javier Muela[2], Pilar G. Rodríguez-Ortega[3], Antonio Quesada[2], Marta Romero-Ariza[2], María Martín-Peciña[2] y Ana M. Abril[2]

[1] Departamento de Educación. Grupo Sensociencia. Universidad de Almería.

[2] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Jaén.

[3] Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Córdoba.

*Correspondencia: mrd588@ual.es

RESUMEN: El objetivo del proyecto SensoDiseña es operativizar las Acciones Docentes Clave (ADCs) para el diseño de las Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEAs) en la formación inicial del profesorado de Educación Primaria y Secundaria, bajo un enfoque basado en prácticas científicas: indagación y modelización (MBI), argumentación y explicitación de la Naturalezas de la Ciencia (NoSA). Para ello, la metodología del proyecto se enmarca en la Investigación Basada en el Diseño (Design-Based Research), diferenciándose en dos niveles: i) la identificación y operativización de ADCs para el diseño de SEAs, y ii) su explicitación y transferencia a programas de formación inicial docente. A partir de un análisis con docentes e investigadores expertos, se han identificado acciones clave como la clarificación conceptual, la adaptación al alumnado, la formulación de actividades, la secuenciación coherente y la evaluación del diseño con criterios de inclusión y equidad. Los resultados preliminares ofrecen una primera sistematización de estas acciones y sus microacciones asociadas, constituyendo una base para el diseño de programas formativos que integren teoría, práctica y reflexión. El proyecto contribuye así a fortalecer la formación docente en diseño de SEAs, promoviendo prácticas educativas más inclusivas, críticas y fundamentadas científicamente.

PALABRAS CLAVE: Acciones Docentes Clave (ADCs); Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEAs), Prácticas Científicas; Investigación de Diseño (DBR); Formación Docente.

ABSTRACT: The objective of the SensoDiseña project is to operationalize the Teaching Core Practices (TCPs) for the design of Teaching and Learning Sequences (TLSs) in pre-service primary and secondary teacher education. This is developed under an approach based on scientific practices: Model-Based Inquiry (MBI), argumentation, and explicit instruction on the Nature of Science (NOS). To this end, the project's methodology is framed within Design-Based Research (DBR), structured across two levels: i) the identification and operationalization of KTAs for TLS design, and ii) their explicit incorporation and transfer into pre-service teacher education programs. Based on an analysis involving expert teachers and researchers, Core Practices have been identified, including conceptual clarification, adaptation to students, activity formulation, coherent sequencing, and design evaluation based on inclusion and equity criteria. Preliminary results offer an initial systematization of these actions and their associated micro-practices, providing a foundation for the design of educational programs that integrate theory, practice, and reflection. Thus, the project contributes to strengthening teacher education in TLS design, promoting educational practices that are more inclusive, critical, and scientifically grounded

KEYWORDS: Teaching Core Practices (TCP); Teaching and Learning Sequences (TLS); Scientific Practices; Design-Based Research (DBR); Teacher Education.

INTRODUCCIÓN

La investigación en formación docente advierte que el conocimiento didáctico no se transfiere automáticamente a la práctica (Zembal-Saul, 2017) ni puede centrarse exclusivamente en los contenidos científicos o pedagógicos (García-Barros, 2016). En este sentido, el enfoque de Teaching Core Practices (de aquí en adelante Acciones Docentes Clave o ADC de su traducción al español) propone identificar y trabajar explícitamente las acciones docentes necesarias para implementar enfoques de enseñanza coherentes con la investigación educativa. Aunque esta línea está emergiendo con fuerza en Didáctica de las Ciencias, sigue estando poco desarrollada fuera de Estados Unidos (Callera Pedroso, 2023; Kloser et al., 2019). Con las ADCs se pretende reducir la brecha entre investigación didáctica y práctica profesional, poniendo el foco no solo en qué enseñar, sino en cómo enseñar.

Las acciones docentes clave se entienden como metas articuladas en estrategias, hábitos y decisiones profesionales que el profesorado debe desarrollar para favorecer el aprendizaje del alumnado (Grossman et al., 2018). Tomar conciencia de estas acciones ayuda a los docentes noveles a integrar conocimientos teóricos con habilidades pedagógicas y afrontar los desafíos del aula desde una perspectiva reflexiva (McDonald et al., 2013). En coherencia con esta perspectiva, una de las acciones docentes más habituales y poco estudiadas tienen que ver con el proceso de diseño de actividades (o de secuencias) para las aulas de ciencias (Grossman, 2018; Rivero & Jiménez-Liso, 2021). El proyecto SensoDiseña adopta la idea de "aprender a diseñar y diseñar para aprender", subrayando que el proceso de diseño de materiales y secuencias didácticas constituye simultáneamente una oportunidad formativa. Diseñar implica movilizar nuevos conocimientos, reflexionar sobre la práctica y reconstruir el propio enfoque de enseñanza, contribuyendo al equilibrio entre teoría, reflexión y práctica que se considera necesario para una formación docente efectiva (Kitchen & Petrarca, 2016). Asumimos que no basta con convencer al profesorado en formación inicial de la utilidad de los enfoques basados en prácticas científicas; es necesario identificar las acciones docentes que los sustentan y ofrecer oportunidades para practicarlas y reflexionar sobre ellas.

En esta comunicación describimos la intencionalidad de este proyecto de investigación, siendo su principal eje conductor las **acciones docentes clave (ADCs) para el diseño de secuencias de enseñanza STEAM mediante la promoción de las prácticas científicas (indagación, modelización (MBI), y argumentación y Naturaleza de la Ciencia (NoSA)**. Este proceso ha sido objeto de investigación durante décadas (Artigue, 1988) y se sitúa en el marco metodológico de la Design-Based Research (Easterday et al., 2016; Guisasola et al., 2021; Nieveen et al., 2006).

En este proyecto se pretende integrar ambos problemas, la formación centrada en acciones docentes y las dificultades para diseñar y enseñar a diseñar, mediante la identificación, descomposición y definición de las acciones docentes claves necesarias para el diseño de SEAs coherentes con los enfoques MBI y NoSA, así como mediante el desarrollo de un programa de formación inicial que permita al futuro profesorado aprender y aplicar dichas acciones en su práctica profesional. Dando luz en conjunto a uno de los procesos menos operativizados por los investigadores y formadores de docentes a pesar de ser una de las actividades más demandadas en la formación de docentes tanto para Educación Primaria como Secundaria.

Ponemos sobre la mesa la doble vía, "Aprendiendo a diseñar y diseñando para aprender", porque perseguimos no sólo operativizar el proceso de diseño (aprendiendo los/las investigadores/as o los/las docentes en formación) sino que al diseñar se demanda nueva formación (sobre diseño o, en el caso de futuros/as docentes, sobre herramientas, elementos o principios que necesiten y que contribuirán a la reconstrucción del propio enfoque de enseñanza y de las maneras de actuar y ser en el aula, a su identidad docente). De esta forma, la tríada teoría-reflexión-práctica puede equilibrarse, como demandan Kitchen & Petrarca (2016), para la formación de docentes efectiva.

Para ello, no basta con convencer de las bondades de las estrategias basadas en prácticas científicas para posibilitar un cambio de práctica ("teachers as learners"), sino que se requiere reconocerlas y profundizar en las acciones docentes que demandan ("teachers as thinkers") y, de manera singular, ofrecer oportunidades para desarrollar y ensayar las prácticas de enseñanza consustanciales a estos enfoques ("teachers as reflective practitioners").

OBJETIVOS

Teniendo en cuenta las situación educativa y social actual, es importante que desde la educación y concretamente desde la enseñanza de las ciencias, se promueva la toma de decisiones fundamentadas a través de la indagación basada en modelos, la argumentación y la Naturaleza de la Ciencia.

El objetivo general de este Proyecto SensoDiseña propone atajar estas dificultades con una enseñanza basada en prácticas científicas. En concreto, con la incorporación en la formación inicial de docentes de las acciones docentes clave para el diseño de SEAs STEM, y que garanticen una educación inclusiva y con enfoque de género, orientada a desarrollar las competencias de los alumnos y alumnas. Para ello, pretendemos abordar una serie de objetivos específicos:

O1. Identificar y conceptualizar las acciones docentes Clave para Diseñar Secuencias de Actividades (SEAs) que siguen un enfoque de Enseñanza por prácticas científicas (MBI por el equipo UAL y NoSA por el equipo UJA) para la Educación Primaria y Educación Secundaria (fundamentalmente, esta comunicación se centra en este objetivo).

O2. Evaluar y operativizar las fases del diseño (preliminar, implementación y de producto) de las SEAs MBI (equipo UAL) y NoSA (equipo UJA) modélicas diseñadas por el equipo investigador.

O3. Diseñar un programa formativo para contribuir al desarrollo de esas acciones docentes de diseño de SEAs por prácticas científicas (MBI-UAL y NoSA-UJA) de los y las docentes en formación inicial de Educación Primaria y Secundaria que promueva ambientes inclusivos y equitativos, especialmente en cuestiones de género.

O4. Evaluar la efectividad del programa de formación docente de Educación Primaria y Educación Secundaria diseñado e implementado.

O5. Comunicar, diseminar y explotar los resultados.

En definitiva, en este marco, el proyecto pretende contribuir a la operativización del diseño didáctico para que el futuro profesorado disponga no solo de la motivación para implementar enfoques MBI y NoSA, sino también de herramientas prácticas, analíticas y evaluativas que apoyen el aprendizaje del alumnado.

METODOLOGÍA

El enfoque metodológico del proyecto es la Investigación de Diseño (Design-Based Research o DBR), que combina la investigación educativa empírica con el establecimiento de principios para el diseño de entornos de aprendizaje, hecho impulsado por la fundamentación teórica. Se trata de una metodología importante para entender cómo, cuándo y por qué las innovaciones educativas funcionan en la práctica.

Las innovaciones de los/as investigadores/as nos ayudan a entender las relaciones entre la teoría educativa (marco y fundamentación teórica), el artefacto diseñado (el curso de formación docente) y la práctica (la implementación de la formación docente). Este marco nos permite proponer y desarrollar una intervención como solución a un problema educativo complejo (en este caso, el desarrollo de las prácticas clave de diseño), así como avanzar en nuestro conocimiento sobre las características de estas intervenciones y procesos implicados en su diseño y desarrollo (Plomp, 2013; Romero-Ariza, 2014). En la figura 1, quedan representados los diferentes objetivos y como un proceso con múltiples puntos de

reflexión a pasos anteriores, donde las necesidades, diseño, implementación y evaluación del programa está en constante revisión.

Como paso previo a cualquier proceso de investigación, determinamos oportuno diferenciar y tener en cuenta las necesidades y el contexto de las personas a quien va dirigida la formación en primera instancia (docentes en formación de primaria, secundaria o universidad), realizar una revisión de la literatura y establecer el marco conceptual y teórico del estudio.

Posteriormente, identificamos nuestras acciones docentes clave para el diseño en cada enfoque de enseñanza MBI y NoSA por lo que los participantes en el proceso de la evaluación preliminar de diseño seremos los miembros del equipo de investigación a través de la realización de grupos focales. Es lo que en la figura 1 representamos como las cajas negras que cada docente/investigador ha ido acumulando y aprendiendo a lo largo de su trayectoria, pero que permanece oculta al resto hasta que no se evidencia de forma consciente.

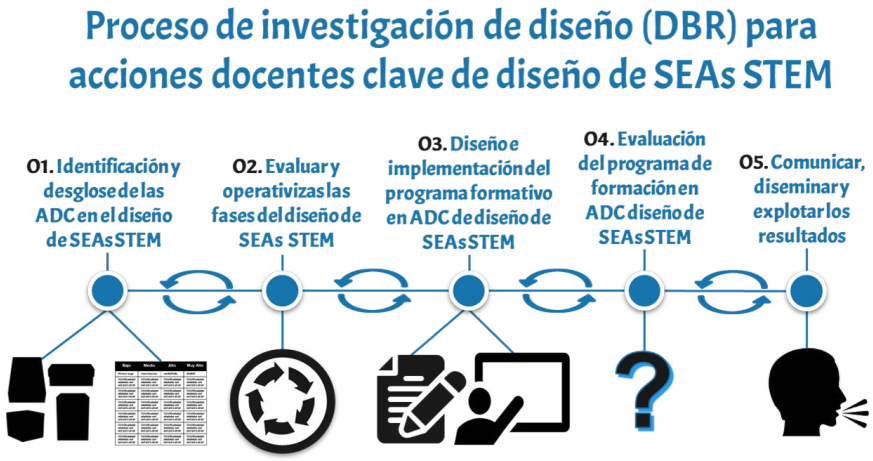


Figura 1. Proceso global de investigación de diseño (DBR) para la formación sobre ADCs para el diseño de SEAs STEM

Una vez identificadas las acciones docentes clave para el diseño de la enseñanza MBI y NoSA (O1, O2), se procederá a su transferencia al ámbito de la formación inicial de docentes a través del diseño de una propuesta formativa (prototipo) (O3), que a su vez será objeto de evaluación. La efectividad de dicha propuesta será evaluada por el profesorado en formación inicial en los Grados de Educación Primaria y el Máster de Secundaria en los que participamos como formadores/as a través de de Estudio de Clases, discusiones y reflexiones colectivas (Shimizu, 2014; Makinae, 2019).

Durante este proceso recurriremos a una serie de instrumentos recogida de datos, para la evaluación preliminar (O1) y operativización (O2) y diseño del programa formativo (O3) como son las producciones de los investigadores en el proceso de diseño de SEAs modélicas para el análisis de las acciones docentes habituales de diseño y las grabaciones de reuniones de los investigadores de procesos de diseño y de análisis de los borradores de los diseños.

Para la evaluación sumativa de la propuesta (O4), tendremos en cuenta las producciones del profesorado en formación inicial a lo largo del proceso formativo y su progresión, sus percepciones y desarrollo profesional experimentado (teachers as designers) junto con las emociones experimentada, las implementaciones de los diseños modélicos de SEAs MBI-NoSA en centros de Primaria y Secundaria para identificar logros y aspectos a mejorar en las sucesivas implementaciones, y una red sistémica de análisis con indicadores de logro aplicadas por los propios docentes en formación y aplicadas por los investigadores para comparar con sus autopercepciones.

RESULTADOS PRELIMINARES

A continuación, se exponen los resultados preliminares obtenidos respecto a la identificación de acciones docentes clave para el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje (SEAs) con enfoque STEAM. Estos primeros datos, se enmarcan en el objetivo central del proyecto: generar una base inicial para emplearla como herramienta para su posterior uso en la formación de los docentes a través de la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE).

Estos resultados no son definitivos, y han sido extraídos a partir de un análisis bottom-up de 6 docentes e investigadores expertos en enseñanza y diseño de propuestas MBI.

Tabla 1. Ejemplos de acciones docentes para el diseño de SEAs.

ACCIONES DOCENTES CLAVE PARA EL DISEÑO (Macro)	MICROACCIONES PARA EL DISEÑO (Meso)
1. Clarificar conceptualmente para que tenga sentido para el docente lo que quiere que aprendan sus alumnos/as.	1. 1. Identificar las ideas principales que se quieren enseñar. 1.2.Seleccionar las ideas principales y secundarias para facilitar la construcción del conocimiento.
2. Adaptar la clarificación conceptual al alumnado y al enfoque de enseñanza (en este caso IMB y NoSA)	2.1. Identificar y seleccionar dificultades de aprendizaje, concepciones alternativas habituales relacionadas con la temática seleccionada (enfoque constructivista).
3. Enunciar actividades para cada actividad científica contenida en el enfoque de enseñanza seleccionado.	3.1. Transformar el problema detonante en enunciados de actividades a realizar por el alumnado (individual o grupal).
4. Refinar la secuencia de actividades establecida.	4.1. Hacer una organización global de las actividades asegurando un hilo conductor (continuidad entre las actividades).
5. Evaluar el diseño realizado entre el conocimiento a construir y las actividades desarrolladas.	5.1. Evaluar la coherencia interna 5.2. Evaluar la Inclusión / Equidad (que fomente que nadie se quede atrás).

CONCLUSIONES

En definitiva, este trabajo da respuesta a la necesidad de la comunidad de la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) de definir e integrar Acciones Docentes Clave (ADCs) en la formación inicial del profesorado. Esta apuesta por una formación innovadora y basada en la investigación persigue fortalecer el sistema educativo a través de un doble impacto fundamental:

Fomento del pensamiento crítico y ciudadano, capacitando a los futuros docentes y a vez, a su futuro alumnado para afrontar los desafíos sociales actuales, fomentando una toma de decisiones fundamentada en las prácticas científicas. Y fomentar la educación inclusiva y reducción de la brecha STEM: Aporta recursos científicos y educativos de alto valor para promover la equidad, empoderando al profesorado para transformar su práctica y atajar la brecha de género directamente a pie de aula.

Ambos elementos realizados poniendo el foco en la práctica, el gran olvidado en la formación docente, y empleando una base sólida como es la Investigación de Diseño (Design-Based Research o DBR) como núcleo del proyecto. De este modo, el proyecto no solo mejora la preparación de los nuevos profesionales, sino que asegura un impacto duradero y transformador en la sociedad y en la equidad educativa.

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación es parte del Proyecto del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades PID2024-160066NB-C21, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y su ayuda predoctoral asociada con código PRE2025-006; del Proyecto del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

PID2023-150682NA-I00, financiado por MCIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER y su ayuda predoctoral PRE2024-012; del Proyecto del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades PID2020-116097RB-I00, financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ y su beca postdoctoral PRE2021-097331; las Ayuda FPU24/01810 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y la beca PPIT-UAL, Junta de Andalucía- FEDER 2021-2027. Programa: 54.A. Proyecto de Investigación Aplicada DGP_PIDI_2024_02689.

BIBLIOGRAFÍA

Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, *9*(3), 281-308.

Callera Pedroso, J. V. (2023). *Práticas Centrais de Ensino na Formação de Professores de Ciências: uma revisão de escopo*. Tesis de Maestría. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Brasil.

Cañal, P., García-Carmona, A., & Cruz-Guzmán, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Ediciones Paraninfo.

Easterday, M. W., Rees Lewis, D. G., & Gerber, E. M. (2016). The logic of the theoretical and practical products of design research. *Australasian Journal of Educational Technology, 32*(4). https://doi.org/10.14742/ajet.2464

García-Barros, S. (2016). Conocimiento Científico Conocimiento Didáctico. Una tensión permanente en la formación docente. *Campo Abierto*, *35*(1), 31–44. http://mascvuex.unex.es/revistas/index.php/campoabierto/article/view/2825

Grossman, P. L. (2018). *Teaching Core Practices in Teacher Education*. Harvard Education Press.

Guisasola, J., Ametller, J., & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de plompEnseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 18(1), 1–18. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Kitchen, J., & Petrarca, D. (2016). Approaches to Teacher Education. En J. Loughran & M. L. Hamilton (Eds.), *International Handbook of Teacher Education*, Volumen 1 (pp. 137–186). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0_4

Kloser, M., Wilsey, M., Madkins, T. C., & Windschitl, M. (2019). Connecting the dots: Secondary science teacher candidates' uptake of the core practice of facilitating sensemaking discussions from teacher education experiences. *Teaching and Teacher Education*, 80, 115–127. https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.01.006

Makinae, N. (2019). The Origin and Development of Lesson Study in Japan. In: Huang, R., Takahashi, A., da Ponte, J.P. (eds) Theory and Practice of Lesson Study in Mathematics. Advances in Mathematics Education. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04031-4_9

McDonald, M., Kazemi, E., & Kavanagh, S.S. (2013). Core practices and pedagogies of teacher education: A call for a common language and collective activity. *Journal of Teacher Education*, *64*(5), 378–386. https://doi.org/10.1177/0022487113493807

Nieveen, N., McKenney, S., & van den Akker, J. (2006). Educational design research: the value of variety. En *Educational design research* (pp. 163-170). Routledge.

Plomp, T. E. (2013). Educational Design Research: An Introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), Educational Design Research. Enschede: SLO.

Rivero, A. y Jiménez-Liso, M. R. (2021). Prácticas clave en la formación de docentes de ciencias. Aproximaciones para un debate necesario. *XI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.*

Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Magis*, *7*(14), 159–176. https://doi.org/10.11144/Javeriana.M7-14.UIPP

Shimizu, Y. (2014). Defining, Extending, and Creating: Key Experiences in Mathematics. In Learning Experiences to Promote Mathematics: Yearbook 2014 Association of Mathematics Educators (pp. 115-130).

Zembal-Saul, C. (2017). *Minding the Research–Practice Gap: Promising Approaches for Continuous Innovation in Science Teacher Education*. 10º Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. http://tv.us.es/congreso-internacional-sobre-investigacion-en-la-didactica-de-las-ciencias-iii/

Investigación Basada en el Diseño para diseñar una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje sobre fases de la Luna y eclipses

Elvira Gutiérrez-Jiménez[1],*, *Paulo Sarriugarte*[1] *y Kristina Zuza*[2]

[1]Escuela de Ingeniería de Bilbao (EHU), Paseo Pitxitxi 2, 48013, Bilbao, Bizkaia

[2]Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa (EHU), Europa Plaza, 1, 20018 Donostia, Gipuzkoa

*Correspondencia: elvira.gutierrez@ehu.eus

RESUMEN: Los eclipses solares totales que serán visibles en España en 2026 y 2027 y el anular de 2028 ofrecen una oportunidad para abordar estos fenómenos astronómicos en la educación secundaria. Este trabajo presenta la fase inicial de un estudio de investigación basada en el diseño (IBD) centrado en el desarrollo de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) sobre las fases de la Luna y los eclipses. El proceso de diseño comenzó con un análisis epistemológico del contenido científico, un análisis de los planes de estudio educativos para establecer el contexto en el que se enseñan estos fenómenos (nivel educativo, asignatura) y una revisión de las dificultades de aprendizaje relacionadas de los estudiantes. A partir de este análisis se definieron tres objetivos de aprendizaje y se diseñó un conjunto de actividades siguiendo los criterios de la demanda de aprendizaje. La SEA se organiza en tres bloques interconectados que abordan de manera progresiva la materia necesaria para la comprensión de los eclipses. Cada bloque se apoya en estrategias de enseñanza alineadas tanto con los objetivos de aprendizaje definidos como con las demandas de aprendizaje identificadas. La SEA presentada muestra coherencia interna entre los fundamentos teóricos que guían el diseño y las actividades propuestas. Además, los comentarios preliminares recibidos del profesorado de secundaria en las sesiones de formación e implementaciones piloto que se están llevando a cabo son muy positivos, lo que sugiere su potencial utilidad para la práctica docente.

PALABRAS CLAVE: Investigación Basada en el Diseño (IBD); Secuencia Enseñanza Aprendizaje (SEA); Fases de la Luna; Eclipses

ABSTRACT: The total solar eclipses that will be visible from Spain in 2026 and 2027 and the annular one in 2028 offer an opportunity to address key astronomical phenomena in secondary education. This work presents the initial phase of a design-based research (DBR) study focused on the development of a teaching–learning sequence (TLS) about Moon phases and eclipses. The design process began with an epistemological analysis of the scientific content, an analysis of the educational curricula to establish the context in which these phenomena are taught (educational level, subject), and a review of students' common learning difficulties related to these phenomena. Based on this analysis, we defined three learning objectives and designed a set of activities following learning-demand criteria. The resulting TLS is organised into three interconnected sections that progressively address the challenges involved in understanding eclipses. Each section is supported by specific teaching strategies aligned with both the defined learning objectives and the identified learning demands. The proposed TLS shows internal coherence between the theoretical foundations that guide the design and the activities developed for classroom implementation. Furthermore, preliminary feedback from secondary school teachers participating in ongoing sessions and implementations has been very positive, suggesting that the sequence is perceived as clear, relevant, and potentially useful for classroom practice.

KEYWORDS: Design Based Research (DBR); Teaching Learning Sequence (TLS); Moon phases; Eclipses

INTRODUCCIÓN

La agenda astronómica de la península ibérica ofrece la oportunidad para observar eclipses lunares y solares en 2026, 2027 y 2028. España se prepara para acoger una triada de eclipses solares, dos totales el 12 de agosto 2026 y el 2 de agosto de 2027 y uno anular el 26 de enero de 2028. En cuanto a los eclipses lunares, podrán verse varios: parcial el 28 de agosto de 2026, penumbral el 20 de febrero de 2027, parcial el 12 de enero de 2028 y total el 31 de diciembre de 2028. Esta agenda astronómica puede consultarse en el Instituto Geográfico Nacional (IGN, s.f.).

Asimismo, la oportunidad para observar estos eclipses ofrece una oportunidad para aprender sobre estos fenómenos en el aula. Por ello, el objetivo de este trabajo es describir los primeros pasos de la investigación basada en el diseño (IBD) de la secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) sobre las fases de la Luna y los eclipses.

METODOLOGÍA

Este trabajo se ha desarrollado siguiendo la metodología IBD. La IBD es una metodología que tiende un puente entre la investigación teórica y la práctica educativa (Design-based Research Collective, 2003). En esta línea, se han descrito ejemplos de las fases de la IBD utilizadas para diseñar la SEA (Guisasola et al., 2021): (1) Fundamentos teóricos que guían la investigación; (2) Diseño; (3) Implementación; (4) Evaluación y rediseño.

Para iniciar la fase de diseño, y una vez establecidas las teorías que estarán en la base de la metodología —psicología cognitiva (socioconstructivismo), epistemología de la física (historia y filosofía de la física) e investigación en enseñanza de la física (dificultades de aprendizaje y de enseñanza)—, se definen las herramientas de diseño que permiten obtener los primeros resultados. En concreto, se determinan los objetivos de aprendizaje mediante la herramienta de análisis epistemológico y las demandas de aprendizaje a través de la herramienta Learning Demands.

Además, teniendo en cuenta las demandas que requiere cada uno de los objetivos, se proponen estrategias de enseñanza adecuadas para responder a cada combinación de objetivos y demandas de aprendizaje.

La metodología IBD continúa con la implementación, la evaluación y el rediseño de la SEA. Sin embargo, como se está actualmente trabajando en estas fases de IBD, no se presentarán los resultados en este trabajo.

Análisis del Currículo educativo

Los saberes básicos de astronomía son escasos en el currículo educativo de la educación secundaria obligatoria (ESO)(Gobierno de España, 2022). Están en el bloque de astronomía en 3º ESO, en la asignatura de Cultura Científica. Además, esta SEA puede encajarse en asignaturas afines como Biología y Geología donde está presente el bloque del origen del universo y de los componentes del sistema solar en cuarto curso o Ciencias de la Naturaleza. Además, abre la posibilidad de generar puentes con otras asignaturas STEM, como Matemáticas o Tecnología, de forma natural.

Análisis epistemológico

Se describe una jerarquización de conceptos debido a la interrelación de los mismos (Ahlgren, 1996; Sadler, 1996); relación que resulta imprescindible para comprender las fases de la Luna y los eclipses (Taylor et al., 2003). Asimismo, y teniendo en cuenta la jerarquización de conceptos, son varios los autores que proponen un orden específico para el aprendizaje de los eclipses. Slater (2008) sostiene que únicamente mediante una comprensión adecuada de las causas que originan las fases lunares es posible entender la naturaleza de los eclipses.

Por lo tanto, la SEA estará organizada en los siguientes apartados: (1) fases de la Luna (causa, posición relativa de la Luna y cómo vemos las fases desde la Tierra), (2) relación entre las fases de la Luna y los eclipses (en qué fase de la Luna ocurren los eclipses lunares y solares, por qué no ocurren cada mes y el concepto de línea de nodos) y (3) eclipses lunares y solares (tipos, duración y desde dónde observarlos en cada caso y cómo hacerlo de forma segura en el caso de los solares).

Demandas de aprendizaje

Teniendo en cuenta las dificultades del alumnado en cuanto a las fases de la Luna y los eclipses (Gutiérrez-Jiménez, 2026) se estima la demanda requerida para alcanzar cada uno de los objetivos de aprendizaje.

La demanda de aprendizaje del alumnado ha sido analizada utilizando tres criterios: el grado de inconsistencia con los modelos científicos, el grado de conexión (es decir, la relevancia de dicha inconsistencia en otras áreas del currículo) y el grado de generalidad de las dificultades entre el alumnado. Se concluye que la demanda será media para el primer y el tercer bloque y alta para el segundo.

Actividades de investigación orientadas

Considerando que nuestros fundamentos teóricos conducen a la elección de metodologías activas y cooperativas, se seleccionan técnicas de enseñanza adecuadas para dar respuesta a las necesidades identificadas. Por lo tanto, el objetivo con mayor demanda es el segundo, razón por la cual se proponen actividades con metodologías más complejas que en los otros dos.

RESULTADOS

Como resultado del uso de las herramientas descritas se definen tres objetivos de aprendizaje (tabla 1), cada uno de ellos en línea con una de los tres bloques de la SEA según la progresión de conceptos astronómicos: (1) fases de la Luna, (2) relación fases de la Luna y eclipses y (3) eclipses lunares y solares. Cada objetivo posteriormente está desglosado en logros de aprendizaje más específicos y evaluables.

Tabla 1. Saberes básicos y criterios de evaluación que conforman los objetivos de aprendizaje.

Objetivos de aprendizaje	Asignatura	Saber básico	Criterio de evaluación
Nombrar y dibujar las fases de la Luna utilizando la información de carácter científico proveniente de diversas fuentes (videos y simulaciones)	Cultura científica	2.4.	2.1.
Abordar el modelo científico de eclipses seleccionando y organizando informaciones de contenido científico-tecnológico.	Cultura científica	2.4.	2.2.
Argumentar de forma científica desde dónde se verán los eclipses de agosto de 2026 en la península en distintos soportes (mapa y escrito), utilizando las tecnologías de la información y comunicación.	Cultura científica	2.4.	4.2.

Estructura de la SEA

Una vez que los objetivos y la estructura de la SEA se establecen, se diseña una primera versión de las actividades (figura 1). La SEA se contextualiza en torno al eclipse solar total del 12 de agosto y el eclipse lunar parcial del 28 de agosto de 2026. Se asignará una provincia a cada grupo desde las que ambos eclipses serán visibles. Por un lado, tendrán que reflexionar sobre si tienen que viajar necesariamente para ver ambos eclipses y, por otro lado, tendrán que elegir cuál es la más adecuada para el caso del eclipse solar total. La tarea final de la SEA es que escriban una respuesta argumentada a la situación que se les plantea.

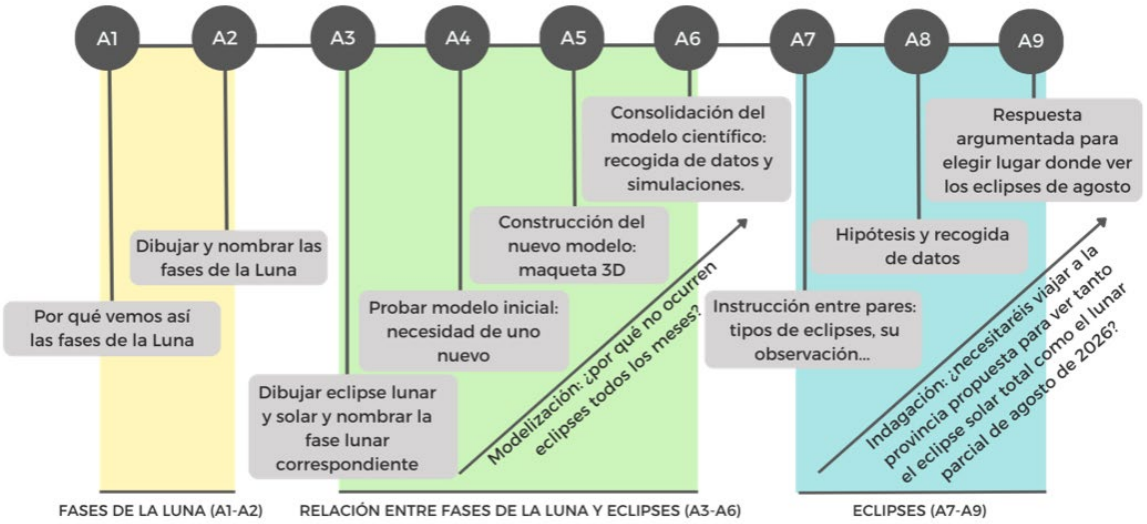


Figura 1. Visión general de la SEA que incluye los tres bloques y un resumen de las 9 actividades.

Primer bloque

El primer bloque consta de dos actividades (figura 1, A1 – A2) sobre las fases de la Luna. El objetivo es dibujarlas y nombrarlas, resaltando que a pesar de que la Luna siempre tiene una cara iluminada por la reflexión de la Luz solar no siempre la vemos igual, es decir, se hace hincapié en cómo vemos las fases de la Luna. Esto se realiza mediante actividades simples como simulaciones y vídeos para autocorregir sus propios dibujos.

Segundo bloque

El segundo bloque (figura 1, A3-A6) aborda la relación entre las fases de la Luna y los eclipses, clave para entender que los eclipses lunares ocurren en luna llena y los solares en luna nueva. Además, se cuestionará por qué no ocurren eclipses todos los meses aunque las fases de la Luna se repitan con esa frecuencia.

La actividad A3 consiste en dibujar la posición relativa de los astros y nombrar la fase de la Luna correspondiente en cada caso. Es entonces cuando se les cuestiona por qué no hay eclipses todos los meses si las fases con las que han relacionado cada tipo de eclipse sí se repiten (A4).

Sin embargo, el alumnado no sabe responder por no tener un modelo que integre la inclinación de órbita lunar respecto a la eclíptica y el concepto de línea de nodos, lo que supone un cambio de modelo. Se diseñan para ello cuatro actividades que forman un ciclo de modelización (Couso et al., 2020, p. 68), donde se construirá una maqueta 3D del sistema Sol-Tierra-Luna (A5). Esta maqueta permite al alumnado reflexionar, identificar las carencias del modelo desarrollado en el primer bloque (modelo A; figura 2A) donde el Sol, la Tierra y la Luna se encuentran en un mismo plano, por lo que se alinearán en cada fase nueva y llena de la Luna, dando lugar a eclipses todos los meses.

A continuación, se coloca una chincheta en la maqueta para así reflejar la inclinación de la órbita lunar, de forma que el alumnado podrá integrar las nuevas características (modelo B; figura 2B) e introducir el concepto de nodo. Así el alumnado podrá comprobar que los astros únicamente se alinean cuando la Luna en su fase nueva o llena se sitúe en el nodo, justificando que solo entonces ocurrirán eclipses.

Finalmente, con la información recopilada en la A5 y con la ayuda de simulaciones, el alumnado consolida y dibuja el modelo científico escolar (A6).

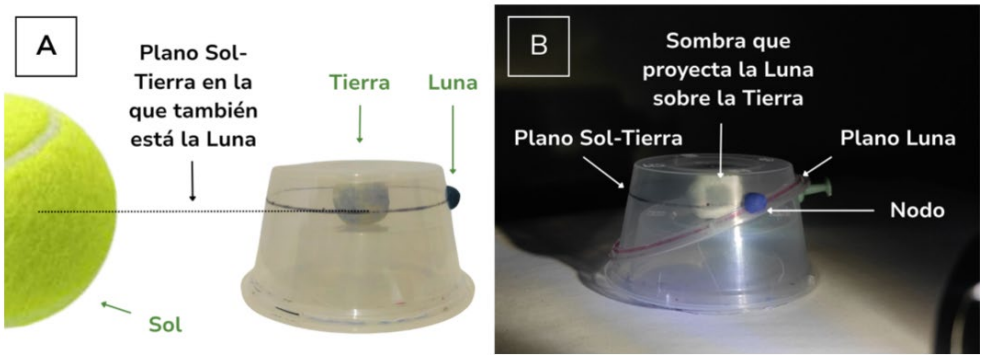


Figura 2.A) Modelo inicial donde el Sol, la Tierra y la Luna están en el mismo plano. B) Modelo científico-escolar donde se diferencian el plano Sol-Tierra y el lunar, permitiendo introducir el concepto de línea de nodo.

Tercer bloque

El tercer bloque (figura 1, A7-A9) continúa con el uso de la maqueta para simular el Sol con una linterna y observar las sombras (figura 2B), es decir, desde dónde pueden verse los eclipses. Además, se trabajan los conceptos de umbra y penumbra y los diferentes tipos de eclipses mediante instrucción entre pares (A7).

Lo siguiente es realizar un ciclo de indagación (Couso et al., 2020, p. 55) para formular hipótesis (A8) de si será necesario viajar a la provincia de destino para ver el eclipse lunar y el solar que ocurrirán en agosto; hipótesis que tras trabajar los términos de umbra y penumbra se espera que sea acertada, que no será necesario viajar a un punto específico a una hora específica para ver el eclipse lunar, pero sí el solar total. Posteriormente, recogerán datos para confirmar y/o refutar su hipótesis donde se trabaja con características propias de los eclipses, sobre todo del eclipse solar total, ya que de ello dependerá el destino que tengan que elegir (hora del eclipse, duración de la totalidad, posición del Sol en el máximo de totalidad).

Siendo así, el alumnado deberá concluir que tendrán que mirar hacia el oeste para observar el eclipse solar total, y en base a esto elegirán la ubicación que tenga libre el cielo en ese punto cardinal, sin cadenas montañosas o edificios que dificulten su observación. La última actividad, A9, consiste en dar una respuesta argumentada de su elección (Couso et al., 2020, p. 78).

CONCLUSIONES

La SEA sobre las fases lunares y los eclipses presentada muestra coherencia interna entre los fundamentos teóricos y las actividades presentadas. Además, los comentarios recibidos de los profesores en las sesiones de formación y tras las implementaciones piloto que se están llevando a cabo son muy positivos.

Teniendo en cuenta que el diseño de la SEA se basó en los resultados de la investigación sobre la enseñanza de la física, esperamos que la SEA sobre eclipses ayude a los estudiantes a superar las dificultades de aprendizaje. Aunque este trabajo solo muestra los resultados obtenidos en la fase de diseño de la aplicación de la metodología IBD, en futuros trabajos presentaremos los resultados de su implementación y evaluación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahlgren, A. (1996). Better Rather than More Astronomy Education. En J. Percy (Ed.), *Astronomy education: current developments, future coordination* (vol. 89 pp. 26-32). Astronomical Society of the Pacific.

Callison, P. L. y Wright, E. L. (1993). The Effect of Teaching Strategies Using Models on Preservice Elementary Teachers Conceptions about Earth-Sun-Moon Relationships. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching.

Couso, D., Jiménez-Liso, M. R., Refojo, C., y Sacristán, J.A. (coord.) (2020). *Enseñando Ciencia con Ciencia.* FECYT & Fundación Lilly. Penguin Random House.

Design-based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher,* 32(1), 5–8. https://doi.org/10.3102/0013189X032001005

Gutiérrez-Jiménez, E., Portillo-Blanco, A., Sarriugarte, P., y Zuza , K. (2026). Dificultades en la comprensión de las fases de la Luna y los eclipses: revisión sistemática de la literatura. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias,* 23(1), 1104. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1104

Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Ministerio de Educación y Formación Profesional. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con

Guisasola, J., Ametller, J., y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: Una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Instituto Geográfico Nacional (s.f.). Agenda Astronómica. https://astronomia.ign.es/agenda-astronomica

Sadler, P. M. (1996). Astronomy's Conceptual Hierarchy. *Astronomical Society of the Pacific Conference Series,* 89.

Slater, T. F. (2008). A Contemporary Approach to Teaching Eclipses. En J. C. Holbrook, J. O. Urama y R. T. Medupe (Eds.), *African Cultural Astronomy* (pp. 95-107). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6639-9_8

Taylor, I., Barker, M. y Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. International Journal Of Science Education, 25(10), 1205-1225. https://doi.org/10.1080/0950069022000017270a

Desarrollo de competencias científicas y percepción de autoeficacia en el Grado de Educación Primaria: una intervención práctica sobre el pH

Amaya Satrústegui[1], Rocío de Torre[1] y Annabella Salamanca[1,2]*

[1]Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza, España

[2]Grupo de referencia Beagle - Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (S27_23R, Gobierno de Aragón). Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA)

*Correspondencia: asatrustegui@unizar.es

RESUMEN: La alfabetización científica en la formación inicial de maestros es un reto, dadas las dificultades que afronta el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química y, en concreto, la persistencia de concepciones alternativas sobre el concepto de pH. Por ello, resulta fundamental la incorporación de metodologías que integren la experimentación y la indagación contextualizadas. En este estudio se evaluó la influencia de una secuencia de aprendizaje diseñada bajo el modelo instruccional 5E, mediante un cuestionario *ad hoc* aplicado a una muestra de alumnado de 2º curso de Magisterio (n = 96 en el pretest y n = 84 en el postest), con una edad modal de 19 años y una presencia mayoritaria del perfil no científico (73%). Mediante un diseño de pretest y postest, se analizó la evolución de tres dimensiones: el conocimiento teórico, aplicado y la autoeficacia docente. Los resultados indican que la intervención mejoró significativamente los niveles en las tres dimensiones, logrando un efecto nivelador que homogeneizó el conocimiento entre ambos perfiles académicos y redujo significativamente las brechas de autoeficacia, tanto de origen formativo como de género.

PALABRAS CLAVE: formación de docentes; autoeficacia; diferencias de género; pH; indagación

ABSTRACT: Scientific literacy in pre-service teacher training remains a challenge, given the difficulties facing the teaching-learning process of chemistry and, specifically, the persistence of alternative conceptions regarding the concept of pH. Therefore, the incorporation of methodologies that integrate contextualized experimentation and inquiry is fundamental. This study evaluated the influence of a learning sequence designed under the 5E instructional model, using an *ad hoc* questionnaire applied to a sample of 2nd-year Primary Education pre-service teachers (n = 96 in the pre-test and n = 84 in the post-test), with a modal age of 19 and a majority presence of a non-scientific profile (73%). Through a pre-test and post-test design, the evolution of theoretical and practical knowledge, as well as teaching self-efficacy, was analyzed. The results show that the intervention significantly improved levels across all three dimensions, achieving a leveling effect that homogenized knowledge between both academic profiles and significantly reduced self-efficacy gaps, regarding both educational background and gender.

KEYWORDS: preservice teacher education; self-efficacy; gender differences; pH; inquiry

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la química en el Grado de Educación Primaria se enfrenta a una serie de dificultades como son un cierto desinterés, un rechazo y un limitado conocimiento sobre ciencias que el alumnado suele acarrear desde etapas educativas anteriores (Dávila, 2016). Todo ello provoca que los estudiantes tengan numerosas concepciones alternativas en conceptos como el pH (Carrizo et al., 2022), que persisten en los docentes en formación. Para revertir esta situación, resulta imprescindible la incorporación de trabajos experienciales y de indagación, que vinculen los marcos teóricos con aspectos de la vida cotidiana (Esteban Gallego et al., 2023).

En este sentido, el modelo instruccional 5E: *Engage* (Motivar o Implicar), *Explore* (Explorar), *Explain* (Explicar), *Elaborate* (Ampliar o Elaborar) y *Evaluate* (Evaluar), desarrollado por el Biological Sciences Curriculum Study (BSCS), es una herramienta eficaz para estructurar el Aprendizaje Basado en la Indagación. Este modelo organiza el proceso de enseñanza-aprendizaje en una secuencia de cinco fases que guían al estudiantado desde sus ideas previas hasta la aplicación completa de conceptos científicos (Koyunlu Ünlü & Dökme, 2022).

Asimismo, en la formación de maestros y maestras, el dominio de la materia debe ir acompañado de un adecuado Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) (Verdugo-Perona et al., 2017), por lo que una intervención que combine la indagación experimental con la reflexión didáctica explícita es fundamental.

Los informes PISA evidencian una brecha de género en el rendimiento en ciencias debido a los modelos de socialización y factores del entorno que condicionan cómo alumnos y alumnas abordan el aprendizaje científico (INEE, 2019). En este contexto, la autoeficacia resulta determinante. En la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), los alumnos muestran una mayor autoeficacia que las alumnas, lo que impacta tanto en el éxito académico como profesional (Pérez et al., 2005). Por ello, es esencial implementar intervenciones que favorezcan la autopercepción en las facultades de Magisterio.

A partir de los antecedentes expuestos, la presente investigación tiene como objetivo analizar el aprendizaje del alumnado de Magisterio en Educación Primaria en relación con el concepto de pH, su aplicación y la autopercepción del alumnado para su futuro desempeño docente a través del diseño de una secuencia didáctica basada en el modelo instrumental 5E, que considera el género y la procedencia académica.

MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se detalla la metodología seguida para alcanzar el objetivo propuesto.

Participantes

La muestra estuvo compuesta por estudiantes de 2º curso de Magisterio de Primaria de una facultad del norte de la península, con un total de 96 participantes en la fase inicial (pretest) y 84 participantes en la fase final (postest). En ambos momentos la edad modal fue de 19 años y la distribución por género presentó una distribución similar, siendo el 56% de sexo femenino y 44% de sexo masculino. Para el análisis de los datos, la procedencia académica se categorizó en dos perfiles: Científico (alumnado proveniente del Bachillerato de Ciencias) y No Científico (alumnado proveniente de otras vías de acceso como Humanidades, Ciencias Sociales, Artes o Formación Profesional), con el fin de evaluar el impacto de la intervención según la formación previa. Esta distribución se mantuvo constante tanto en el pretest como en el postest, con una presencia mayoritaria del perfil no científico (73%) frente al científico (27%).

Intervención

La intervención se llevó a cabo en una sesión de dos horas en grupos de entre 4 y 14 alumnos y alumnas. La estructura y contenido de la secuencia didáctica se adaptó a partir del material elaborado por el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales incorporando nuevos recursos didácticos. De esta manera, y siguiendo las fases del modelo 5E, el alumnado debe ir recordando, explorando, explicando, elaborando y evaluando, además de reflexionar sobre su futura labor docente, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Fases del modelo 5E, actividades y reflexión didáctica de la intervención sobre el pH.

FASE	ACTIVIDAD	REFLEXIÓN DIDÁCTICA
Engagement	Ideas previas conectadas con la realidad del alumnado	Ideas alternativas
Exploration	Medición del pH de sustancias cotidianas y fabricación de un indicador natural.	Manejo de materiales seguros y cotidianos
Explanation	Reflexión sobre la escala de pH comparando los resultados obtenidos en el pHmetro con el indicador. Reacciones de neutralización, modelos químicos y fórmulas	Construcción de modelos científicos
Elaboration	Aplicación de los conocimientos adquiridos al concepto de lluvia ácida.	Relación Ciencia-Tecnología-Sociedad. Casos reales
Evaluation	Meta-reflexión sobre el proceso de aprendizaje.	Reflexión sobre las dificultades en Primaria y los objetivos de aprendizaje.

Nota: Elaboración propia a partir de las fases del modelo 5E.

Instrumento de recogida de datos

Para evaluar el impacto de la intervención, se diseñó un cuestionario estructurado *ad hoc* con la aplicación google form que, además de recoger algunas variables sociodemográficas, analiza la competencia del alumnado a través de 30 ítems distribuidos en tres dimensiones: conocimiento teórico (10 ítems), conocimiento aplicado a la vida cotidiana (15 ítems) y autopercepción docente (5 ítems). El instrumento incluyó ítems con respuestas estructuradas mediante una escala tipo Likert, así como preguntas de opción múltiple. El cuestionario se aplicó antes y después de la sesión de intervención (pretest y postest). Durante todo el proceso de recogida de datos, se garantizó el anonimato de los participantes y el tratamiento de los datos se realizó bajo el estricto cumplimiento de la normativa ética y de protección de datos de la Universidad de Zaragoza (http://protecciondatos.unizar.es/).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS, versión 25 (IBM Corp., 2017). Se realizaron análisis de estadística descriptiva (media, desviación típica y rangos) e inferencial. Debido al carácter anónimo de la recogida de datos y la imposibilidad de emparejar los sujetos entre fases, así como a la ausencia de normalidad en las dimensiones de teoría y autopercepción, se emplearon pruebas no paramétricas para muestras independientes. Específicamente, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para evaluar el impacto de la intervención (Pretest vs. Postest) y la influencia de la procedencia académica, reportando el estadístico Z para medir la magnitud del cambio.

Por otro lado, para la variable de género y la dimensión de conocimientos aplicados, que cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes. En todos los casos, el nivel de significación se fijó en $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis descriptivos revelan un incremento sustancial en todas las dimensiones tras la intervención experimental. El conocimiento teórico mostró una ganancia general de 0.27 puntos, destacando una notable reducción en la dispersión de las puntuaciones, lo que indica un aprendizaje más homogéneo a nivel grupal. Por su parte, la autopercepción docente experimentó el cambio más significativo, incrementando su media en 1.74 puntos sobre una escala de 5. Destaca que el valor mínimo de autopercepción se desplazó de 1.00 a 2.80, eliminando los niveles de inseguridad extrema detectados en la fase de pretest (Tabla 2).

Tabla 2. Evolución del conocimiento teórico, aplicado y de autopercepción de estudiantes de Magisterio.

DIMENSIÓN	MOMENTO	MEDIA *(M)*	DESV. TIP *(SD)*	MIN. – MÁX.	MEJORA
Conocimiento teórico	Pretest	0.43	0.18	0.10-0.83	+0.27
	Postest	0.70	0.11	0.37-0.95	
Conocimiento aplicado	Pretest	0.53	0.14	0.16-0.87	+0.21
	Postest	0.74	0.15	0.29-0.98-	
Autopercepción	Pretest	2.49	0.98	1.00-4.80	+1.74
	Postest	4.23	0.62	2.80-5.00	

Se aplicaron pruebas de contraste para evaluar el impacto de las actividades de laboratorio en las tres dimensiones de estudio. Como se puede observar en la tabla 3, para la dimensión de conocimiento aplicado (distribución normal), la prueba t de Student para muestras independientes mostró diferencias altamente significativas ($t = -9.76$; $p < .001$). Del mismo modo, las dimensiones de conocimiento teórico ($Z = -9.13$; $p < .001$) y autopercepción ($Z = -9.74$; $p < .001$), analizadas mediante la prueba U de Mann-Whitney, confirmaron un incremento significativo en las puntuaciones tras la práctica experimental. Los datos sugieren que la metodología de laboratorio no solo facilita la adquisición de conceptos científicos, sino que refuerza de forma notoria la seguridad del futuro maestro para abordar estos contenidos. Estos resultados están en consonancia con los presentados por Esteban Gallego y sus colaboradores (2023) en los que se evidencia la efectividad de una práctica de indagación para la enseñanza del concepto del pH consiguiendo disminuir las concepciones alternativas más comunes en los maestros en formación.

Tabla 3. Pruebas de contraste pretest vs. postest en las dimensiones de estudio.

DIMENSIÓN	PRUEBA UTILIZADA	ESTADÍSTICO	gl	*p*(Sig.)
Conocimiento teórico	U de Mann-Whitney	-9.13 (Z)	-	<.001
Conocimiento aplicado	T de Student	-9.76 (t)	178	<.001
Autopercepción	U de Mann-Whitney	-9.74 (Z)	-	<.001

Diferencias por género

Los análisis revelaron dinámicas de género diferenciadas según la dimensión analizada (Tabla 4). En cuanto al conocimiento teórico, no se hallaron diferencias significativas por género ni antes ni después de la práctica, lo que indica que el aprendizaje conceptual fue equitativo. Por otro lado, si bien no existían diferencias iniciales, en el postest, las mujeres mostraron una capacidad de transferencia a contextos cotidianos significativamente superior a la de sus compañeros. Por último, en cuanto a la autopercepción, en el pretest, los hombres mostraban una seguridad significativamente mayor que las mujeres. Tras la intervención, esta brecha desapareció, alcanzando niveles de confianza similares. Los resultados obtenidos respaldan las observaciones de la OCDE, demostrando que la reducción de la brecha de género es posible con los recursos adecuados (INEE, 2019).

Tabla 4. Comparativa de medias de las dimensiones en función del género.

DIMENSIÓN	MOMENTO	MUJERES	HOMBRES	*p*(Sig.)
Conocimiento Teórico	Pretest	0.42	0.43	.894
	Postest	0.70	0.69	.549
Conocimiento aplicado	Pretest	0.55	0.51	.191
	Postest	**0.80**	**0.67**	**<.001***
Autopercepción	Pretest	2.32	2.71	**.048***
	Postest	**4.17**	**4.30**	.250

Diferencias por procedencia académica

El análisis segmentado por procedencia académica mediante la prueba U de Mann-Whitney confirmó que la intervención fue altamente efectiva para ambos perfiles ($p < .001$ en todas las dimensiones). No obstante, se observa que la magnitud del cambio (valor Z) es notablemente superior en el alumnado de perfil no científico, especialmente en la autopercepción (Z = -9.004 frente a Z = -4.909) (Tabla 5).

Tabla 5. Evolución de las dimensiones en función del perfil académico.

DIMENSIÓN	PERFIL	PRETEST *(M)*	POSTEST *(M)*	MEJORA (Δ)	Z	Sig *(p)*
Conocimiento teórico	No científico	0.39	0.68	+0.29	-8.128	.000
	Científico	0.51	0.74	+0.23	-4.375	.000
Conocimiento aplicado	No científico	0.53	0.74	+0.21	-6.821	.000
	Científico	0.54	0.76	+0.22	-3.921	.000
Autopercepción	No científico	2.15	4.11	+1.96	-9.004	.000
	Científico	3.40	4.52	+1.12	-4.909	.000

Al analizar los puntos de partida, observamos que el alumnado de perfil no científico presenta unas puntuaciones inferiores en las tres dimensiones valoradas, especialmente en su autopercepción como futuros docentes de ciencias (2.15 frente a 3.40). Sin embargo, es precisamente este grupo el que experimenta un mayor incremento en las dimensiones analizadas tras la práctica de laboratorio. Mientras que el perfil científico muestra una mejora lineal, el perfil no científico experimenta un salto cualitativo que logra reducir la brecha inicial, situándose al final de la intervención en niveles de competencia y seguridad similares al perfil de alumnado con una mayor formación en ciencias.

Para verificar el efecto nivelador del laboratorio, se contrastó si las diferencias iniciales entre perfiles de acceso persistían tras la práctica. Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney indican un fenómeno de convergencia académica. En la dimensión teórica, se observa que la ventaja previa del alumnado científico ($p = .005$) desaparece tras la intervención ($p = .054$), logrando una homogeneización del conocimiento. En autopercepción, aunque se mantiene una ligera diferencia ($p = .014$), la magnitud de la brecha se reduce a menos de la mitad, pasando de una Z=-5.548 a Z=-2.448.

La mejora significativa en el profesorado en formación de las tres dimensiones analizadas (conocimiento teórico, aplicado y autoeficacia docente), así como el efecto nivelador entre los que procedían o no de bachillerato científico, puede indicar que la comprensión del concepto de pH está favorecida por la implementación eminentemente práctica de la secuencia y el acompañado de una indagación y reflexión continua (modelo instruccional 5E). Este resultado está en la línea de Esteban y Gállego et al. 2023, que concluyen que la incorporación de actividades experimentales basadas en la indagación y enfoques STEM facilita la superación de concepciones alternativas y promueve un aprendizaje en profundidad del concepto de pH. Tanto el modelo instruccional 5E como el enfoque STEM confluyen en varios principios didácticos, especialmente en cuanto al uso de metodologías activas aplicadas en la Didáctica de las Ciencias. Verdugo-Perona y colaboradores (2017), también conceden una importancia fundamental a la indagación y al proceso de reflexión a partir de la experimentación, para un mejor logro en el aprendizaje de contenidos científicos.

CONCLUSIONES

La secuencia didáctica sobre el pH llevada a cabo en el laboratorio basada en el modelo 5E, ha tenido un efecto positivo y significativo en la adquisición de conocimientos tanto teóricos como aplicados, así como en la autoconfianza de los docentes en formación. Las mejoras en las tres dimensiones son independientes de la procedencia académica. Es más, la intervención actúa como elemento nivelador de conocimientos teóricos, ya que la brecha inicial a favor del alumnado con una mayor formación en ciencias, disminuye significativamente tras la intervención. Asimismo, se reducen las diferencias de la autoconfianza entre los distintos perfiles, donde el alumnado con perfil no científico parte de una autoconfianza muy inferior a la del alumnado con más conocimientos previos sobre ciencia. Por todo ello, la secuencia y la metodología aplicada parecen adecuadas como vía para mejorar la alfabetización científica y empoderar a los futuros maestros de primaria en la enseñanza de las ciencias experimentales en general, y en los saberes relacionados con la química como el pH en particular. Por último, la intervención consigue, no solo disminuir la brecha de género de la autopercepción inicial, sino que también potencia de manera significativa en las mujeres, la capacidad de transferencia del conocimiento del pH a los fenómenos de la vida cotidiana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carrizo, M., Giménez, M., Barutti, M. y Cayo, I. (2022). El abordaje de pH en contexto áulico desde la interpretación de situaciones cotidianas. *Educación química, 33*(2), 94-105.

Dávila, M. A., Cañada, F., Sánchez, J. y Mellado, V. (2016). Las emociones en el aprendizaje de física y química en educación secundaria. Causas relacionadas con el estudiante. *Educación química, 27*(3), 217-225.

Esteban Gallego, R., Marcos-Merino, J. M. y Gómez Ochoa de Alda, J. (2023). Análisis de las concepciones alternativas y del aprendizaje del pH con una práctica STEM implementada mediante indagación. *Educación Química, 34*(3). https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.3.84539

INEE (2019). PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español. Instituto Nacional de Evaluación Educativa. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/descarga.action?f_codigo_agc=20372

Koyunlu Ünlü, Z., & Dökme, İ. (2022). A systematic review of 5E model in science education: proposing a skill-based STEM instructional model within the 21-st century skills. *International Journal of Science Education, 44*(13), 2110–2130. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2114031

Pérez, E., Cupani, M., y Ayllón, S. (2005). Predictores de rendimiento académico en la escuela media: habilidades, autoeficacia y rasgos de personalidad. Avaliação Psicológica, 1-11

Verdugo-Perona, J.J., Solaz-Portolés, J.J. y SanJosé-López, V. (2017). El Conocimiento Didáctico del Contenido en Ciencias: estado de la cuestión. *Cadernos de Pesquisa 47*(164). https://doi.org/10.1590/198053143915

Estudio de la motivación del alumnado en un proyecto STEM con metodología ABP

José Gutiérrez-Berraondo[1], Edurne Iturbe-Zabalo[1] y Nerea Arregi[1]

[1]Escuela de Ingeniería Dual de Elgoibar, IMH Campus (España)

*Correspondencia: jgutierr@imh.eus

RESUMEN: Este estudio analiza la motivación del estudiantado en un proyecto interdisciplinar ABP/P²BL con enfoque STEM implementado durante tres cursos académicos (2023–24, 2024–25 y 2025–26) en un grado de ingeniería (IMH Campus/UPV-EHU), tomando como marco la Teoría de la Autodeterminación (autonomía, competencia y relación). Se empleó un diseño cuantitativo basado en un cuestionario breve de 13 ítems (escala Likert 1–10), validado por expertos y pilotado, orientado a captar percepciones sobre la estructura didáctica del proyecto, el clima del aula y la disposición hacia la clase. Los resultados descriptivos indican puntuaciones generalmente altas en los tres cursos, con un descenso moderado en 2024–25 y recuperación en 2025–26. Destacan valores elevados en indicadores de clima y cooperación, especialmente en el último curso, lo que sugiere mejoras en la dimensión relacional del trabajo por proyectos. En conjunto, los hallazgos apuntan a que el diseño ABP²-STEM proporciona condiciones motivacionales globalmente favorables, aunque sensibles a variaciones de implementación, y se proponen líneas de mejora centradas en sistematizar el trabajo cooperativo, reforzar estructura/feedback y ampliar oportunidades de autonomía real.

PALABRAS CLAVE: STEM; P²BL; Motivación; Ingeniería

ABSTRACT: This study analyses students' motivation in an interdisciplinary PBL/P²BL project with a STEM focus implemented over three academic years (2023–24, 2024–25 and 2025–26) in an engineering degree programme (IMH Campus/UPV-EHU), using Self-Determination Theory (autonomy, competence, and relatedness) as the analytical framework. A quantitative design was used, based on a short 13-item questionnaire 1-10 Likert scale expert-validated and piloted, aimed at capturing perceptions of the project's teaching structure, classroom climate, and attitude towards the class. The descriptive results indicate generally high scores across the three academic years, with a moderate decline in 2024–25 and recovery in 2025–26. High values stand out in climate and corporation indicators, especially in the last academic year, suggesting improvements in the relational dimension of project work. Overall, the findings suggest that the P²BL-STEM design provides generally favourable motivational conditions, although these are sensitive to variations in implementation. Accordingly, improvement areas are proposed that focus on systematizing cooperative work, strengthening structure/feedback, and expanding opportunities for real autonomy.

KEYWORDS: STEM; P²BL; Engineering; Motivation

INTRODUCCIÓN

La motivación del alumnado es un factor crítico para la implicación académica, la persistencia y la calidad del aprendizaje, especialmente en contextos STEM y, en particular, en ingeniería, donde convergen alta exigencia cognitiva, secuencialidad curricular y transferencia a problemas auténticos. En este escenario, no solo importa la intensidad motivacional, sino su calidad, ya que formas más autodeterminadas se asocian con mejores resultados y trayectorias formativas más sostenidas (Ryan y Deci, 2000; Ryan y Deci, 2017).

El Aprendizaje Basado en Proyectos/Problemas (ABP²/P²BL) se ha consolidado como una vía pertinente para aumentar el compromiso al situar al estudiantado ante retos contextualizados, promover la aplicación práctica de contenidos y orientar la producción de resultados con sentido. Sin embargo, su efecto motivacional no es automático: depende de condiciones de implementación como la claridad

de metas, la calidad del feedback, el apoyo docente y la organización del trabajo cooperativo (Hmelo-Silver, 2004; Bell, 2010).

Desde la Teoría de la Autodeterminación (TAD), estos efectos pueden interpretarse en función de la satisfacción de autonomía, competencia y relación, necesidades que sostienen la motivación de mayor calidad (Ryan y Deci, 2017). En este marco, el presente estudio analiza la motivación del estudiantado en un proyecto ABP²-STEM implementado durante tres cursos académicos en un grado de ingeniería (Gutiérrez-Berraondo et al., 2025), examinando la evolución de las puntuaciones del cuestionario y la estructura de las percepciones del alumnado para orientar mejoras del diseño instruccional y del apoyo motivacional en futuras ediciones. Con todo lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Mejora la motivación el alumnado de ingeniería en el aprendizaje de las diciplinas a través de su participación en proyectos ABP²-STEM?

MARCO TEÓRICO

La motivación en la educación

La motivación en educación puede entenderse como el conjunto de procesos que activan, orientan y sostienen el aprendizaje, influyendo en la elección de tareas, el esfuerzo y la persistencia del alumnado (Pintrich, 2004; Schunk y DiBenedetto, 2020). En educación superior, la investigación indica que no solo importa la cantidad de esfuerzo, sino también su calidad: las estrategias utilizadas, la persistencia ante la dificultad y la implicación cognitiva y emocional (Eccles y Wigfield, 2002).

Las teorías contemporáneas coinciden en que la motivación no es un rasgo fijo, sino sensible al contexto y susceptible de intervención pedagógica (Ryan y Deci, 2000; Reeve, 2016). Desde la Teoría de la Autodeterminación (TAD), las formas motivacionales se diferencian por su grado de autonomía, distinguiéndose motivación extrínseca controlada, motivación extrínseca autónoma y motivación intrínseca (Deci y Ryan, 2008; Ryan y Deci, 2017).

Asimismo, la TAD propone que la calidad motivacional depende de la satisfacción de tres necesidades psicológicas básicas: autonomía, competencia y relación. Cuando el contexto de enseñanza nutre estas necesidades —mediante opciones significativas, feedback informativo y vínculos de apoyo— se favorecen formas motivacionales más autónomas, asociadas a aprendizaje profundo, mayor bienestar y menor riesgo de abandono (Ryan y Deci, 2000; Ryan y Deci, 2020).

La motivación en la didáctica de la ingeniería

En ingeniería, la motivación del estudiantado se distribuye en un continuo entre formas más controladas y formas más autónomas, con efectos directos sobre la implicación, la persistencia y el rendimiento académico (Trenshaw et al., 2016). Esta cuestión resulta especialmente relevante porque la formación ingenieril exige afrontar contenidos tecnocientíficos complejos, mantener esfuerzo sostenido y participar en entornos colaborativos de alta incertidumbre (Prince y Felder, 2006; Freeman et al., 2014).

En este marco, la motivación actúa como un mecanismo central no solo para el desempeño inmediato, sino también para la consolidación de la identidad profesional. Por ello, analizar estos procesos desde la TAD en experiencias como la Actividad Coordinada Horizontal 1 (ACH1) resulta pertinente para identificar en qué medida el diseño instruccional y organizativo favorece —o limita— la satisfacción de autonomía, competencia y relación (Ryan y Deci, 2017; Reeve, 2016).

Metodologías activas y motivación en estudios STEM

Las metodologías activas (ABP², aprendizaje basado en problemas y proyectos, estudio de casos, clase invertida, gamificación y aprendizaje cooperativo) comparten el desplazamiento del estudiante hacia un rol activo en la construcción del conocimiento. En estudios de ingeniería, este enfoque puede

fortalecer la motivación autónoma cuando incorpora participación real, toma de decisiones y resolución de problemas auténticos (Hmelo-Silver, 2004; Bell, 2010; Bustamante-Mora et al., 2023).

Dentro de este marco, los proyectos STEM favorecen la integración disciplinar y la conexión entre contenidos técnicos y contextos socialmente relevantes, incrementando interés, utilidad percibida e implicación (Tulinao y Bailey, 2024; Pantzos et al., 2025). Su efecto es mayor cuando el diseño atiende explícitamente autonomía, competencia y relación, condiciones clave para sostener la motivación de calidad (Ryan y Deci, 2017).

En conjunto, la evidencia sugiere que los proyectos STEM basados en metodologías activas y fundamentados en la TAD pueden mejorar la implicación académica y contribuir a la permanencia en los estudios de ingeniería (Urquiza-Fuentes et al., 2024; Pantzos, 2022).

CONTEXTO

El IMH Campus, especializado en Fabricación Avanzada y Digital y vinculado al clúster AFM y a la Red Vasca de Ciencia y Tecnología, desarrolla su oferta a través de un Centro Integrado de FP y la Escuela de Ingeniería Dual (centro adscrito a la UPV-EHU). En este marco se imparte el Grado en Ingeniería en Innovación de Procesos y Productos, con más de 25 años de trayectoria dual y alta empleabilidad. No obstante, en los últimos cursos se detectaron dificultades académicas, como aumento del abandono, elevado número de fracaso escolar en asignaturas teóricas y menor desarrollo de autonomía y habilidades de orden superior.

Para responder a esta situación, en 2022–2023 se creó un grupo de trabajo que, junto con empresas colaboradoras, identificó la necesidad de reforzar competencias clave: trabajo en equipo, resolución de problemas y aprendizaje continuo. A partir de este diagnóstico, se revisó el currículo y se adoptó un enfoque ABP^2 orientado a integrar tareas complejas, productos auténticos y toma de decisiones fundamentada, con especial atención al acompañamiento del alumnado mediante andamiaje y tutoría durante semestres de 14 semanas.

El nuevo diseño organiza el primer curso en torno a problemas disciplinares y un proyecto interdisciplinar STEM de largo recorrido, desarrollado en grupos reducidos. Este formato favorece una comprensión más profunda de los contenidos, una visión profesional de la ingeniería, mejor gestión del tiempo y mayor coordinación docente. Además, al trabajar con problemas auténticos y contexto empresarial, se refuerzan las tres necesidades psicológicas básicas de la Teoría de la Autodeterminación: competencia (aplicar conocimientos en tareas significativas), autonomía (tomar decisiones y organizar el trabajo) y relación (cooperación entre pares e interacción con profesorado y tutores de empresa), lo que contribuye a sostener la motivación del estudiantado.

Como ejemplo, un proyecto de primer curso, ACH 1 analiza la competitividad de distintos procesos de mecanizado de una misma pieza en entorno real. Con un enfoque de enseñanza activa basada en ABP^2 y utilizando “Hojas de Trabajo” como material de apoyo para que los equipos de estudiantes delimiten el problema, identifiquen variables, diseñen alternativas, conecten contenidos disciplinares, analicen datos y elaboren un informe final con conclusiones y recomendaciones basadas en evidencias. Este andamiaje facilita la integración teoría-práctica y el desarrollo de competencias analíticas y profesionales (Gutiérrez-Berraondo et al., 2025).

METODOLOGÍA

Se empleó un diseño cuantitativo basado en encuesta para analizar la motivación del alumnado en sui participación dentro del proyecto ACH implementado en tres cursos (2023–24, 2024–25 y 2025–26). La muestra incluyó 149 estudiantes de primer curso del Grado en Ingeniería en Innovación de Procesos y Productos (IMH/UPV-EHU), todos vinculados al proyecto ACH 1.

El instrumento fue un cuestionario de 13 ítems, validado por expertos y pilotado previamente, con escala Likert de 1 a 10 (de total desacuerdo a total acuerdo). El ítem 11 se formuló de forma inversa

para controlar la consistencia y medir adecuadamente la disposición de asistencia a clase. Los datos se analizaron con métodos estadísticos para identificar patrones de comportamiento.

Para validar la estructura del cuestionario (13 ítems) se realizó un análisis factorial exploratorio. Los indicadores iniciales mostraron una factorización adecuada de la matriz (KMO = 0.87; Bartlett: $\chi2(78)=853.81$, $p<0.001$). La solución inicial extrajo tres factores que explicaban el 63.7% de la varianza total, con comunalidades moderadas-altas ($h2=0.36–0.74$), lo que indica una representación aceptable de los ítems en tabla 1.

En la matriz rotada, el factor 1 agrupó ítems de calidad/organización didáctica, el factor 2 reflejó clima de aula y el factor 3 quedó definido por un único ítem de disposición hacia la clase. Dado que este tercer factor presentaba escasa relación con los otros y no permitía estimar fiabilidad interna de forma robusta, se decidió tratarlo como indicador individual y no como dimensión factorial.

Tras reasignar tres ítems con cargas cruzadas al factor 2, la estructura final quedó en dos dimensiones: factor 1 (7 ítems) y factor 2 (5 ítems). La consistencia interna fue satisfactoria en ambos casos: $\alpha=0.86$ para el factor 1 (correlaciones ítem-total 0.58–0.69) y $\alpha=0.80$ para el factor 2 (0.53–0.63), por lo que se mantuvieron todos los ítems de ambas escalas.

Tabla 1. Descripción de los ítems del cuestionario de motivación para estudiantes de grado

Nº Ítem	Descripción del Ítem
1	La cantidad de contenidos ha sido adecuada
2	Los objetivos que se perseguían estaban claros (Sabías para qué iban a servir)
3	Los contenidos perseguidos eran interesantes
4	Cuando se introducían nuevos conceptos se relacionaban con los que se habían introducido anteriormente
5	El método de enseñanza fue adecuado a los contenidos tratados
6	En las horas de docencia del proyecto se daban las condiciones necesarias como para que los alumnos y alumnas pudieran aprender
7	Las actividades propuestas en clase eran adecuadas pata que se pudieran ser resueltas por los estudiantes
8	Se hacían puestas en común que ayudaban a clarificar las soluciones de las actividades
9	En el aula había buen clima de trabajo
10	Las clases del proyecto han conseguido atraer mi atención
11	Nunca tengo ganas de que llegue la clase del proyecto
12	Existe por parte del profesor/a del proyecto y asignatura, apoyo y disposición para ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades
13	En la clase ha habido un clima de cooperación entre los estudiantes

RESULTADOS

En la tabla 2 se comparan las medias de los 13 ítems del cuestionario en los cursos 2023–24, 2024–25 y 2025–26, manteniendo el mismo orden para facilitar la lectura entre periodos. El ítem sobre "no tener ganas de clase" se recodificó de forma inversa, de modo que valores altos reflejan mayor disposición de asistencia.

La Figura 1 muestra que los tres cursos presentan un patrón muy parecido en los 13 ítems, con coincidencia en la mayor parte del recorrido y diferencias puntuales. La mayor separación entre series aparece en los ítems 10–11, mientras que en el ítem 9 (clima de trabajo en el aula) se observa un aumento similar en los tres periodos. En general, la figura destaca diferencias localizadas más que cambios globales entre cursos. Los valores más bajos se concentran en los ítems 2 (claridad de objetivos) y 11 (ganas de asistir a clase), y el ítem 13 (clima de cooperación) muestra una mejora progresiva, alcanzando su máximo en el último curso.

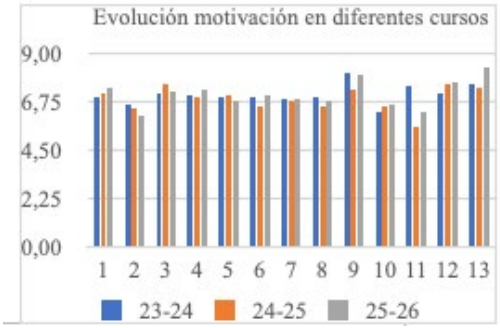


Figura 1: Evolución de la motivación a lo largo de los cursos académicos

Tabla 2. Datos de los ítems por curso académico

Ítem/Curso	23-24	24-25	25-26
1	6.98	7.20	7.41
2	6.67	6.47	6.11
3	7.13	7.63	7.21
4	7.11	7.02	7.32
5	7.00	7.04	6.84
6	7.02	6.55	7.09
7	6.93	6.82	6.93
8	7.02	6.53	6.79
9	8.07	7.37	8.02
10	6.29	6.59	6.68
11	7.53	5.61	6.32
12	7.18	7.57	7.66
13	7.55	7.45	8.41

CONCLUSIONES

En síntesis, las variaciones interanuales parecen responder más a ajustes contextuales que a cambios estructurales del proyecto. La recuperación del último curso sugiere una maduración del diseño e implementación ABP² -STEM, con impacto positivo en clima, motivación y compromiso del alumnado.

El proyecto ABP-STEM muestra un contexto motivacional globalmente positivo en los tres cursos analizados, con un patrón no lineal: descenso moderado en 2024–25 y recuperación en 2025–26. Esto sugiere que la motivación del alumnado es sensible a cómo se implementa el proyecto (coordinación docente, dinámica de equipos, ajuste de tareas y acompañamiento).

Desde la TAD, la dimensión más sólida parece ser la relación, especialmente por la mejora final en clima de trabajo y cooperación. La competencia también aparece respaldada por la percepción de estructura y adecuación didáctica, aunque algunos indicadores —como la claridad de objetivos— muestran margen de mejora. En cuanto a interés, atención y disposición a asistir, se observa estabilidad general con oscilaciones intermedias, lo que refuerza la influencia del clima socio-relacional sobre la motivación autónoma.

En conjunto, los resultados indican que el ABP-STEM puede sostener motivación de calidad si existe un diseño cuidadoso y apoyo continuado. Como mejora, se propone sistematizar el trabajo cooperativo, hacer más visibles objetivos y criterios, introducir hitos breves de seguimiento e incorporar más voz del alumnado para fortalecer autonomía e internalización del valor de las tareas. Además, convendría complementar los datos descriptivos con análisis inferenciales y por subgrupos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House*, *83*(2), 39-43. https://doi.org/10.1080/00098650903505415

Bustamante-Mora, A., et al. (2023). Learning models for higher education in engineering: Motivation, self-determination, and technologies used for learning achievement. *Sustainability, 15*(17), 12869. https://doi.org/10.3390/su151712869

Deci, E. L. y Ryan, R. M. (2008). Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology, 49*(3), 182–185. https://doi.org/10.1037/a0012801

Eccles, J. S. y Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, *53*, 109–132. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. y Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Gutierrez-Berraondo, J., Iturbe-Zabalo, E., Arregi, N., & Guisasola, J. (2025). Influence on Students' Learning in a Problem- and Project-Based Approach to Implement STEM Projects in Engineering Curriculum. *Education Sciences*, *15*(5), 534. https://doi.org/10.3390/educsci15050534

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review, 16*(3), 235–266.

Pantzos, P., Rosén, A. Buckley, J. y Gumaelius, L. (2022). Engineering students' motivation for learning in challenge-driven project courses: A qualitative pilot study. In *Towards a new future in engineering education, new scenarios that european alliances of tech universities open up* (pp.2115-2121). Universitat Politècnica de Catalunya

Pantzos, P., Pears, A. y Ampadu, E. (2025). Students' motivation in challenge-based learning in higher engineering education: A scoping review. *International Journal of Engineering Pedagogy, 15*(6). https://doi.org/10.3991/ijep.v15i6.54571

Pintrich, P. R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational Psychology Review, 16*(4), 385–407. https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/s10648-004-0006-x

Prince, M. y Felder, R. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, *95*(2), 123–138. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x

Reeve, J. (2016). Autonomy-supportive teaching: What it is, how to do it. In *Building autonomous learners: Perspectives from research and practice using self-determination theory.* (pp. 129–152) Singapore: Springer Singapore. doi.org/10.1007/978-981-287-630-0_7

Ryan, R. M. y Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist, 55*(1), 68–78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68

Ryan, R. M. y Deci, E. L. (2017*). Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness.* The Guilford Press. https://psycnet.apa.org/doi/10.1521/978.14625/28806

Ryan, R. M. y Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology, 61*, 101860. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860

Schunk, D. H. y DiBenedetto, M. K. (2020). Motivation and social cognitive theory. *Contemporary Educational Psychology, 60*, 101832. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101832

Trenshaw, K. F., Revelo, R. A., Earl, K. A. y Herman, G. L. (2016). Using self-determination theory principles to promote engineering students' intrinsic motivation to learn. *International Journal of Engineering Education, 32*(3), 1194-1207

Tulinao, J. C. S. y Bailey, M. (2024). Integrating systems thinking and project-based learning in supporting basic psychological needs: A proposed model for Filipino STEM students. *Cognizance Journal of Multidisciplinary Studies, 4*(2), 291–313. DOI: 10.47760/cognizance.2024.v04i02.026

Impacto de una secuencia didáctica basada en NoSTEM en las actitudes del alumnado hacia STEM

Víctor Martínez-Martínez [1], Jairo Ortiz-Revilla [1] e Ileana M. Greca [1]*

[1] Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Burgos, España

* Correspondencia: victormm@ubu.es

RESUMEN: Este trabajo analiza el impacto de una secuencia didáctica diseñada desde el enfoque de la Naturaleza de STEM (NoSTEM) en las actitudes del alumnado hacia STEM. Este enfoque propone una comprensión integrada del conocimiento tecnocientífico, articulando las dimensiones epistemológicas, sociales y políticas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, y superando visiones fragmentadas de estas disciplinas. Para evaluar los posibles cambios actitudinales asociados a esta implementación se utilizó una escala validada compuesta por 33 ítems organizados en seis dimensiones: ciencia, matemáticas, ingeniería, tecnología, integración STEM y carreras profesionales. La escala se administró en formato pretest y postest a dos grupos de estudiantes de educación secundaria: un grupo experimental que participó en la secuencia didáctica diseñada con enfoque NoSTEM y un grupo control que siguió la enseñanza habitual. Los resultados del grupo experimental muestran mejoras estadísticamente significativas en las actitudes hacia la ciencia, la tecnología y la dimensión integrada STEM, mientras que no se observaron cambios significativos en matemáticas, ingeniería ni en las aspiraciones profesionales relacionadas con STEM. Estos resultados sugieren que las propuestas didácticas integradas pueden contribuir a mejorar determinadas dimensiones actitudinales hacia STEM, aunque también evidencian la necesidad de seguir refinando su diseño.

PALABRAS CLAVE: Naturaleza de STEM; actitudes hacia STEM; secuencia didáctica; educación secundaria; integración disciplinar.

ABSTRACT: This study analyzes the impact of a didactic sequence designed from the Nature of STEM (NoSTEM) approach on students' attitudes toward STEM. This approach proposes an integrated understanding of technoscientific knowledge, articulating the epistemological, social, and political dimensions of science, technology, engineering, and mathematics, and overcoming fragmented views of these disciplines. To assess potential attitudinal changes associated with this implementation, a validated scale composed of 33 items organized into six dimensions was used: science, mathematics, engineering, technology, STEM integration, and careers. The scale was administered in a pre-test and post-test format to two groups of secondary education students: an experimental group that participated in the didactic sequence designed with the NoSTEM approach, and a control group that followed regular instruction. The results of the experimental group show statistically significant improvements in attitudes toward science, technology, and the integrated STEM dimension, while no significant changes were observed in mathematics, engineering, or STEM-related career aspirations. These findings suggest that integrated didactic approaches can contribute to improving certain attitudinal dimensions toward STEM, while also highlighting the need to further refine their design.

KEYWORDS: Nature of STEM; attitudes toward STEM; didactic sequence; secondary education; disciplinary integration

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la educación STEM integrada (Science, Technology, Engineering and Mathematics) se ha consolidado como uno de los enfoques más promovidos en la enseñanza de las ciencias con el objetivo de desarrollar competencias relacionadas con la resolución de problemas, el pensamiento lógico o la innovación tecnológica. Sin embargo, diversos autores han señalado que

muchas propuestas STEM se implementan desde una perspectiva principalmente instrumental, vinculada al desarrollo económico o a la capacitación técnica (Toma & García-Carmona, 2021; Zouda, 2018), dejando en segundo plano las dimensiones epistemológicas, sociales y políticas del conocimiento científico (Brocos & Jiménez-Aleixandre, 2020).

En respuesta a estas limitaciones, se ha propuesto el enfoque de la Naturaleza de STEM (NoSTEM) (Autores, 2026a; Autores, 2020), que plantea una comprensión más amplia e integrada del conocimiento tecnocientífico. Desde este enfoque concebimos las disciplinas STEM como prácticas humanas interdependientes y socialmente situadas, articulando tanto sus dimensiones cognitivo-epistémicas como sus implicaciones sociales y políticas. Conceptualmente, entendemos que NoSTEM se apoya en el *Family Resemblance Approach* (Dagher & Erduran, 2023; Irzik & Nola, 2011), que entiende la ciencia como una red de prácticas interrelacionadas más que como disciplinas aisladas.

Desde esta perspectiva, las propuestas didácticas diseñadas en el enfoque NoSTEM no solo promueven la comprensión de conceptos científico-tecnológicos, sino también la reflexión sobre cómo se construye, valida y aplica el conocimiento en contextos reales. Este enfoque incorpora dimensiones epistemológicas, sociales y políticas del conocimiento tecnocientífico y pone el acento en la interacción entre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en la interpretación y resolución de problemas complejos. De este modo, las propuestas basadas en NoSTEM buscan favorecer una comprensión más integrada de los fenómenos estudiados y conectar el conocimiento escolar con problemáticas sociocientíficas relevantes.

En este contexto se diseñó una secuencia didáctica (Autores, 2025) desde el enfoque de NoSTEM. Esta propuesta aborda el estudio de los incendios forestales como fenómeno socioambiental complejo, integrando contenidos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas mediante actividades orientadas al análisis de información científica, a la discusión de problemas reales y a la construcción de explicaciones integradas sobre el funcionamiento de los ecosistemas. Así, el objetivo de este trabajo es analizar el impacto de la implementación de dicha secuencia didáctica en las actitudes del alumnado hacia las disciplinas STEM.

METODOLOGÍA

Diseño

El estudio adopta un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi-experimental de tipo pretest–postest con grupo control.

La intervención consistió en la implementación de la secuencia didáctica durante un periodo de cinco semanas. Uno de los investigadores fue el responsable de impartir las sesiones de la secuencia didáctica en el aula. Además, un segundo investigador ajeno al grupo clase actuó como observador externo, supervisando el desarrollo de la implementación y registrando notas de campo sobre el proceso.

Muestra y contexto

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Nacional Ernesto Sábato, centro de educación secundaria situado en la ciudad de Tandil (Argentina). La muestra (N = 45) estuvo formada por estudiantes de entre 17 y 18 años, pertenecientes a dos clases paralelas del mismo nivel educativo, con trayectorias escolares y características socioculturales similares. Uno de los grupos (n = 21) actuó como experimental y participó en la implementación de la secuencia didáctica, mientras que el otro (n = 24) permaneció como grupo de control, siguiendo la enseñanza habitual durante el mismo periodo.

Recolección de datos

Para evaluar posibles cambios en las actitudes hacia STEM se administró la *STEM Attitude Scale* de Benek y Akcay (2019) antes y después de la intervención a los dos grupos de estudiantes. Este instrumento está compuesto por 33 ítems tipo Likert, organizados en seis dimensiones: ciencia, matemáticas, ingeniería, tecnología, integración STEM y carreras profesionales STEM. Las cuatro primeras dimensiones evalúan las actitudes del alumnado hacia cada una de las disciplinas que componen el acrónimo STEM. La dimensión integración STEM recoge la percepción del alumnado

sobre la interrelación entre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas y la necesidad de emplear conjuntamente conocimientos y habilidades de estas áreas para comprender fenómenos o desarrollar soluciones tecnológicas. Por su parte, la dimensión carreras profesionales STEM explora el interés del alumnado por orientar su futuro académico o profesional hacia ámbitos relacionados con estas disciplinas.

Análisis de datos

Las diferencias entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y el postest se analizaron mediante *IBM SPSS Statistics v30.0.0*. Previamente se comprobó la normalidad de las distribuciones mediante la prueba de Shapiro-Wilk, confirmándose en la mayoría de variables. Aunque algunas variables no cumplieron estrictamente este supuesto, se optó por el uso de pruebas paramétricas debido a la robustez de la t de Student frente a desviaciones moderadas de la normalidad, especialmente con tamaños muestrales similares (Norman, 2010).

RESULTADOS

Con el objetivo de comprobar la equivalencia inicial entre el grupo experimental y el grupo control, se compararon las puntuaciones del pretest mediante pruebas t de muestras independientes. Se aplicó la prueba de Levene permitiendo asumir igualdad de varianzas, no observándose diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en ninguna de las dimensiones analizadas (Tabla 1), lo que indica que partían de niveles actitudinales similares.

Tabla 1. Comparación de los pretest de ambos grupos mediante prueba t de Student para muestras independientes.

Dimensión	M Grupo Experimental	M Grupo Control	t	gl	p
Ciencia	3,250	3,604	-1,872	43	0,068
Matemáticas	2,958	3,115	-0,622	43	0,537
Ingeniería	3,095	3,264	-0,559	43	0,579
Tecnología	3,698	3,917	-0,910	43	0,368
STEM	4,276	4,208	0,469	43	0,641
Carreras profesionales	3,012	3,417	-1,737	43	0,089

La comparación entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y el postest del grupo experimental (Tabla 2) muestra mejoras estadísticamente significativas en tres de las dimensiones analizadas: ciencia, tecnología e integración STEM. En cambio, no se observaron diferencias significativas en las dimensiones de matemáticas, ingeniería ni en la dimensión de carreras profesionales STEM.

Tabla 2. Comparación pretest-postest mediante prueba t de Student para muestras emparejadas para cada una de las dimensiones en el grupo experimental.

Dimensión	M	SD	t	gl	p
Ciencia	0,393	0,678	-2,655	20	0,015
Matemáticas	0,024	0,445	0,245	20	0,809
Ingeniería	0,221	0,484	0,561	20	0,581
Tecnología	0,071	0,584	-2,104	20	0,048
STEM	0,295	0,344	-3,931	20	<0,001
Carreras profesionales	0,083	0,755	-0,505	20	0,619

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al grupo control, obtenidos mediante el mismo procedimiento de análisis. Como se puede comprobar (Tabla 3) no hay diferencias significativas entre el pretest y el postest.

Tabla 3. Comparación pretest-postest mediante prueba t de Student para muestras emparejadas para cada una de las dimensiones en el grupo control

Dimensión	M	SD	t	gl	p
Ciencia	0,073	0,260	1,372	23	0,183
Matemáticas	0,078	0,197	1,934	23	0,065
Ingeniería	-0,069	0,269	-1,266	23	0,218
Tecnología	0,028	0,168	0,811	23	0,426
STEM	-0,008	0,138	-0,296	23	0,770
Carreras profesionales	0,0833	0,252	1,621	23	0,119

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de las puntuaciones medias permite matizar los resultados obtenidos. En primer lugar, el alumnado partía de niveles moderados en la mayoría de las dimensiones analizadas, sin diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en el pretest. Tras la intervención, se observan incrementos en las puntuaciones medias del grupo experimental en las dimensiones de ciencia, tecnología e integración STEM, lo que se traduce en diferencias estadísticamente significativas en estas disciplinas. En cambio, las dimensiones de matemáticas, ingeniería y carreras profesionales muestran variaciones menores, sin alcanzar significación estadística.

Este patrón resulta coherente con el tipo de secuencia didáctica implementada. La secuencia se centra en el análisis de un fenómeno socioambiental complejo, favoreciendo la interpretación de evidencias científicas y tecnológicas y la comprensión integrada de distintas disciplinas, lo que puede explicar las mejoras en ciencia, tecnología y en integración STEM. En relación con la dimensión de ingeniería, diversos trabajos señalan que su desarrollo en contextos educativos está estrechamente vinculado a la exposición del alumnado a actividades específicas de diseño, resolución de problemas y construcción de soluciones, elementos que no siempre están presentes en las propuestas escolares (Rockland et al., 2010). A diferencia de la ciencia, centrada en la explicación de fenómenos, la ingeniería implica la generación y evaluación de soluciones a problemas del mundo real, incluyendo procesos iterativos de diseño y mejora (Pleasants & Olson, 2019).

En relación con la dimensión de carreras profesionales STEM, diversos estudios han señalado que la mejora en el interés o en las actitudes hacia estas disciplinas no se traduce necesariamente en un incremento de las aspiraciones profesionales en este ámbito. En este sentido, se ha observado que, aunque una proporción elevada de estudiantes muestra interés hacia las disciplinas STEM, solo una minoría expresa aspiraciones hacia estas áreas (Grimalt-Álvaro & Couso, 2022)technology, engineering, and mathematics. La literatura indica que el desarrollo de vocaciones STEM depende de múltiples factores, entre los que se incluyen la autoeficacia, la percepción de capacidad, así como la estabilidad de estos constructos a lo largo del tiempo (Martín Carrasquilla et al., 2023)se procedió al análisis factorial exploratorio (AFE. En consecuencia, la ausencia de cambios significativos en esta dimensión en el presente estudio puede interpretarse considerando que intervenciones de carácter puntual o centradas en el análisis de fenómenos pueden no ser suficientes para influir en constructos más complejos como las aspiraciones profesionales.

Estos resultados pueden ponerse en relación con evaluaciones previas del diseño de la secuencia didáctica realizadas mediante rúbricas de integración STEM (Autores, 2026b). En dicho estudio, el profesorado identificó un buen nivel de integración disciplinar, aunque señaló limitaciones en la presencia de

actividades vinculadas al diseño de ingeniería y en la evaluación del proceso de aprendizaje. Esta caracterización del diseño resulta coherente con el patrón observado en las actitudes del alumnado en el presente estudio: mientras que se identifican mejoras en la dimensión integrada STEM, no se observan cambios significativos en la dimensión de ingeniería.

En conjunto, los resultados obtenidos indican que la implementación de propuestas didácticas con enfoque NoSTEM puede relacionarse con cambios en algunas dimensiones de las actitudes hacia STEM, especialmente en aquellas vinculadas a la percepción integrada de estas disciplinas, mientras que otras dimensiones más específicas, como la ingeniería o las vocaciones profesionales, podrían requerir enfoques didácticos más prolongados o explícitamente orientados a su desarrollo. Asimismo, este tipo de análisis aporta evidencias que permiten identificar fortalezas y limitaciones del diseño, proporcionando información relevante para procesos iterativos de mejora y rediseño de las propuestas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autores (2020).

Autores (2025).

Autores (2026a).

Autores. (2026b).

Benek, I., & Akcay, B. (2019). Development of STEM Attitude Scale for Secondary School Students: Validity and Reliability Study. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *7*(1), 32-52. https://doi.org/10.18404/ijemst.509258

Brocos, P., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2020). What to Eat Here and Now: Contextualization of Scientific Argumentation from a Place-Based Perspective. En I. Sánchez Tapia (Ed.), *International Perspectives on the Contextualization of Science Education* (pp. 15-46). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27982-0_2

Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2023). To FRA or not to FRA: What is the question for science education? *Science & Education*, *32*(5), Article 5. https://doi.org/10.1007/s11191-023-00425-8

Grimalt-Álvaro, C., & Couso, D. (2022). ¿Qué sabemos del posicionamiento STEM del alumnado? Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Investigación Educativa*, *40*(2), 531-547. https://doi.org/10.6018/rie.467901

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, *20*(7), Article 7. https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4

Martín Carrasquilla, O., Muñoz San Roque, I., & Santaolalla Pascual, E. (2023). Actitudes hacia la ciencia en la educación STEM: Desarrollo de una escala para la detección y fomento de vocaciones tempranas. *REOP - Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, *34*(1), 122-140. https://doi.org/10.5944/reop.vol.34.num.1.2023.37421

Pleasants, J., & Olson, J. K. (2019). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. *Science Education*, *103*(1), 145–166. https://doi.org/10.1002/sce.21483

Norman, G. (2010). Likert scales, levels of measurement and the "laws" of statistics. *Advances in Health Sciences Education*, *15*(5), 625-632. https://doi.org/10.1007/s10459-010-9222-y

Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch, L. S., & Kimmel, H. (2010). Advancing the "E" in K-12 STEM Education. *Journal of Technology Studies*, *36*(1), 53-64. https://doi.org/10.21061/jots.v36i1.a.7

Toma, R. B., & García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *39*(1), Article 1. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093

Zouda, M. (2018). Issues of power and control in STEM education: A reading through the postmodern condition. *Cultural Studies of Science Education*, *13*(4), Article 4. https://doi.org/10.1007/s11422-017-9820-6

Impacto de una propuesta STEAM con calculadora educativa en las actitudes hacia las matemáticas en educación primaria: un análisis por género

Bárbara de Aymerich Vadillo [1], Eloy Bernal Arellano [2]

[1.] Didácticas Específicas, área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Burgos, Fundación Margarita Salas.

[2.] Casio Educación, área de Comunicación.

*Correspondencia: bdaymerich@ubu.es

RESUMEN: El presente estudio analiza el impacto de la situación de aprendizaje STEAM integrado "El Laboratorio de Margarita" que aborda la vida y legado de la bioquímica española Margarita Salas mediante actividades interactivas, apoyada en el uso de la calculadora CASIO fx-55 PLUS, sobre las actitudes hacia las matemáticas en alumnado de Educación Primaria. Se empleó un diseño cuantitativo pretest-postest con una muestra de 77 estudiantes (6-12 años) pertenecientes a seis comunidades autónomas españolas. Se evaluaron cuatro dimensiones actitudinales: interés personal, gusto por las matemáticas, autoeficacia y utilidad percibida, mediante un cuestionario de 26 ítems en escala Likert de cinco puntos adaptado de Auzmendi (1992). La consistencia interna del instrumento fue alta (α = 0,84–0,89).

Los resultados muestran mejoras significativas globales, especialmente en autoeficacia y gusto por las matemáticas. El análisis por género revela que las niñas presentan incrementos significativos en todas las dimensiones ($p < 0,001$), mientras que en los niños la mejora significativa se concentra en el gusto por las matemáticas ($p = 0,0004$). La comparación intergénero indica ausencia de diferencias significativas globales, aunque sí efectos diferenciales por dimensión.

Se concluye que la propuesta STEAM con calculadora constituye una estrategia eficaz para mejorar actitudes matemáticas en primaria, con matices relevantes según género que deben considerarse en el diseño didáctico.

PALABRAS CLAVE: enfoque STEAM; actitudes hacia las matemáticas; calculadora educativa; educación primaria; género.

ABSTRACT: This study analyzes the impact of the integrated STEAM learning situation El Laboratorio de Margarita, supported by the CASIO fx-55 PLUS calculator, on primary students' attitudes toward mathematics. A quantitative pretest–posttest design was implemented with a sample of 77 students (ages 6–12) from six Spanish regions. Four attitudinal dimensions were assessed: personal interest, enjoyment of mathematics, self-efficacy, and perceived usefulness, using a 26-item Likert-type questionnaire adapted from Auzmendi (1992). The instrument showed high internal consistency (α = 0.84–0.89).

Results indicate overall positive improvements, particularly in self-efficacy and enjoyment of mathematics. Gender-based analysis shows that girls improved significantly in all dimensions ($p < .001$), whereas boys showed significant gains mainly in enjoyment ($p = .0004$). Inter-gender comparison revealed no significant global differences, although differential effects appeared by dimension.

The findings suggest that the STEAM proposal supported by educational calculators is an effective strategy to enhance mathematical attitudes in primary education, with gender-related nuances that should be considered in instructional design.

KEYWORDS: STEAM education; mathematics attitudes; educational calculator; primary education; gender

INTRODUCCIÓN

Las actitudes hacia las matemáticas constituyen un factor determinante en el rendimiento y la persistencia del alumnado. Variables como el interés, el disfrute, la autoeficacia y la utilidad percibida influyen de manera significativa en la relación del estudiante con la disciplina. En este contexto, los enfoques STEAM y el uso de herramientas tecnológicas educativas se presentan como estrategias prometedoras para favorecer experiencias matemáticas más significativas.

La situación de aprendizaje "*El Laboratorio de Margarita"*, desarrollada por la división educativa de CASIO y la Fundación Margarita Salas en el marco del programa Dinamizadores STEAM de alfabetización científico-tecnológica en el medio rural y ambientes desfavorecidos, integra resolución de problemas, metodologías activas y uso de calculadora educativa.

El fin de esta situación de aprendizaje es promover un trabajo competencial en el aula a través de la vida, el descubrimiento y los logros de Margarita Salas. Las investigaciones de esta bioquímica han tenido un impacto directo en campos como la oncología, la medicina forense y la arqueología, por lo que el trabajo a desarrollar con el alumnado a través de este cuaderno es transdisciplinar.

Las actividades propuestas combinan las matemáticas con la genética o la biología mediante acciones contextualizadas. Trabajar conceptos matemáticos con problemas de la vida real genera motivación en el alumnado, ya que les permite ver la utilidad de los conceptos trabajados y mejora la retención de los conocimientos.

El objetivo de este trabajo evaluar el impacto de la intervención en las actitudes matemáticas del alumnado de Educación Primaria y analizar posibles diferencias en función del género.

La situación de aprendizaje está disponible en: https://www.edu-casio.es/recurso/el-laboratorio-de-margarita/

Las actitudes hacia las matemáticas constituyen un factor determinante en el aprendizaje, influyendo en el rendimiento, la motivación y la persistencia del alumnado. Variables como el interés, el disfrute, la autoeficacia o la utilidad percibida configuran la relación del estudiante con la disciplina (Auzmendi, 1992). Diversos estudios internacionales han evidenciado que las actitudes negativas hacia las matemáticas se asocian con menor rendimiento y mayor evitación de tareas matemáticas (Alemany-Arrebola et al., 2025).

En este contexto, la autoeficacia matemática, entendida como la percepción de competencia para resolver tareas, emerge como una variable clave. Informes internacionales como PISA muestran que la autoeficacia se relaciona de forma positiva con el rendimiento y la motivación, así como con la persistencia ante tareas complejas (OECD, 2025). Asimismo, investigaciones recientes señalan que la autoeficacia está estrechamente vinculada a variables emocionales como la ansiedad matemática y a los enfoques de aprendizaje, influyendo directamente en la implicación del alumnado (Rozgonjuk et al., 2020).

Paralelamente, el enfoque STEAM ha cobrado relevancia como modelo educativo orientado a integrar conocimientos y promover aprendizajes significativos en contextos reales. La literatura señala que el enfoque STEAM, centrado en la indagación y el aprendizaje basado en proyectos, favorecen la motivación, el pensamiento crítico y la conexión entre disciplinas (Martín-Cudero et al., 2024; Sánchez Milara y Cortés Orduña, 2024). Estas metodologías permiten superar una enseñanza fragmentada de las matemáticas, facilitando su aplicación en contextos científicos y tecnológicos, lo que contribuye al desarrollo de la alfabetización científica.

La situación de aprendizaje *El Laboratorio de Margarita* se alinea con estos planteamientos al integrar contenidos matemáticos con fenómenos biológicos, promoviendo la resolución de problemas contextualizados y el uso del método científico. Este tipo de propuestas favorece la comprensión profunda de conceptos abstractos al vincularlos con situaciones reales, incrementando la relevancia percibida de las matemáticas y, por tanto, su aceptación por parte del alumnado.

El uso de herramientas tecnológicas, como la calculadora educativa, refuerza este enfoque al permitir

centrar el aprendizaje en procesos cognitivos de orden superior (análisis, interpretación, modelización), reduciendo la carga operativa. La integración de estas herramientas se relaciona con el desarrollo del pensamiento computacional y la capacidad de modelización matemática en contextos reales. Además, la investigación muestra que el uso de tecnología educativa puede mejorar la actitud del alumnado al incrementar la percepción de utilidad y disfrute en el aprendizaje (Acosta-Gonzaga y Walet, 2016).

Por otro lado, el enfoque STEAM contribuye al fomento de vocaciones científico-tecnológicas, especialmente cuando incorpora referentes y contextos significativos. La inclusión de modelos como Margarita Salas resulta clave para reducir la brecha de género en STEM, dado que la literatura ha señalado diferencias en autoeficacia y percepción de competencia entre chicos y chicas en estos ámbitos (Whitcomb et al., 2020). En este sentido, promover experiencias positivas en matemáticas desde edades tempranas resulta fundamental para el desarrollo de trayectorias académicas en áreas STEAM.

En conjunto, la integración de metodologías STEAM, el uso de herramientas tecnológicas y el diseño de situaciones de aprendizaje contextualizadas constituyen estrategias eficaces para mejorar las actitudes hacia las matemáticas, potenciar la alfabetización científica y favorecer el desarrollo de vocaciones científico-tecnológicas. Estas propuestas responden a las demandas educativas actuales, orientadas a formar ciudadanos críticos, competentes y capaces de desenvolverse en entornos complejos y tecnológicamente avanzados.

METODOLOGÍA

i. DISEÑO: Se empleó un diseño cuantitativo cuasi-experimental pretest-postest sin grupo control.

PARTICIPANTES: La muestra estuvo compuesta por 77 estudiantes de Educación Primaria (6–12 años) procedentes de seis comunidades autónomas españolas. La distribución por género fue equilibrada (52 % niñas; 48 % niños).

ii. INSTRUMENTO: Se utilizó un cuestionario de 26 ítems en escala Likert (1–5) adaptado de Auzmendi (1992), organizado en cuatro dimensiones: interés personal, gusto por las matemáticas, autoeficacia y utilidad percibida. La consistencia interna fue alta (α entre 0,84 y 0,89), lo que respalda la fiabilidad del instrumento.

iii. PROCEDIMIENTO: La intervención se desarrolló entre diciembre de 2024 y junio de 2025 mediante la implementación individual de la situación de aprendizaje con cuadernillo didáctico y calculadora CASIO fx-55 PLUS.

iv. ANÁLISIS DE DATOS: Se aplicaron pruebas t de Student para muestras relacionadas (pretest–postest) y para muestras independientes (comparación por género). El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$.

RESULTADOS

i. RESULTADOS GLOBALES: Se observa un incremento medio del 7,9 % en respuestas positivas tras la intervención, destacando las dimensiones de autoeficacia y gusto por las matemáticas. Los resultados pueden apreciarse en la Figura 1.

ii. RESULTADOS EN ALUMNAS: En el grupo femenino ($n = 40$) se encontraron mejoras estadísticamente significativas en las cuatro dimensiones analizadas ($p < 0,001$). La mayor ganancia se registró en autoeficacia (+16,1 %), lo que indica un fortalecimiento notable de la confianza matemática.

iii. RESULTADOS EN ALUMNOS: En el grupo masculino ($n = 37$), el gusto por las matemáticas mostró una mejora significativa ($p = 0,0004$; +29,3 %). Las restantes dimensiones presentaron mejoras no significativas.

iv. COMPARACIÓN INTERGÉNERO: El análisis comparativo no evidenció diferencias significativas globales entre niños y niñas ($p = 0,13$). No obstante, se observaron efectos diferenciales por dimensión: mayor incremento de autoeficacia en niñas y mayor incremento de gusto en niños.

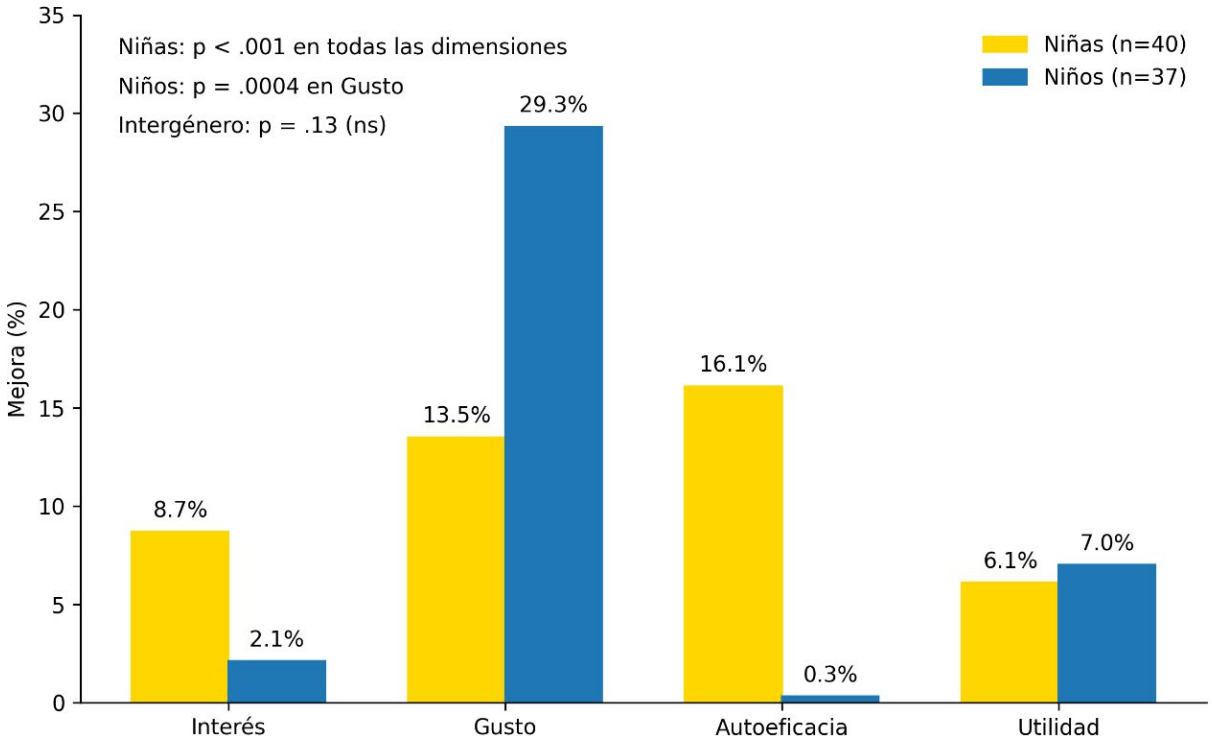


Figura 1. Mejora porcentual por dimensión (Interés, Gusto, Autoeficacia y Utilidad) en función del género tras la implementación de la situación de aprendizaje STEAM. Las barras amarillas representan a las alumnas y las azules al alumnado masculino. Se observa un mayor incremento en autoeficacia en las niñas y en gusto por las matemáticas en los niños.

DISCUSIÓN

Los resultados confirman el potencial de la intervención STEAM con calculadora para mejorar actitudes matemáticas en Educación Primaria. La mejora general coincide con investigaciones previas que destacan el valor motivacional de los enfoques activos y tecnológicos.

Especialmente relevante es el incremento de la autoeficacia en las niñas, variable clave para la persistencia en áreas STEM. Paralelamente, el aumento del gusto en los niños sugiere un impacto emocional positivo diferenciado. La ausencia de diferencias globales por género indica que la propuesta es equitativa en términos generales.

CONCLUSIONES

La situación de aprendizaje STEAM analizada produce mejoras actitudinales significativas en el alumnado de Educación Primaria. La autoeficacia emerge como la dimensión más impactada, especialmente en las niñas, mientras que el gusto por las matemáticas mejora de forma más acusada en los niños. La calculadora educativa se confirma como un recurso pedagógico eficaz en contextos STEAM.

Se recomienda ampliar la muestra y desarrollar estudios longitudinales que permitan consolidar estos hallazgos.

REFERENCIAS

Acosta-Gonzaga, E., y Walet, N. R. (2016). The role of attitudinal factors in mathematical online assessments: A study of undergraduate STEM students. Computers y Education, 94, 171–182. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.002

Alemany-Arrebola, I., Rojas-Ruiz, G., Granda-Vera, J., y Mingorance-Estrada, Á. C. (2025). Students' attitudes towards mathematics and their relationship with academic performance. Humanities and Social Sciences Communications, 12(1), 1–10. https://doi.org/10.1057/s41599-025-04548-x

Auzmendi, E. (1992). Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitarias. Mensajero.

George, D., y Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference (4th ed.). Allyn y Bacon.

Martín-Cudero, D., Fernández-Morante, C., y Cebreiro, B. (2024). Analysis of mathematics education from a STEAM perspective: A systematic review. Journal of Technology and Science Education, 14(2), 1–20. https://doi.org/10.3926/jotse.2349

OECD. (2025). Mindsets, attitudes and learning: Results from PISA 2022. OECD Publishing.

Rozgonjuk, D., Kraav, T., Mikkor, K., Orav-Puurand, K., y Täht, K. (2020). Mathematics anxiety, self-efficacy and approaches to learning among STEM and non-STEM students. International Journal of STEM Education, 7(46). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00246-z

Sánchez Milara, I., y Cortés Orduña, M. (2024). Possibilities and challenges of STEAM pedagogies. Education Sciences, 14(3), 1–15. https://doi.org/10.3390/educsci14030234

Whitcomb, K. M., Singh, C., y Ulsh, A. (2020). A mismatch between self-efficacy and performance among undergraduate women and men in physics and engineering. Physical Review Physics Education Research, 16(1), 010104. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010104

La confusión en un debate científico escolar: estructura argumentativa y comprensión conceptual

Sonia Pamplona[1], Safaa Shamhood[1], Rafael Campillosl[1], Ignacio Idoyaga [1], María Martínez-Chicharro[1], Beatriz Pérez-Bueno[2], Rubén Montecinos [3], Angel Ezquerra[1].

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid.

[2] Universidad CEU Fernando III, CEU Universities, Sevilla.

[3] Universidad de Santiago de Chile

* Correspondencia: spamplon@ucm.es

RESUMEN: Dado el papel central de la argumentación en la construcción del conocimiento y la relevancia de la confusión como emoción vinculada al aprendizaje, este trabajo examina cómo la estructura argumentativa se relaciona con la aparición de dicha emoción en un debate científico escolar. El estudio se basa en un debate entre cuatro estudiantes de 1º de Bachillerato sobre el movimiento, del cual se analiza un fragmento de 45 segundos. Se combinan dos enfoques metodológicos: (1) un análisis del discurso según el modelo de Stephen Toulmin y (2) un análisis de la emoción de confusión mediante un software de reconocimiento facial de expresiones, validado mediante observación y acuerdo interjueces. Los resultados muestran que ningún estudiante explicita justificaciones (*warrants*) y que la confusión aparece asociada a esta ausencia. Asimismo, se observa que los estudiantes construyen sus argumentos desde una base perceptiva, sin recurrir a conceptos físicos clave. Se concluye que la confusión que aparece en este debate no solo responde a dificultades discursivas, sino también conceptuales, y que el debate llevado a cabo constituye una herramienta útil para hacer visibles estas dificultades y favorecer el andamiaje del aprendizaje científico. Desde el punto de vista metodológico, el análisis de emociones mediante reconocimiento facial permite identificar con precisión de 33 milisegundos los momentos en los que emerge la confusión, facilitando un seguimiento detallado del desarrollo del debate y su relación con eventos discursivos específicos y con las dificultades argumentativas y conceptuales subyacentes.

PALABRAS CLAVE: debate; argumentación científica; emociones; confusión; comprensión conceptual

ABSTRACT: Given the central role of argumentation in knowledge construction and the relevance of confusion as an emotion linked to learning, this study examines how argumentative structure relates to the emergence of this emotion in a scientific classroom debate. The study is based on a discussion about motion among four upper secondary students, from which a 45-second fragment is analyzed. Two methodological approaches are combined: (1) discourse analysis based on the model of Stephen Toulmin, and (2) analysis of the emotion of confusion using facial expression recognition software, validated through observation and inter-rater reliability. The results show that none of the students explicitly articulate warrants, and that confusion is associated with this absence, particularly when ideas related to the concept of a reference frame are introduced. Furthermore, students construct their arguments on a perceptual basis, without drawing on key physical concepts. It is concluded that confusion arises not only from discursive difficulties but also from conceptual ones, and that debate constitutes a valuable tool for making these difficulties visible and supporting scaffolding in scientific learning. From a methodological perspective, emotion analysis through facial recognition allows the identification of moments when confusion emerges with a temporal resolution of 33 milliseconds, enabling a detailed tracking of the development of the debate and its relationship with specific discursive events, as well as underlying argumentative and conceptual difficulties.

KEYWORDS: debate; scientific argumentation; emotions; confusion; conceptual understanding

INTRODUCCIÓN

La argumentación es ampliamente reconocida como una de las habilidades más complejas y esenciales en la práctica científica (Adúriz-Bravo et al., 2005; Duschl, 1990). No se limita a la competencia retórica, sino que es un pilar fundamental para construir, validar y difundir el conocimiento científico.

Desde una perspectiva educativa, la argumentación se considera cada vez más una herramienta clave para promover el pensamiento crítico y la construcción de explicaciones científicas en el aula (Driver et al., 2000). Además, constituye un eje estructural en la enseñanza de las ciencias (Adúriz-Bravo et al., 2005).

En las últimas décadas, se ha prestado creciente atención al papel de las emociones en el aprendizaje. Las investigaciones muestran que las emociones no solo afectan el rendimiento académico, sino que también están estrechamente vinculadas con la comprensión conceptual (Mellado et al., 2014). Por ello, el aprendizaje no puede considerarse un proceso puramente cognitivo; las emociones actúan como moduladores, potenciando o inhibiendo el cambio conceptual (Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2014).

Entre las emociones, la confusión es especialmente relevante. Aunque suele resultar incómoda, puede actuar como un catalizador para un aprendizaje más profundo si los estudiantes reciben el apoyo adecuado (D'Mello et al., 2011). La confusión surge cuando la persona busca cómo integrar nueva información con conocimientos previos, generando oportunidades para construir nuevos significados. Sin embargo, si no se gestiona, puede transformarse en frustración y dificultar el progreso conceptual (Mellado et al., 2014). Por su importancia en contextos de aprendizaje que implican argumentación y cambio conceptual, la confusión merece un análisis detallado.

Dado el papel central de la argumentación en la construcción del conocimiento y la relevancia de la confusión como emoción vinculada al aprendizaje, resulta pertinente explorar cómo se relacionan ambos fenómenos en contextos educativos. Comprender la interacción entre la estructura argumentativa de un debate escolar y la aparición de la confusión puede aportar información valiosa sobre los mecanismos subyacentes del aprendizaje. Así, la presente investigación se centra en la siguiente cuestión: ¿Qué relación existe entre la estructura argumentativa de un debate escolar y la aparición de la confusión?

METODOLOGÍA

El diseño de la investigación consistió en una discusión académica acerca del movimiento entre cuatro estudiantes de 1º de Bachillerato, codificados como E01, E02, E03 y E04. Para ello, los estudiantes se situaron alrededor de una mesa y se les planteó la cuestión con el objetivo de que debatieran libremente. En este trabajo se analiza un fragmento de 45 segundos correspondiente al momento en que se introduce la pregunta "¿nos estamos moviendo ahora mismo?". La discusión fue grabada en su totalidad y, a partir de ella, se llevaron a cabo dos tipos de análisis complementarios.

1. Análisis del contenido del discurso

Se realizó un análisis de contenido para identificar los componentes de la argumentación según el modelo de Stephen Toulmin, utilizando las siguientes categorías:

- **Afirmación (claim).** Afirmación principal o idea que el hablante pretende sostener.
- **Evidencia (data).** Hecho, prueba o información que fundamenta la afirmación (claim).
- **Justificación (warrant).** Principio o razonamiento que establece la conexión entre la evidencia (data) y la afirmación (claim). Puede aparecer de forma explícita o permanecer implícito en el discurso.
- **Cualificador (qualifier).** Condición para que se cumpla una afirmación (claim).

2. Análisis de la emoción de confusión

Se llevo a cabo un análisis de la emoción de confusión usando el software iMotions (Ezquerra et

al., 2022, 2023, 2024) que permite analizar expresiones faciales con una resolución temporal de 33 ms. En primer lugar, se analizaron las cuatro grabaciones utilizando dicho software, obteniendo la identificación automatizada de los intervalos en los que se detecta la emoción de confusión.

A continuación, se realizó un análisis observacional de estos intervalos con el objetivo de validar los resultados automatizados. El objetivo de este análisis fue descartar posibles falsos positivos y ajustar la delimitación temporal de los episodios de confusión.

Para reforzar la fiabilidad del análisis, se llevó a cabo una validación interobservador. Tres investigadores analizaron de forma independiente los episodios de confusión detectados de forma automática, examinando las expresiones faciales y, cuando procedía, verbales. Los tres observadores coincidieron en la totalidad de los episodios de confusión identificados automáticamente, lo que implica un acuerdo máximo. No obstante, este resultado debe interpretarse con cautela, dado el número limitado de episodios analizados y la naturaleza acotada del fragmento, si bien aporta evidencia consistente sobre la robustez de la identificación automática de la confusión.

RESULTADOS

Los resultados del análisis de las intervenciones de cada participante en el debate, incluyendo la cronología, las transcripciones y la identificación de los componentes del discurso según el modelo de Toulmin (Toulmin, 1958), se muestran en el Anexo 1. A continuación, se ofrece una síntesis de dicho análisis (Tabla 1), en la que se recogen los elementos argumentativos utilizados por cada estudiante, así como el número episodios de confusión manifestados a través de expresiones faciales.

En cuanto al uso de elementos argumentativos, la conclusión más importante es que ninguno de los estudiantes realiza una justificación explícita (*warrant*) en el debate analizado. En cuanto la aparición de la emoción de confusión se puede observar que todos los estudiantes han mostrado uno o más episodios de confusión durante el debate excepto el estudiante E04.

Tabla 1. Uso de elementos argumentativos y muestras de confusión por estudiante

Estudiante	Uso de elementos argumentativos Toulmin	Episodios de confusión (expresiones faciales)
E01	Afirmaciones Cualificadores	1
E02	Afirmaciones Evidencias	2
E03	Afirmaciones Evidencias Justificación implícita	1
E04	Afirmaciones Cualificadores Justificación implícita	0

El análisis del discurso basado en el modelo de Stephen Toulmin muestra que, en el fragmento de debate analizado, la aparición de confusión está estrechamente vinculada a la ausencia de justificaciones (*warrant*). Además, este resultado adquiere mayor profundidad cuando se pone en relación con la naturaleza de los conceptos físicos que no aparecen en el debate y con la complejidad histórica del concepto de movimiento.

En la fase inicial, los estudiantes construyen un argumento apoyado en una justificación implícita compartida ("si la Tierra se mueve y estamos en ella, entonces nos movemos"). Este razonamiento,

aunque incompleto desde el punto de vista formal, resulta comprensible porque se basa en una interpretación perceptiva del movimiento, centrada en lo que "se mueve" desde la experiencia cotidiana.

No obstante, a medida que avanza el debate, los estudiantes E01 y E04 introducen la dependencia del movimiento respecto al observador, ante lo cual los estudiantes E02 y E03 reaccionan mostrando confusión, tanto verbal ("¡Qué paranoia!") como no verbal (expresiones faciales). Desde el punto de vista conceptual, las afirmaciones de E01 y E04 apuntan hacia la noción de sistema de referencia, aunque este elemento no llega a explicitarse. En términos argumentativos, esto se traduce en la ausencia de justificaciones que sustenten las afirmaciones, ya que el principio físico que daría coherencia al razonamiento (la relatividad del movimiento respecto a un sistema de referencia) no se menciona.

En consecuencia, las afirmaciones del debate se construyen sobre una base perceptiva. Esto tiene implicaciones directas en la estructura argumentativa: los estudiantes E01 y E04, al no disponer de los conceptos científicos necesarios, no pueden formular justificaciones, sino que recurren a ejemplos y analogías cuya interpretación no es necesariamente común, lo que se traduce en confusión por parte de los estudiantes E02 y E03.

Así, en este debate, la confusión no solo se explica por la ausencia o inaccesibilidad de las justificaciones, sino también por la falta del uso de conceptos físicos, que ya estaban incluidos en los currículums de los cursos anteriores al estudiado. Dicho de otro modo, la dificultad para construir argumentos completos no es únicamente discursiva, sino también conceptual: los estudiantes carecen de los recursos necesarios para hacer explícito el principio que conecta sus evidencias con sus afirmaciones. Además, estos resultados remiten a la evolución histórica del concepto de movimiento. La pregunta planteada, si nos estamos moviendo o no, ha constituido un problema central en la historia de la física.

CONCLUSIONES

En cuanto a las implicaciones educativas, el tipo de debate realizado se revela como una herramienta eficaz para hacer visibles tanto las dificultades conceptuales como las carencias en la estructura argumentativa del alumnado. La aparición de la confusión durante la interacción constituye una oportunidad para el andamiaje, al permitir identificar y apoyar la explicitación de los principios que sustentan las afirmaciones. En este sentido, el debate llevado a cabo puede favorecer la revisión y reconstrucción del conocimiento, promoviendo formas de razonamiento más próximas al discurso científico.

Desde el punto de vista metodológico, el análisis de emociones mediante reconocimiento facial ha permitido identificar con precisión de milisegundos los momentos en los que emergen expresiones de confusión. Esto posibilita un seguimiento detallado del desarrollo temporal del debate y su vinculación tanto con eventos discursivos específicos como con las dificultades argumentativas y conceptuales subyacentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, A., Bonan, L., Galli, L. G., Chion, A. R., & Meinardi, E. (2005). Scientific Argumentation In Pre-service Biology Teacher Education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *1*(1), 76–83. https://doi.org/10.12973/ejmste/75333

D'Mello, S. K., Lehman, B., & Graesser, A. (2011). A Motivationally Supportive Affect-Sensitive AutoTutor. In R. A. Calvo & S. K. D'Mello (Eds.), *New Perspectives on Affect and Learning Technologies* (pp. 113–126). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9625-1_9

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287–312. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A

Duschl, R. A. (1990). Restructuring Science Education: The Importance of Theories and Their Development . In *New York*. Teachers College Press.

Ezquerra, A., Agen, F., Rodríguez-Arteche, I., & Ezquerra-Romano, I. (2022). Integrating Artificial Intelligence

into Research on Emotions and Behaviors in Science Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *18*(4), em2099. https://doi.org/10.29333/ejmste/11927

Ezquerra, A., Agen, F., Toma, R. B., & Ezquerra-Romano, I. (2023). Using facial emotion recognition to research emotional phases in an inquiry-based science activity. *Research in Science & Technological Education*, 1–24. https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2232995

Ezquerra, A., Pamplona, S., Casas-Mas, A., & Nieto-Gómez, I. (2024). Estudio de emociones en un proceso de ruptura cognitiva a través del reconocimiento facial. *Enseñanza de Las Ciencias*, *42*(1), 23–42. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5987

Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R., & Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *32*(3). https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478

Pekrun, R., & Linnenbrink-Garcia, L. (2014). International handbook of emotions in education. In *International Handbook of Emotions in Education*. https://doi.org/10.4324/9780203148211

Toulmin, S. E. (1958). The Uses of Argument. In *The Uses of Argument: Updated Edition*. Cambridge University Press. https://www.cambridge.org/core/books/uses-of-argument/26CF801BC12004587B66778297D5567C

ANEXO 1

Intervenciones por participante: cronología, transcripción e identificación de los componentes del discurso (Modelo de Toulmin)

Participante	Intervalo de tiempo	Intervención	Identificación de los componentes del discurso (Modelo de Toulmin)
Profesor	2:53	¿Nos estamos moviendo ahora mismo?	
E01	2:57 – 2:57	"Sí"	Afirmación: Nos estamos moviendo ahora mismo
E02	2:57 – 2:57	"Sí"	Afirmación: Nos estamos moviendo ahora mismo
E03	2:57 – 2:57	"Sí"	Afirmación: Nos estamos moviendo ahora mismo
E04	2:57 – 2:57	"Bueno, sí"	Afirmación: Nos estamos moviendo ahora mismo
E04	2:58 – 2:59	"Bueno, sí, porque se mueve la tierra"	Evidencia: La tierra se mueve Justificación implícita: Nosotros estamos en la tierra Afirmación: Nos estamos moviendo ahora mismo
E03	2:59 – 3:00	"Claro, porque la tierra se está moviendo"	Evidencia: La tierra se está moviendo Justificación implícita: Nosotros estamos en la tierra Afirmación: Nos estamos moviendo ahora mismo
E01	2:59 – 3:00	Episodio de confusión (expresiones faciales)	
E02	3:01 – 3:02	"Pero se está moviendo la tierra, no nosotros"	Afirmación: La tierra se está moviendo Afirmación: Nosotros NO nos estamos moviendo
E01	3:02 – 3:02	"Claro" (respuesta a E02)	Afirmación: La tierra se está moviendo Afirmación: Nosotros no nos estamos moviendo
E04	3:03 – 3:15	"Depende, porque, ¿cómo era? Lo de que el movimiento es subjetivo o algo así. Si yo estoy dentro de un coche, lo que se mueve para mí es lo de fuera. Y para los de fuera me estoy moviendo yo."	Afirmación: El movimiento depende de "algo". Cualificador: Si yo estoy dentro de un coche Afirmación: Lo que se mueve para mí es lo de fuera. Cualificador: Para los de fuera Afirmación: Me estoy moviendo yo

Participante	Intervalo de tiempo	Intervención	Identificación de los componentes del discurso (Modelo de Toulmin)
E02	3:05 - 3:06	Episodio de confusión (expresiones faciales)	
E02	3:15 – 3:15	¡Qué paranoia!	
E01	3:16 – 3:17	"En verdad, sí, sí, sí"	
E01	3:17 – 3:25	"Sí, porque, por ejemplo, tú estás en una taza de estas que giran. Tú realmente no te mueves. Gira la taza. Pero si alguien te observa desde lejos, se están moviendo las dos cosas".	Cualificador: Si tú estás en una taza de estas que giran Afirmación: Tú realmente no te mueves, gira la taza Cualificador: Si alguien te observa desde lejos Afirmación: Se están moviendo las dos cosas (tú y la taza)
E04	3:25 – 3-34	"Si tú vas con tu padre en tu coche, tu padre no sé está moviendo, sigue al lado tuyo. Pero el coche se está moviendo. Entonces, para los de fuera, os estáis moviendo."	Cualificador: Si tú vas con tu padre en tu coche Warrant: Tu padre sigue al lado tuyo Afirmación: Tu padre no está moviendo Evidencia: El coche se está moviendo Cualificador: Para los de fuera Afirmación: Os estáis moviendo (tú y tú padre)
E02	3:25 – 3:27	Episodio de confusión (expresiones faciales)	
E03	3:26 – 3:27	Episodio de confusión (expresiones faciales)	
E04	3:36 -3:38	"Si lo miras desde fuera de la tierra, nos estamos moviendo".	Cualificador: Si lo miras desde fuera de la tierra Afirmación: Nos estamos moviendo

Las emociones de estudiantes de educación primaria cuando indagan sobre las plantas

Mireia Illescas-Navarro[1], Granada Muñoz-Franco[1], Belén Sánchez-Humanes[2]

[1] Departamento de Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, Universidad de Sevilla, España.

[2] Departamento de Biología y Geología, IES Néstor Almendros, Tomares, Sevilla, España.

* Correspondencia: millescas@us.es

RESUMEN: Este trabajo muestra los efectos de una intervención educativa sobre las emociones de los escolares. Se trata de una intervención basada en la indagación en educación primaria, partiendo de la pregunta *¿Qué hace que las plantas sean plantas?* El objetivo es averiguar qué emociones experimenta el alumnado en tres momentos de un proceso de enseñanza aprendizaje basado en la indagación. Se diseña una intervención en varias sesiones y se recogen las emociones epistémicas del alumnado mediante un breve formulario. El análisis de las frecuencias de respuesta evidencia que la mayor parte del alumnado inicia el proceso sintiendo curiosidad, durante la experimentación la curiosidad se combina con entusiasmo, además de confusión y frustración, finalmente destaca el entusiasmo como emoción predominante en el alumnado por comunicar lo que han averiguado. Estos resultados permiten, por una parte, apoyar la enseñanza-aprendizaje basados en la indagación como motor motivacional en la enseñanza de las ciencias y, por otra, poner el foco en la necesidad del acompañamiento del profesorado en el proceso, especialmente, en los puntos clave en los que se ha de aprovechar la confusión y frustración como puntos de partida en la búsqueda de soluciones y el avance de la indagación.

PALABRAS CLAVE: indagación escolar; educación primaria; emociones; prácticas científicas

ABSTRACT: This study shows the effects of an educational intervention on pupils' emotions. It involves an inquiry-based intervention in primary education, centred on the question: *What makes plants plants?* The aim is to identify the emotions experienced by pupils at three different stages of an inquiry-based teaching and learning process. An intervention comprising several sessions was designed, and pupils' epistemic emotions were collected using a short questionnaire. Analysis of the response frequencies shows that most pupils begin the process feeling curious; during the experimentation, curiosity is combined with enthusiasm, as well as confusion and frustration; finally, enthusiasm emerges as the predominant emotion among pupils as they want to communicate what they have discovered. These results serve, on the one hand, to support inquiry-based teaching and learning as a motivational driver in science education and, on the other, to highlight the need for teachers to guide the process, particularly at key junctures where confusion and frustration should be harnessed as starting points for finding solutions and advancing the inquiry.

KEYWORDS: inquiry-based learning; primary education; emotions; scientific practices

INTRODUCCIÓN

En la literatura se ha mencionado ya la íntima relación entre las emociones y los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias (Marcos-Merino, 2019; Mellado et al., 2014). Concretamente, las emociones epistémicas -sorpresa, curiosidad, confusión, ansiedad, frustración, aburrimiento y entusiasmo- (Pekrun y Linnenbrink-Garcia, 2012; Pekrun y Stephens, 2012) son aquellas que se activan en los procesos de adquisición de conocimientos. Estas se han estudiado en los procesos de enseñanza-aprendizaje basados en la indagación (Han & Seok Oh, 2025).

Se ha comprobado que el estudiantado va experimentando una combinación de distintas emociones epistémicas a lo largo del aprendizaje de las ciencias basado en la indagación. Por ejemplo, estudios en formación inicial de docentes destacan inseguridad del alumnado en el planteamiento de problemas y

el diseño experimental, mientras que viran al disfrute y la confianza durante el proceso de realización de experimentos, análisis de datos y conclusiones (Alarcón-Orozco et al., 2025). Esto sugiere la importancia de que el docente ofrezca un andamiaje, tanto emocional como didáctico, a lo largo del proceso de indagación, para ayudar al alumnado a manejar la incertidumbre y las frustraciones normales en el proceso científico (Manz y Suárez, 2018).

En esta línea, cuando el profesorado aplica metodologías activas, actividades prácticas e interactivas, el alumnado experimenta emociones como alegría, entusiasmo, satisfacción y confianza, con menos aburrimiento y ansiedad, que se contagian al profesorado (Martínez-Roig et al., 2023) y contribuyen a un aprendizaje significativo y a mejorar las actitudes del alumnado hacia las ciencias (Muñoz-Losa y Corbacho-Cuello, 2025; King et al., 2015). En particular, cuando se trabaja la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, las habilidades sociales como la colaboración y la comunicación se ven favorecidas (Mandrikas et al. 2024; Seprie et al., 2025), gracias a la curiosidad, alegría y sorpresa que acompañan el trabajo de indagación (Han y Seok Oh, 2025), estrechamente ligados a aspectos cognitivos y afectivos (Han y Gutierez, 2021). Por el contrario, cuando los resultados no encajan con lo esperado, la tarea resulta desconocida y el alumnado duda de su desempeño, aparecen emociones como confusión, ansiedad o frustración (Gutierez y Han, 2025; Han y Seok Oh, 2025).

Por todo ello, este estudio tiene como finalidad evaluar qué emociones experimenta un conjunto de estudiantes de educación primaria en tres momentos distintos de un proceso de enseñanza-aprendizaje basado en la indagación.

METODOLOGÍA

Contexto, participantes e instrumento de recogida de datos

La intervención educativa se diseñó para 37 alumnos y alumnas de educación primaria, de 9 a 12 años. En su centro escolar, Myland International School, en Bollullos de la Mitación, provincia de Sevilla (España). Es una escuela con una filosofía que promueve la enseñanza con pedagogías activas, facilita el contacto con la naturaleza y atiende a las inquietudes e intereses del alumnado, adaptándose a distintos ritmos de aprendizaje y fomentando su autonomía. El alumnado se distribuye en dos aulas multi nivel con 20 y 17 estudiantes cada una.

El trabajo se plantea como un estudio de caso, ya que permite obtener información contextualizada (Yin, 2018) en este centro con características particulares. La muestra no aleatoria, de conveniencia, la constituyen 26 escolares que respondieron a un sencillo cuestionario en que se les pedía que identificasen las emociones epistémicas sentidas en tres momentos de la intervención, además de una pequeña justificación.

Diseño de la intervención educativa

Se propone al alumnado una indagación con el doble objetivo de aprender acerca de las plantas y sobre la metodología científica. Antes de comenzar la implementación, las investigadoras aportan información al profesorado acerca de la metodología científica y la investigación escolar. La temporalización es de cinco semanas: una vez a la semana, aproximadamente, las investigadoras acuden al centro, y el profesorado hace el seguimiento de la indagación el resto del tiempo, manteniendo el contacto con las investigadoras. Se detallan a continuación las seis sesiones con presencia de las investigadoras.

Sesión 1: presentación de la indagación, planteamiento de la pregunta propuesta por las investigadoras: ¿Qué hace que las plantas sean plantas? Y recogida de conocimientos previos

Partiendo de una pregunta complementaria *¿En qué se parecen o diferencian las plantas de nosotras, las personas?* Se inicia con un debate dirigido.

Se lleva a cabo una actividad dinámica para la recogida de las hipótesis del alumnado: se reparten *post-it* y cada estudiante escribe su idea. Se realiza un mural común y se recogen las ideas, agrupándolas por similitud. El objetivo es averiguar conocimientos previos y dirigir al alumnado a la formulación de una lista de hipótesis, que se les presentan como "ideas que pueden probar" en una investigación escolar.

Del coloquio y puesta en común se recoge una lista de hipótesis.

Antes de la sesión 2, las investigadoras seleccionan cinco hipótesis para cada grupo-clase, siguiendo el criterio de viabilidad, teniendo en cuenta el material con el que se puede contar y los tiempos de experimentación (Tabla 1). Con ayuda del profesorado, prevén la designación de las hipótesis a los distintos equipos, aplicando criterios de nivel de desarrollo dentro de la diversidad de las aulas.

Tabla 1. Lista de hipótesis seleccionadas para cada grupo-clase

HIPÓTESIS GRUPO-CLASE A	HIPÓTESIS GRUPO-CLASE B
"Tienen semillas que sirven para que nazca otra planta"	"Las plantas se comunican, se relacionan con el entorno"
"Tienen vida: Crecen"	"Las plantas no se mueven de sitio"
"Tienen vida: Viven gracias al agua y a la tierra"	"Las plantas (solo) se reproducen por semillas"
"Tienen vida: Viven gracias al Sol"	"Las plantas absorben CO2 y sueltan O2"
"Tienen vida: Las plantas respiran"	"Una parte de una planta está viva, aunque esté separada"

Las investigadoras, además, preparan fichas con información básica con la que el alumnado debe contar antes de diseñar las experiencias para su hipótesis.

Sesión 2: Pequeña introducción sobre la metodología científica

Antes de empezar, se retoma la sesión anterior, recordando la dinámica y revisando las ideas que se querían comprobar. Se muestran las hipótesis seleccionadas y se reparten por equipos de trabajo, atendiendo a las preferencias del alumnado, además del criterio del profesorado.

Antes de abordar el diseño de las experiencias, las investigadoras muestran las características de una investigación, conectando con procesos vividos por el alumnado anteriormente, y muestran ejemplos de actividades experimentales con control de variables, para hacer consciente al alumnado de que hacen investigación en la escuela.

Una vez asignada una hipótesis a cada equipo, se les indica que van a diseñar una o varias actividades experimentales para comprobar esas hipótesis. Se promueve y prioriza el diseño propuesto por el alumnado, aunque las investigadoras prestan ayuda y orientan en caso necesario. Para ello, se les aporta una ficha-guía de diseño y seguimiento de la experimentación, para que anoten: hipótesis y preguntas guía, lista de materiales, procedimiento a seguir, recogida de observaciones y resultados, anotación de conclusiones. Cada equipo también decide y se asigna las tareas de recopilación de material, de observación, toma de datos, etc., y pide material al profesorado o a las investigadoras, en caso necesario.

Durante esta sesión las investigadoras y docentes van atendiendo a los equipos en su proceso de diseño y posible búsqueda de información complementaria. Se les anima a prever y organizar cómo será la toma de datos, qué observaciones harán para averiguar los resultados (en qué se van a fijar para determinar ciertas apreciaciones, qué evidencias van a considerar, etc.).

Sesiones 3 y 4: Experimentación

Algunos equipos terminan de ajustar sus diseños en esta sesión. Otros hacen la experimentación completa y otros la preparan (por la variabilidad de tiempos de experimentación, algunos equipos necesitan semanas de observaciones periódicas). Así ponen a prueba las hipótesis con las actividades experimentales que diseñaron en la sesión 2. En sesiones intermedias (sin las investigadoras) el alumnado va recogiendo resultados en sus fichas de seguimiento de la experimentación.

Sesión 5: Elaboración de conclusiones y redacción de una comunicación científica

Las investigadoras acompañan al alumnado en el proceso de análisis de los resultados obtenidos y redacción de conclusiones.

Se aporta a cada equipo una plantilla con formato de artículo científico, además de un modelo sencillo creado ad hoc como ejemplo. El objetivo es que cada equipo prepare la comunicación de sus hallazgos al resto del grupo-clase, como práctica científica. Las investigadoras recogen las comunicaciones para "publicarlas" en la revista "Journal Of Scientific Curiosity. Revista de Investigación Escolar de Myland International School ".

Sesión 6: Comunicación a la comunidad

En esta sesión cada grupo-clase recibe un ejemplar de la revista y cada equipo expone al resto del grupo-clase su proceso de investigación y sus conclusiones.

Recogida y análisis de datos

Al final de la sexta sesión el alumnado responde al cuestionario de elección múltiple, en el que se pregunta sobre sus emociones en tres fases del proceso: (i) Inicio de la investigación, (ii) diseño y principio de experimentación y (iii) comunicación. Además, se recogen las respuestas abiertas sobre el origen de las emociones identificadas.

Los datos relacionados con la presencia de las emociones durante los distintos momentos se han sometido a un análisis de frecuencia, mientras que las respuestas sobre su origen se han clasificado mediante un sistema de categorías basado en las unidades de significado detectadas y se ha calculado la frecuencia de cada categoría.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las frecuencias de respuesta evidencia que, efectivamente, se activan en el alumnado las emociones epistémicas durante el proceso (Pekrun y Stephens, 2012). La mayor parte del alumnado inicia el proceso sintiendo curiosidad, durante la experimentación la curiosidad se combina con entusiasmo, además de confusión y frustración, finalmente destaca el entusiasmo como emoción predominante en el alumnado por comunicar lo que han averiguado (Figura 1).

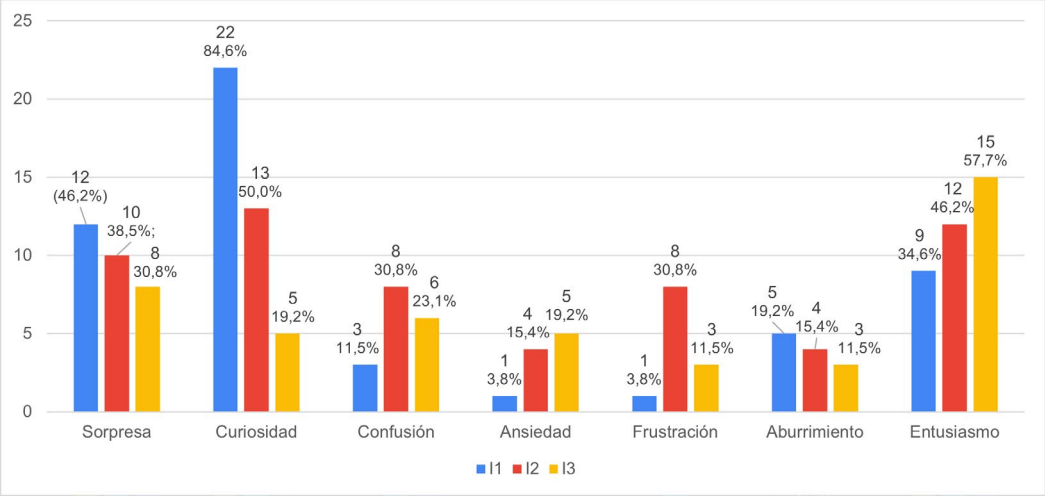


Figura 1. Frecuencia de emociones vinculadas a tres momentos de la indagación: El inicio, con la expresión de conocimientos previos y la recopilación de hipótesis (I1). El proceso intermedio, durante el diseño y realización de la experimentación (I2). El final, la elaboración de conclusiones y comunicación de los resultados de la indagación (I3).

Al profundizar en el origen de las emociones en los distintos momentos de la indagación, se observa que la curiosidad inicial responde en su mayoría (54%) a las ganas del alumnado de aprender algo nuevo y, en menor medida, por el interés por la temática (23%). Por su parte, la sorpresa aparece relacionada con la novedad de la situación (31%).

En esta línea, Han y Seok Oh (2025) hallaron que la curiosidad y el entusiasmo que siente el alumnado promueven una actitud positiva hacia la indagación y facilitan su dedicación mantenida en las tareas.

En cuanto a la fase intermedia, durante el proceso de diseño y experimentación, encontramos que la curiosidad, la sorpresa y el entusiasmo se relacionan con la expectación (38%) y con los nuevos descubrimientos y aprendizajes del alumnado (26%). Además, un 31% manifiesta disfrutar con la actividad. En cambio, la confusión aparece ligada al alumnado que indica sentir que no sabe qué hacer (23%), y aparece la frustración asociada a los casos en los que empiezan a surgir resultados negativos en los experimentos (38%).

Las emociones relacionadas con la inseguridad, en pleno proceso de diseño y experimentación, se han reportado en los estudios de Alarcón-Orozco et al. (2025). Aunque la obtención de resultados negativos genere frustración en el alumnado, Rodríguez Melero et al. (2021) apuntan la importancia de permitir el error como parte del proceso de aprendizaje basado en la indagación. La confusión y la ansiedad contribuyen a que el alumnado encuentre formas alternativas de llevar a cabo su indagación (Han & Seok Oh, 2025).

Finalizando ya el proceso de indagación, los resultados muestran que el hecho de poder comunicar los resultados de su indagación produce entusiasmo en el alumnado (31%). Por su parte, los resultados positivos de la indagación (27%) se relacionan tanto con emociones de entusiasmo y sorpresa (asociada también a resultados inesperados en un 7%), como de ansiedad.

De manera similar a Gutierez y Han (2025) nuestros resultados indican que la obtención de resultados que no apoyan las hipótesis, los fallos en los experimentos o la sensación del alumnado de no saber desempeñar la tarea provocan emociones como confusión, ansiedad o frustración. Sin embargo, el acompañamiento y guía aportados por las investigadoras y el profesorado, según apuntan Manz y Suárez (2018), tiene un papel importante en el hecho de que el alumnado aprenda a manejar la incertidumbre y avance hacia emociones más agradables, como se ha percibido en la última parte de la indagación, sobre todo en la comunicación de conclusiones, y coincidiendo con lo hallado por Alarcón-Orozco et al., (2025) y Seprie et al. (2025).

CONCLUSIONES

Estos resultados permiten, por una parte, apoyar la enseñanza-aprendizaje basados en la indagación como motor motivacional en la enseñanza de las ciencias y, por otra, poner el foco en la necesidad del acompañamiento del profesorado en el proceso, especialmente en los puntos clave en los que se ha de aprovechar la confusión y frustración como acicate en la búsqueda de soluciones y el avance de la indagación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está desarrollado en el marco del Grupo de Investigación DESYM (HUM-168) y el Centro de Investigación COIDESO. Agradecemos la participación y la buena disposición de la comunidad educativa del centro Myland International School.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón-Orozco, M. M., Franco-Mariscal, A. J., Oliva, J. M., y Blanco-López, Á. (2025). Emotions Experienced by Preservice Early Childhood Teachers During a Training Program in Inquiry-Based Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, *62*(8), 1879–1901. https://doi.org/10.1002/tea.70007

Gutierez, S. B., & Han, M. (2025). Elementary School Science teachers' Enactment of Epistemic Empathy as a Responsive Teaching Strategy for students' Negative Epistemic Emotions During Scientific Sense-Making. *Journal of Science Teacher Education*, *36*(8), 1072–1091. https://doi.org/10.1080/1046560X.2025.2483359

Han, M. y Gutiérrez, S.B. (2021). Passive elementary student's constructed epistemic emotions and patterns of participation during small group scientific modeling. *Science Education, 105*, 908–937. https://doi.org/10.1002/sce.21665

Han, M., y Seok Oh, P. (2025). Students' epistemic emotions in a science classroom: Their variations and interactions with practices in structured inquiry. *International Journal of Science Education*, *47*(2), 214-231. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2315100

King, D., Ritchie, S., Sandhu, M., y Henderson, S. (2015). Emotionally Intense Science Activities. *International Journal of Science Education*, *37*(12), 1886–1914. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1055850

Mandrikas, A., Stefanidou, C., & Skordoulis, C. (2024). Enhancing Scientific Practices in primary education through a meteorology-oriented STEM education Program: a case study. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, *25*(2), Pages 53–60. https://doi.org/10.63504/jstem.v25i2.2685

Manz, E., y Suárez, E. (2018). Supporting teachers to negotiate uncertainty for science, students, and teaching. *Science Education, 102*(4), 771–795. https://doi.org/10.1002/sce.21343

Marcos-Merino, J.M. (2019) Análisis de las relaciones emociones-aprendizaje de maestros en formación inicial con una práctica activa de Biología. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 16(1), 1603. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1603

Martínez-Roig, R., Iglesias-Martínez, M. J., y Lozano-Cabezas, I. (2023). Las emociones percibidas por el profesorado en activo en el uso de metodologías activas en el aula. *Research in Education and Learning Innovation Archives (REALIA), 30*, 39–59. https://doi.org/10.7203/realia.30.24336

Mellado, V., Borrachero, A.B., Brígido, M., Melo, L.V., Dávila, M.A., Cañada, F., Conde, M.C., Costillo,E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez,B., Jiménez, R., Bermejo, M.L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 32*(3), 11-36.

Muñoz-Losa, A., Corbacho-Cuello, I. (2025). Impact of Interactive Science Workshops Participation on Primary School Children's Emotions and Attitudes Towards Science. *International Journal of Science and Mathematics Education, 23*, 2689–2706. https://doi.org/10.1007/s10763-024-10539-2

Pekrun, R., Linnenbrink-Garcia, L. (2012). Academic Emotions and Student Engagement. In: Christenson, S., Reschly, A., Wylie, C. (eds) Handbook of Research on Student Engagement. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_12

Pekrun, R., & Stephens, E. J. (2012). Academic emotions. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, S. Graham, J. M. Royer, y M. Zeidner (Eds.), *APA educational psychology handbook, Vol. 2. Individual differences and cultural and contextual factors* (pp. 3–31). American Psychological Association. https://doi.org/10.1037/13274-001

Rodríguez Melero, A.M, Cáceres Ruiz, M.J. y Franco-Mariscal, A.J. (2021). ¿Cómo hacemos crecer una planta?: Una indagación con niños de 3 años de educación infantil. *Enseñanza de las Ciencias, 39*(3), 231–253. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3345

Seprie, S., Wuryandani, W. y Muthmainah, M. (2025). Transforming primary education: balancing social skills and academic achievement through global inquiry-based learning models. *Frontiers in Education, 10,* 1512274. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1512274

Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Sage Publications. http://cds.cern.ch/record/2634179

Aprendiendo a observar científicamente con la descomposición de alimentos: una experiencia en la ESO[1]

Hortensia Morón Monge [1] y Antonio García-Carmona [2]

[1,2] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España

* Correspondencia: hmoron@us.es

RESUMEN: Este estudio analiza la efectividad de una experiencia educativa orientada al desarrollo de la observación científica en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). La intervención se llevó a cabo con 32 estudiantes de 2º de ESO en un centro público de la provincia de Sevilla durante un mes. La propuesta didáctica se articuló en torno a la pregunta de indagación "¿Qué le ha pasado al pan?", usando la descomposición de alimentos como contexto para promover la observación mediada por instrumentos como una lupa binocular y un microscopio óptico, el registro de datos mediante descripciones y dibujos científicos, así como la reflexión metacognitiva. Para analizar el impacto de la experiencia se aplicó un cuestionario pretest y postest con preguntas abiertas y una escala Likert. Los resultados muestran una evolución desde concepciones superficiales sobre el uso de instrumentos de observación hacia comprensiones más elaboradas de su función científica y epistémica. Asimismo, se observa un aumento de respuestas que reconocen el valor del dibujo científico, la observación sistemática y la reflexión sobre el propio aprendizaje para comprender los fenómenos estudiados. En general, la experiencia muestra el potencial del EBPC para favorecer el desempeño de práctica científicas, promover procesos metacognitivos y contribuir a una educación científica más significativa y contextualizada.

PALABRAS CLAVE: enseñanza de las ciencias; educación secundaria obligatoria; prácticas científicas; observación científica; metacognición

ABSTRACT: This study examines the effectiveness of an educational experience aimed at developing scientific observation among students in Secondary Education (CSE). The intervention was conducted with 32 second-year Secondary students in a public school over a one-month period. The instructional design was structured around the inquiry question "What has happened to the bread?", using food decomposition as a context to promote instrument-mediated observation through tools such as a stereomicroscope and a light microscope, data recording through descriptions and scientific drawings, as well as metacognitive reflection. To analyze the impact of the experience, a pretest–posttest questionnaire including open-ended questions and a Likert scale was administered. The results show a shift from superficial conceptions about the use of observation instruments toward more elaborated understandings of their scientific and epistemic functions. In addition, an increase was observed in responses acknowledging the value of scientific drawing, systematic observation, and reflection on one's own learning for understanding the phenomena studied. Overall, the experience highlights the potential of SPBA to foster engagement in scientific practices, promote metacognitive processes, and contribute to more meaningful and contextualized science education.

KEYWORDS: science education; compulsory secondary education; scientific practices; scientific observation; metacognition.

1 Este estudio es parte del proyecto PID2022-137471NB-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (Gobierno de España).

INTRODUCCIÓN

El enfoque basado en prácticas científicas (EBPC) promueve un aprendizaje de las ciencias inspirado en los quehaceres habituales de las personas dedicadas a la ciencia, integrando conocimientos conceptuales y epistemológicos, destrezas procedimentales, así como procesos cognitivos y metacognitivos (Osborne, 2014; García-Carmona, 2020, 2021). En este sentido, fenómenos cotidianos como la aparición de moho en los alimentos constituyen contextos especialmente interesantes para aprender ciencia mediante tal enfoque.

La observación científica es una práctica que adquiere especial interés para estudiar la descomposición de los alimentos. El desempeño de esta práctica científica, mediada por instrumentos, debe estar guiada por preguntas y modelos teóricos, que va más allá de una mera actividad perceptiva (Duschl y Bybee, 2014; Jiménez-Aleixandre y Crujeiras, 2017; Morón-Monge y García-Carmona, 2025b). Asimismo, si su implementación en el aula se acompaña de tareas de reflexión metacognitiva, se favorece en el alumnado la toma de conciencia de su progresión, de sus ideas previas y de cómo va reconstruyendo sus explicaciones, a fin de lograr aprendizajes más profundos y transferibles (García-Carmona, 2012; Morón-Monge y García-Carmona, 2022; White et al., 2009; Duschl et al., 2018).

La finalidad de este trabajo es analizar la efectividad de una experiencia educativa desarrollada con alumnado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) sobre el desempeño de la práctica de la observación científica, usando como contexto fenomenológico los cambios que se producen en los alimentos.

MÉTODO

Contexto y participantes

La intervención se llevó a cabo con alumnado de 2º de ESO en un centro público de la provincia de Sevilla, durante el curso 2024-2025. Tuvo una duración aproximada de un mes, a razón de 2 horas de clase semanales, y se desarrolló en la asignatura de Física y Química, dentro del bloque de iniciación a la actividad científica, en el segundo cuatrimestre. Participaron 32 estudiantes (13-14 años), organizados en 7 grupos de trabajo.

Diseño y desarrollo de la intervención

La propuesta se diseñó siguiendo el EBPC y se articuló en torno a la pregunta de indagación: "***¿Qué le ha pasado al pan?***". El objetivo era promover la observación científica mediante una indagación escolar sencilla con el propósito de construir un modelo complejo de ser vivo. No obstante, en este trabajo solo nos limitaremos a ofrecer resultados relativos al grado de desempeño del alumnado con la práctica de la observación científica.

La intervención (figura 1) se desarrolló en las siguientes fases:

Figura 1. Fases de la experiencia desde el EBPC

Fase I. *Exploración de ideas previas y aproximación a la observación científica*. Se aplicó un cuestionario inicial (pretest) de manera individual para identificar concepciones previas sobre la descomposición de los alimentos, los microorganismos y el uso de instrumentos de observación científica. Se introdujo el contexto problemático y se trabajó explícitamente la diferenciación entre lupa binocular y microscopio. El alumnado se organizó en pequeños grupos de trabajo para realizar observaciones guiadas y dibujos científicos que representaran el fenómeno, iniciando una reflexión sobre la observación como práctica.

Fase II. *Experimentación: diseño, observación y recogida de datos*. El alumnado diseñó experiencias (figura 2) para analizar la conservación del pan, seleccionando variables (manipulación, envoltorio, condiciones ambientales) y preparando las muestras. Se realizó una observación sistemática durante varias semanas, con registro de datos mediante descripciones y dibujos representacionales con el apoyo de los instrumentos de observación.

Figura 2. Diseño de experiencias y recogida de datos

Fase III. *Puesta en común, conclusiones y reflexión*. Cada grupo compartió su diseño y resultados, identificando colectivamente los factores que influyen en el crecimiento del moho (humedad, temperatura, manipulación). Finalmente, se promovió una reflexión metacognitiva sobre la experiencia realizada y se aplicó el cuestionario como postest.

Instrumentos para la recogida y análisis de los datos

Para analizar la experiencia se empleó un cuestionario que constaba de cinco preguntas (cuatro de respuesta abierta y una de tipo Likert), que el alumnado contesto de manera individual. Este se administró al inicio como pretest (n = 16 respuestas válidas) y como postest (n = 28 respuestas válidas) tras la finalización de la experiencia. Las preguntas abiertas estaban dirigidas a recabar información sobre: (i) experiencias previas con la lupa binocular y el microscopio, (ii) comprensión funcional de los instrumentos, (iii) comprensión epistemológica –su papel en la construcción del conocimiento científico– y (iv) reflexiones metacognitivas sobre el propio aprendizaje tras la experiencia. La quinta pregunta, en formato Likert, permitía analizar la actitud del alumnado hacia la observación científica y otras prácticas desarrolladas. Para su interpretación, los resultados se organizaron en torno a dos dimensiones principales: conocimientos sobre la observación y el uso de instrumentos, y metacognición y actitud hacia la experiencia.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados más relevantes derivados de la aplicación del cuestionario. Los resultados cualitativos (Tabla 1) muestran una evolución significativa, en términos porcentuales, desde concepciones instrumentales básicas hacia una comprensión más funcional y epistemológicamente elaborada de los instrumentos de observación.

En relación con el conocimiento de una *lupa binocular*, en el pretest predominaban claramente respuestas

superficiales (90%), centradas en explicaciones simples como que "sirve para ver cosas pequeñas", mientras que solo un 10% dio respuestas más elaboradas. En el postest, las respuestas superficiales descienden hasta el 62%, y las más elaboradas aumentan hasta el 38%, incorporando explicaciones que reconocen la utilidad de este instrumento para observar con mayor detalle estructuras no visibles a simple vista. En el caso del *microscopio*, el pretest mostraba un alto grado de desconocimiento (95% de respuestas superficiales frente al 5% de respuestas elaboradas). Sin embargo, tras la intervención, las respuestas más elaboradas aumentan hasta el 38%, mientras que las superficiales se reducen al 62%, incluyendo ahora referencias a la observación de estructuras microscópicas o al análisis de materiales o seres vivos.

En cuanto al *papel de los instrumentos de observación* en una investigación científica, el pretest evidenciaba también un predominio de respuestas simplificadas (86%), focalizadas principalmente en la idea de "ver mejor". Pero, en el postest, estas respuestas disminuyen al 53%, mientras que las respuestas más elaboradas alcanzan el 47 %, con alusiones a prácticas y procesos científicos como observar, analizar o comprender fenómenos naturales. Este cambio sugiere una transición desde una visión ingenua de la observación hacia una concepción más próxima a la naturaleza del trabajo científico, en coherencia con el EBPC. Asimismo, la incorporación de ejemplos experienciales concretos en el postest indica que la experiencia actuó como *catalizador* de la comprensión conceptual puesta en juego, aunque esta última no sea objeto de análisis explícito en este trabajo.

Tabla 1. Resultados cualitativos de las preguntas abiertas

Preguntas	**Descriptor**	**Respuestas** Superficiales / Elaboradas		**Evidencia del cambio**
		Pretest	***Postest***	
(i) Lupa binocular	*Función y utilidad científica de la lupa binocular como instrumento de observación para el análisis detallado de estructuras no visibles a simple vista.*	90% / 10%	62% / 38%	*Ejemplos de respuestas superficiales*: "No sé para qué sirve" / "Para ver **cosas** pequeñas" *Ejemplos de respuestas elaboradas*: "Permite observar con detalle estructuras que no se ven a simple vista" / "Sirve para analizar materiales con más precisión"
(ii) Microscopio	*El microscopio como instrumento científico que permite acceder al mundo microscópico y analizar estructuras internas de materiales y seres vivos.*	95% / 5%	62% / 38%	*Ejemplos de respuestas superficiales*: "No lo he usado" / "Es como la lupa, pero más fuerte" *Ejemplos de respuestas elaboradas*: "Permite ver el interior de los materiales y estructuras microscópicas"
(iii) Papel de instrumentos de observación en una investigación	*El papel de los instrumentos en las prácticas científicas: observación sistemática, registro de datos, análisis e interpretación de fenómenos*	86% / 14%	53% / 47%	*Ejemplos de respuestas superficiales*: "Para ver mejor" / "Tiene beneficios" *Ejemplos de respuestas elaboradas*: "Sirven para observar, analizar, formular hipótesis y registrar datos" / "Ayudan a comprender cómo funciona la materia"
(iv) Reflexión sobre el aprendizaje a partir de la observación y el dibujo científico	*Valor epistemológico del dibujo científico y la observación guiada como herramientas para comprender fenómenos y como estrategia metacognitiva de aprendizaje*	91% / 9%	57% / 43%	*Ejemplos de respuestas superficiales*: "No sé" / "Para aprender mejor" *Ejemplos de respuestas elaboradas*: "Al dibujar lo que observo entiendo mejor el fenómeno" / "Me ayuda a fijarme en detalles y explicarlo mejor"

Con respecto a las reflexiones sobre el propio aprendizaje, se aprecia una disminución notable de respuestas de desconocimiento o de carácter muy general ("no sé", "para aprender mejor"). En el pretest, el 91% de las respuestas correspondía a formulaciones superficiales, frente a solo un 9% de respuestas más elaboradas. Tras la intervención, en el postest, las respuestas superficiales descienden hasta el 57%, aumentando así las respuestas más elaboradas hasta el 43 %. Estas últimas incorporaban explicaciones en las que se reconoce que el dibujo científico, la observación detallada y la búsqueda de información contribuyen a una mejor comprensión de los fenómenos estudiados ("*Me ayuda a fijarme en detalles y explicarlo mejor*"). Este cambio no solo evidencia una comprensión más profunda del papel de los instrumentos de observación en la investigación científica, sino también un desarrollo progresivo de procesos metacognitivos en aras de la autorregulación del aprendizaje

Por último, la evaluación de las actitudes del alumnado muestra un incremento generalizado de las puntuaciones medias en el postest, especialmente en el valor otorgado a la lupa binocular (ítem a) y al dibujo científico como herramienta de comprensión (ítem c) (Tabla 2). Este último incremento resulta particularmente relevante, ya que refuerza los hallazgos anteriores de las preguntas abiertas sobre el importante papel del dibujo como instrumento cognitivo en el contexto de la observación científica (Morón-Monge y García-Carmona, 2025b). Asimismo, la ligera disminución de la desviación estándar en varios ítems sugiere una mayor homogeneidad en las valoraciones tras la intervención.

Cabe señalar también que el pretest reflejaba una mayor dispersión de concepciones y actitudes, mientras que el postest indica una convergencia conceptual y actitudinal mayor tras la experiencia. El leve descenso en el ítem b puede interpretarse como un proceso de mayor comprensión epistemológica relativa a la observación científica. Terminada la experiencia, el alumnado parece comprender que la observación *per se* no mejora el conocimiento de manera automática, sino que requiere también la planificación, análisis e interpretación de lo observado.

Globalmente, los resultados de la experiencia evidencian que la intervención no solo reforzó actitudes positivas hacia la observación científica, que ya eran relativamente altas antes de la experiencia, sino que contribuyó también a fundamentarlas conceptualmente. La motivación inicial se transformó en una actitud más coherente con la comprensión de las prácticas científicas, mostrando alineación entre experiencia vivida, reflexión metacognitiva y aprendizaje significativo.

Tabla 2. Resultados de la escala Likert.

Items	Pretest		Postest	
	Media	DT	Media	DT
Valor de la lupa binocular	3,94	1,18	4,18	1,12
b. Observación mejora conocimientos	3,56	1,15	3,32	1,22
c. Dibujo para comprender fenómenos	3,44	1,50	3,82	1,12
d. Trabajo en equipo y planificación	3,38	1,50	3,39	1,45
e. Diseñar experiencias aumenta interés	3,25	1,57	3,50	1,17

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian el potencial del EBPC para promover aprendizajes más profundos y contextualizados en la enseñanza de las ciencias en la ESO, particularmente en relación con el desempeño de prácticas científicas básicas como la observación. La participación del alumnado en actividades sencillas de indagación como la mostrada, en la que observan con instrumentos, registran datos y representan sus observaciones (dibujo científico), favorece explicaciones más elaboradas sobre los fenómenos biológicos, superando interpretaciones simplificadas como atribuir la descomposición del pan únicamente al paso del tiempo (Morón-Monge y García-Carmona, 2025a); un aspecto que será objeto de un análisis más profundo y específico en futuros estudios.

No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones metodológicas como la perdida de respuestas

validas entre el pretest (16 repuestas) y postest (28 respuestas) lo que compromete parcialmente la comparación directa entre ambas fases. Sin embargo, esta limitación se intentó atenuar mediante la triangulación con otras evidencias obtenidas durante el proceso didáctico, (observaciones de aula, producciones del alumnado, etc.), permitiendo así complementar e interpretar los resultados. En suma, los resultados de esta experiencia sintonizan con los obtenidos en estudios anteriores en la formación inicial del profesorado, evidenciándose así el valor didáctico de enseñar ciencias a través de prácticas científicas auténticas, en aras de favorecer una alfabetización científica crítica y situada (Osborne, 2014; García-Carmona, 2020; Duschl et al., 2018; Jiménez-Aleixandre y Crujeiras, 2017).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2018). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K–8*. National Academies Press.

García Rovira M. P. (2005). Los modelos como organizadores del curriculum de biología. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-6.

García-Carmona, A. (2012). "¿Qué he comprendido? ¿Qué sigo sin entender?": promoviendo la autorreflexión en clase de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 9*(2), 231-240. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i2.05

García-Carmona, A. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. *Science & Education, 29*(2), 443–463. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00108-8

Jiménez-Aleixandre, M.P., y Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In: Taber, K.S., Akpan, B. (eds) Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education. SensePublishers, Rotterdam. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5

Morón-Monge, H., & García-Carmona, A. (2022). Developing prospective primary teachers' learning-to-learn competence through experimental activities. *International Journal of Science Education*, *44*(12), 2015-2034. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2108929

Morón-Monge, H., & García-Carmona, A. (2025a). ¿Qué le ha pasado al pan?: Una actividad basada en prácticas científicas para la formación inicial de profesorado de Primaria. En Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025: Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática (pp. 1193–1196). Universitat de València.

Morón-Monge, H., & García-Carmona, A. (2025b). Observation and Scientific Drawing as Practices for Learning Science Through Metacognition: Impact of an Intervention in Primary Teacher Education. *Research in Science Education*, 1-23. https://doi.org/10.1007/s11165-025-10303-8

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, *25*(2), 177-196. https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1

Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education, 36*(1–2), 111–139. https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8

White, B., & Frederiksen, J., & Collins, A. (2009). The interplay of scientific inquiry and metacognition: More than a marriage of convenience. In D. Hacker, J. Dunlosky, & A. Graesser (Eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 175–205). Routledge.

Indagación para abordar el concepto de momento de fuerza

Sara Carrera[1,2], *Carolina Pipitone*[1] *y Berta Barquero*[1]

[1] Departament d'Educació Lingüística, Científica i Matemàtica, Universitat de Barcelona, España

[2] Escola Universitària Salesiana de Sarrià, Barcelona, España

*Correspondencia: saracarrera73@gmail.com

RESUMEN: La física está presente en la vida cotidiana, aunque con frecuencia no se emplean modelos explícitos para interpretar los fenómenos observados. Sin embargo, en la enseñanza escolar estos conocimientos suelen presentarse de forma disciplinar y desvinculada de contextos reales y de otras materias. El objetivo de este trabajo es analizar las condiciones que facilitan la implementación de un Recorrido de Estudio e Investigación (REI) para abordar el concepto de momento de fuerza mediante un proceso de modelización de fenómenos físicos en bachillerato. Metodológicamente, se desarrolla un estudio de caso basado en la implementación piloto de un REI en dos grupos de 1º de bachillerato de un mismo centro educativo (N = 42), durante cuatro sesiones de una hora. Los datos analizados incluyen las producciones del alumnado, los mapas de preguntas y respuestas elaborados durante la actividad, los diarios de trabajo y las observaciones de la investigadora. Los resultados muestran que el alumnado tiende inicialmente a explicar la situación a partir de modelos intuitivos centrados exclusivamente en el peso del objeto. La evolución hacia modelos más complejos depende en gran medida de las dinámicas de discusión en grupo y de las herramientas conceptuales disponibles para justificar y comparar diferentes explicaciones. Se concluye que los REI pueden favorecer procesos de modelización basados en la indagación, aunque requieren tiempo suficiente de experimentación y debate colectivo para promover la evolución de los modelos del alumnado.

PALABRAS CLAVE: Física, modelización, bachillerato, Teoría Antropológica de lo Didáctico, Recorridos de Estudio e Investigación.

ABSTRACT: Physics is present in everyday life, although explicit models are not always used to interpret the observed phenomena. However, in school education, this knowledge is usually presented in a disciplinary manner, disconnected from real-world contexts and from other subjects. The aim of this study is to analyze the conditions that facilitate the implementation of a Study and Research Path (SRP) to address the concept of torque through a process of modeling physical phenomena in upper secondary education. Methodologically, a case study is conducted based on the pilot implementation of an SRP in two groups of first-year upper secondary students at the same school (N = 42), over four one-hour sessions. The data analyzed include students' productions, the question-and-answer maps developed during the activity, work journals, and the researcher's observations. The results show that students initially tend to explain the situation using intuitive models focused exclusively on the weight of the object. The progression toward more complex models largely depends on group discussion dynamics and on the conceptual tools available to justify and compare different explanations. It is concluded that SRPs can foster inquiry-based modeling processes, although they require sufficient time for experimentation and collective debate in order to promote the evolution of students' models.

KEYWORDS: Physics, modelling, post-compulsory, Anthropological Theory of the Didactic, Study and Research Paths.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo nos centramos en el conocimiento relacionado con el momento de fuerza y en su tratamiento desde la didáctica de la física (Harlen, 2010). En su enseñanza es fundamental considerar el proceso de transposición didáctica que transforma este conocimiento desde su producción en la comunidad científica hasta su adaptación como saber científico escolar (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005; Bosch y Gascón, 2006). El análisis de las organizaciones físicas y matemáticas asociadas al momento de fuerza puede inspirar enfoques de enseñanza que superen una presentación puramente teórica (propia del paradigma de "la visita de las obras") y se orienten hacia el paradigma de "cuestionar el mundo" (Chevallard, 2015). Este enfoque propone partir de preguntas significativas que permitan construir conocimiento mediante procesos de estudio, indagación y modelización en torno a fenómenos físicos. Este problema nos lleva a situar la investigación dentro del marco teórico y metodológico de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD, en adelante) y, en particular, a avanzar en la propuesta de los Recorridos de Estudio e Investigación (REI, en adelante) (Bosch, 2019; Chevallard, 2015) como propuestas de actividades de indagación que favorecen los procesos de modelización (Barquero, 2023). La modelización científica y escolar se entiende como un proceso iterativo de construcción, evaluación y revisión de modelos (Gilbert y Boulter, 2000; Halloun, 2007). En la ciencia escolar, la modelización se describe a menudo mediante ciclos que incluyen construcción, evaluación, aplicación y revisión (Gilbert y Boulter, 2000; Gilbert et al., 2004), así como procesos iterativos de observación, predicción, experimentación y revisión (Halloun, 2007).

En este trabajo entendemos la indagación no como un objetivo en sí mismo, sino como el medio didáctico mediante el cual el alumnado desarrolla procesos de modelización. Desde esta perspectiva, el REI organiza un entorno de cuestionamiento, experimentación y discusión colectiva que favorece la construcción, revisión y evolución de modelos sobre los fenómenos físicos estudiados. A través del diseño, la implementación y el análisis de los REI se promueve la participación activa del alumnado, permitiendo que experimente estos procesos al aplicar los conceptos a situaciones de la vida real y desarrollen habilidades de resolución de problemas, al mismo tiempo que adquieren un conocimiento más profundo. Los REI ofrecen una estructura que permite hacer visible la dialéctica entre sistemas y modelos (Barquero, 2023), a través del cuestionamiento colectivo del fenómeno estudiado y la modelización iterativa. El REI piloto que se presenta aquí tiene precisamente como objetivo explorar cómo surgen dichas dialécticas, cómo el alumnado reformula sus hipótesis y qué condiciones favorecen una evolución de sus modelos iniciales.

En esta investigación se abordan las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué modelos iniciales propone el alumnado para explicar el equilibrio de un tronco irregular? ¿Cómo influye el trabajo colaborativo en la reformulación y evolución de estos modelos?

METODOLOGÍA

Para abordar estas cuestiones, se diseñó e implementó un prototipo de REI para la enseñanza de la física en secundaria centrado en el concepto de momento de fuerza. El estudio adopta un enfoque cualitativo mediante un estudio de caso realizado durante el curso 2024-2025 en un centro de educación secundaria de Barcelona.

La muestra estuvo formada por dos grupos de 1º de bachillerato (N = 42 estudiantes) que participaron en cuatro sesiones de una hora dirigidas por la investigadora y el profesor de Física. El Grupo A (25 estudiantes) se organizó en nueve grupos de 2 a 4 miembros sin experiencia previa en trabajo cooperativo, mientras que el Grupo B (17 estudiantes) mantuvo cinco grupos estables establecidos durante el curso.

Los datos analizados incluyen 42 cuestionarios iniciales individuales, 14 mapas y dosieres grupales, 42 autoevaluaciones finales y 14 pósteres elaborados durante la implementación del REI, además de los diarios de trabajo y las observaciones de la investigadora. El análisis se centró en identificar los modelos propuestos por el alumnado y su evolución a lo largo del proceso, agrupando las explicaciones iniciales en categorías conceptuales para examinar la transición desde modelos individuales hacia modelos consensuados en el trabajo grupal.

Diseño *a priori* del REI sobre el momento de fuerza

El REI fue planificado inicialmente para nueve sesiones, pero debió adaptarse a cuatro sesiones de una hora dada la disponibilidad del grupo. La *sesión 1* introduce el REI y explora los conocimientos previos del alumnado. Se presenta la pregunta generatriz (Q_0) "¿Por qué un tronco irregular puede mantenerse en equilibrio?" y se contextualiza brevemente mediante una imagen de la situación (Figura 1), a partir de la cual realizan una predicción individual.

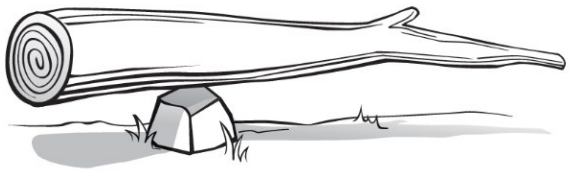


Figura 1. Situación inicial asociada a la pregunta generatriz Q_0

Se elaboró *a priori* un mapa de preguntas y respuestas (PR) durante la fase de diseño del REI[1]. Este mapa sintetiza las preguntas esperadas y las posibles líneas de estudio que podrían surgir a partir de la pregunta generatriz Q_0. Su objetivo fue anticipar la posible diversidad de enfoques de los estudiantes y apoyar el análisis de las decisiones *in vivo* de los docentes que guían la implementación.

A continuación, el alumnado se organiza en grupos, se asignan roles y comparten y debaten las ideas iniciales. El profesor inicia en la pizarra un mapa PR colectivo a partir de las ideas de los estudiantes (Figura 2). Finalmente, cada grupo selecciona las preguntas que desea investigar y planifica cómo experimentará con ellas en la siguiente sesión, registrando todo en el diario de trabajo.

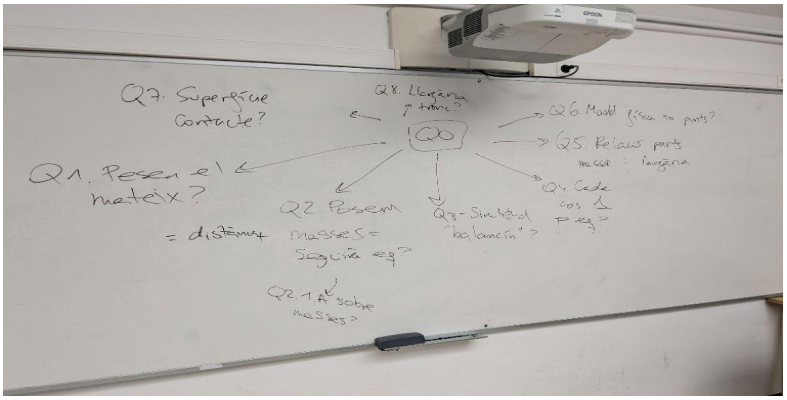
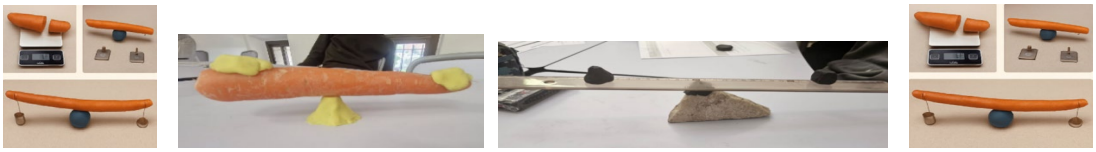


Figura 2. Mapa PR colectivo elaborado por el Grupo B

Sesión 2: Experimentación práctica y construcción de modelos cualitativos iniciales. La sesión comienza con una revisión del mapa compartido y una discusión sobre las preguntas potencialmente interesantes para investigar. A continuación, los grupos retoman su trabajo y experimentan, registrando observaciones descriptivas. Las Figuras 3 a 6 ilustran distintas fases del trabajo experimental del alumnado, lo que permite mostrar la diversidad de enfoques y clarificar las condiciones experimentales. Durante los últimos 10 minutos, se retoma el mapa PR para revisar las preguntas exploradas y reorganizarlas. La sesión finaliza con el registro individual de diario de trabajo.



Figuras 3, 4, 5 y 6. Ejemplos de los montajes experimentales diseñados por el alumnado

Sesión 3: Introducción de modelos y su formalización. Esta sesión está dedicada a la identificación de los modelos que han surgido. Comienza con una revisión de las preguntas y respuestas iniciales del

[1] *Se puede consultar en:* https://miro.com/app/board/uXjVN8ZiOGY=/?share_link_id=404465613386

mapa PR y dos grupos presentan sus resultados. A partir del análisis de los experimentos, se identifican variables y formulan hipótesis. En grupos, se proponen modelos para representar sus observaciones, introduciendo conceptos como el momento de fuerza y utilizando diversas formas de representación de modelos. Al final de la sesión, cada grupo reorganiza el mapa PR y piensa en un caso de la vida real en el que pueda aplicarse lo aprendido, que posteriormente presentarán en un póster junto con sus resultados. La sesión concluye con el registro individual del diario de trabajo.

Sesión 4: Presentación final y evaluación. Se propone una actividad de coevaluación de los pósteres de cada grupo. Durante cada presentación, el alumnado completa una ficha de coevaluación. Posteriormente, realizan una autoevaluación individual. La sesión finaliza con una actividad utilizando el simulador *PhET Balancing Act*. Finalmente, tras la sesión y con todos los materiales recopilados, se realiza una evaluación global de todo el proceso por parte de la docente.

RESULTADOS: ANÁLISIS *IN VIVO* DEL REI

En la primera sesión se observó que en el Grupo A, algunos estudiantes mostraron resistencia inicial al enfoque del REI y avanzaron a ritmos muy dispares. Mientras ciertos grupos alcanzaban un modelo cualitativo tras la segunda sesión, otros aún no habían logrado diseñar un experimento adecuado. Esta heterogeneidad llevó a transformar la tercera sesión en una intervención más guiada, orientada a formalizar el concepto de momento de fuerza y equilibrar el progreso. En contraste, el Grupo B adoptó una actitud más abierta y colaborativa. Aunque partían de ideas intuitivas erróneas, mostraron mayor disposición a revisar sus planteamientos, lo que permitió una sesión experimental productiva. En conjunto, la sesión experimental fue productiva y dio lugar a aportaciones relevantes.

Modelos emergentes y su evolución

El análisis de las producciones del alumnado permitió identificar tres resultados principales: el predominio inicial de explicaciones basadas exclusivamente en el peso del objeto, la función del trabajo en grupo en la reformulación de los modelos y las diferencias en su evolución entre los dos grupos participantes. En la primera sesión, el alumnado propuso diversos modelos informales para explicar cómo un tronco irregular puede mantenerse en equilibrio sobre una piedra. Estas ideas, inicialmente individuales y luego discutidas en grupo, se clasificaron en categorías conceptuales según su nivel de complejidad. La mayoría partió del modelo de "peso o masa iguales", según el cual ambas partes del tronco pesan lo mismo. Este modelo reduce la interpretación a la variable peso, sin considerar otros factores como la distancia al punto de apoyo o la relación entre fuerzas y momentos. Algunos estudiantes, sin embargo, propusieron explicaciones más sofisticadas que integraban la fuerza peso con otras variables. En la discusión grupal se evidenciaron divergencias: aunque la mayoría convergió hacia el modelo de 'peso o masa iguales', algunos grupos mantuvieron explicaciones que incorporaban otras variables como la distancia al punto de apoyo o la distribución de la masa.

DISCUSIÓN: ANÁLISIS *A POSTERIORI* DEL REI

En esta sección se interpretan los resultados obtenidos en relación con la evolución de los modelos del alumnado y las dinámicas de trabajo colaborativo observadas durante la implementación del REI. Las dialécticas identificadas en los mapas PR permiten analizar la evolución de los modelos del alumnado durante el REI. La mayoría de los estudiantes del Grupo A comenzó con una hipótesis basada en el peso, que en muchos casos persistió durante el trabajo en grupo por resultar intuitiva y facilitar el consenso. Desde la perspectiva de la TAD, esta evolución puede interpretarse como parte de la dialéctica entre sistema y modelo: el alumnado parte de explicaciones vinculadas a las características observables del sistema y progresivamente introducen representaciones que relacionan variables como el peso, la distancia al punto de apoyo y las condiciones de equilibrio. Esta evolución coincide con las descripciones de la modelización científica escolar propuestas por Gilbert y Boulter (2000), quienes destacan que los modelos del alumnado evolucionan mediante procesos iterativos de revisión y reformulación a partir de la confrontación entre distintas explicaciones.

Las dinámicas de indagación desarrolladas durante el REI permitieron que algunos grupos revisaran y reformularan sus modelos iniciales, mostrando cómo la discusión colectiva y la experimentación pueden favorecer procesos de modelización progresivamente más elaborados. En este sentido, el trabajo en grupo permitió, en algunos casos, avanzar hacia formulaciones más precisas o complejas. En general, la progresión hacia modelos más complejos resultó difícil, especialmente cuando el alumnado carecía de herramientas para justificar por qué sus explicaciones podían considerarse mejores que las de sus pares. La persistencia de modelos intuitivos centrados exclusivamente en el peso también ha sido descrita en investigaciones sobre aprendizaje de conceptos físicos, donde las explicaciones cotidianas suelen mantenerse incluso después de procesos de experimentación iniciales (Halloun, 2007).

En el Grupo B (Figura 7), casi todos los estudiantes comenzaron también con un modelo basado en el peso. El consenso dentro de los grupos se formó rápidamente y, en la mayoría de los casos, se mantuvo durante toda la actividad. Esto puede interpretarse, desde la perspectiva de los REI, como una limitación del cuestionamiento colectivo cuando el grupo prioriza el consenso rápido frente a la exploración de modelos alternativos. Así, algunos modelos más complejos se redujeron finalmente a la explicación de "peso", influenciados por el modelo dominante. En ciertos casos sí se observó una evolución conceptual y el grupo logró reconocer y mantener los modelos más sofisticados mediante una integración conceptual.

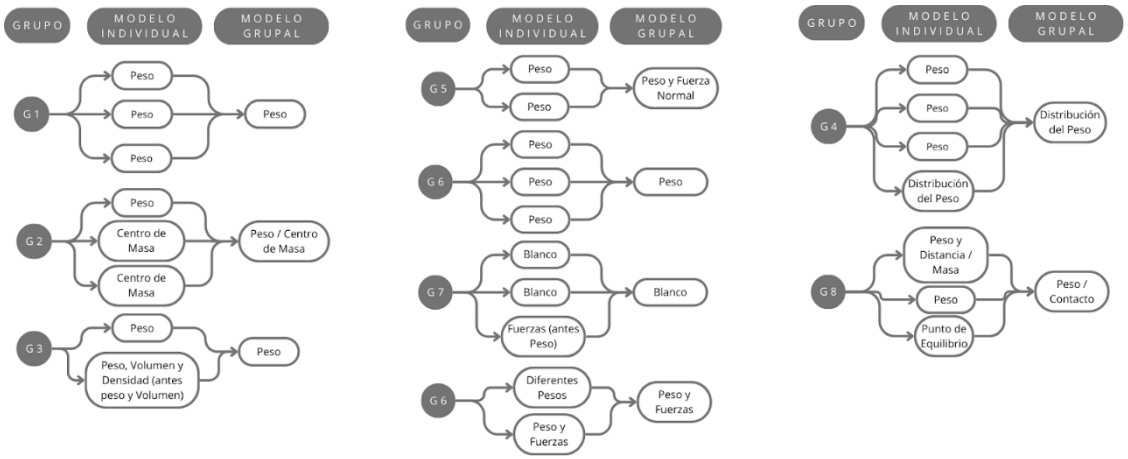


Figura 7. Transición de los modelos individuales a los modelos de grupo (Grupo B)

En ambos grupos, el modelo de "peso" constituyó la idea inicial predominante. Sin embargo, el Grupo A mostró una mayor variedad en sus propuestas iniciales y una construcción colectiva más dinámica. Se observó una tensión entre la simplificación y la ampliación de las ideas: mientras algunas discusiones tendían a converger hacia el modelo dominante, otras favorecían el refinamiento y la extensión de las ideas iniciales. Además, a diferencia del Grupo B, en el Grupo A ningún estudiante dejó la respuesta en blanco, lo que podría reflejar un entorno más participativo o menos inhibido.

CONCLUSIONES

La implementación piloto del REI mostró que el alumnado parte de modelos simplificados basados en el peso y solo avanza hacia explicaciones más complejas cuando cuentan con herramientas conceptuales y espacios de discusión adecuados. Las diferencias entre grupos sugieren que el trabajo colaborativo y el tiempo tanto de trabajo como de discusión disponible influyen en la evolución de los modelos construidos por el alumnado. Sin embargo, el número reducido de sesiones limitó la profundidad del proceso de modelización.

Estos resultados subrayan la necesidad de dedicar más tiempo a la experimentación y al debate colectivo, así como de ofrecer recursos conceptuales que faciliten la comparación y justificación de modelos consensuados. Asimismo, refuerzan la importancia de diseñar entornos de indagación que permitan sostener procesos iterativos de modelización y discusión colectiva a lo largo del tiempo. La experiencia cooperativa previa aparece como un factor clave para promover procesos de modelización

más ricos. Futuras investigaciones implementarán el REI completo de nueve sesiones para analizar con mayor detalle los modelos físicos y matemáticos desarrollados.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por la Universitat de Barcelona a través del Programa de Investigación en Docencia Universitaria (REDICE), en el marco del Proyecto REDICE24-3460.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barquero, B. (2023). Mathematical modelling as a research field: Transposition challenges and future directions. In P. Drijvers, C. Csapodi, H. Palmer, K. Gosztonyi, & E. Konya (Eds.), *Proceedings of the Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13)*. Alfréd Rényi Institute of Mathematics; Eötvös Loránd University of Budapest. https://hal.science/hal-04427884

Bosch, M. (2019). Study and Research Paths: A model for inquiry. En *Proceedings of the International Congress of Mathematicians (ICM 2018)* (pp. 4015–4035). https://doi.org/10.1142/9789813272880_0210

Bosch, M. y Gascón, J. (2006). Twenty-Five Years of the Didactic Transposition. *ICMI Bulletin, 58*, 51–64.

Chevallard, Y. (2015). Teaching mathematics in tomorrow's society: A case for an oncoming counter paradigm. En *Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 173–187). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3_13

Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. University of Chicago Press.

Gilbert, J. K., & Boulter, C. (Eds.). (2000). *Developing models in science education*. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1

Gilbert, J. K., Boulter, C. y Elmer, R. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*, 115–130. https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4

Halloun, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education, 16*, 653–697. https://doi.org/10.1007/s11191-006-9004-3

Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education.

Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics, 55*, 440–454. https://doi.org/10.1119/1.15129

Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar: Un ejemplo de química. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 1–4.

Vásquez, S. (2024). *Indagación matemática en la educación secundaria: ecología didáctica y transferencia* (Tesis doctoral). Universitat de Barcelona. http://hdl.handle.net/10803/693458

Desarrollo de la competencia científica en la asignatura de Cultura Científica: una propuesta de modelización sobre la resistencia al VIH

Isabel Zudaire[1], Amaya Urdánoz[2], Saioa Ancizu[1], Eva Armendáriz[2], Mª Jesús Abrisqueta[2], Amaia Álvarez[2]

[1] Departamento de Ciencias. Universidad Pública de Navarra

[2] Departamento de Ciencias. Liceo Monjardín

RESUMEN: A pesar del marco legislativo actual, el trabajo por competencias en las aulas todavía es escaso. Sin embargo, existe una asignatura, la asignatura de Cultura Científica que se presenta como una oportunidad idónea para este trabajo por competencias por su flexibilidad curricular, menor presión evaluativa y mayor motivación del alumnado. En este contexto, se diseñó una secuencia didáctica siguiendo la metodología de modelización basada en indagación (MBI) para trabajar contenidos de genética con alumnado de 1º de Bachillerato. La intervención, desarrollada en tres sesiones con 84 estudiantes, incluyó actividades centradas en la construcción y revisión de modelos explicativos sobre la resistencia al VIH. Para evaluar su efectividad, se analizaron los dibujos iniciales y finales del alumnado, sus explicaciones mecanísticas y un cuestionario de satisfacción. Los resultados mostraron mejoras significativas en la identificación de elementos (proteínas de membrana) y mecanismos clave del modelo de resistencia al VIH (mutaciones). Además, la mayoría del alumnado valoró positivamente la experiencia, destacando un incremento en interés y comprensión del trabajo científico. Los resultados preliminares muestran sin embargo dificultades en la comprensión de ciertas técnicas genéticas, en la representación gráfica de los modelos y la redacción de explicaciones mecanicistas, por lo que será necesario reajustar la secuencia para optimizar su implementación.

PALABRAS CLAVE: Competencia Científica; Cultura Científica; Genética; Modelización basada en Indagación.

ABSTRACT: Despite the current legislative framework, competency-based teaching remains limited in classroom practice. However, the subject of Scientific Culture represents a valuable opportunity for implementing this approach, due to its curricular flexibility, lower assessment pressure, and higher levels of student motivation. In this context, a Model-Based Inquiry (MBI) sequence was designed focused on genetics content at grade 11. The intervention, conducted over three sessions with 84 students, included activities focused on the construction and revision of explanatory models of HIV resistance. To evaluate its effectiveness, students' initial and final drawings, their mechanistic explanations, and a satisfaction questionnaire were analyzed. The results showed significant improvements in the identification of key elements (membrane proteins) and mechanisms of the HIV resistance model (mutations). Additionally, most students positively evaluated the experience, highlighting increased interest and a better understanding of nature of science. However, preliminary findings also revealed difficulties in understanding certain genetic techniques, in the graphical representation of models, and in the construction of mechanistic explanations. These results suggest the need to refine the sequence in order to optimize its implementation.

KEYWORDS: Genetics; Model based Inquiry; Scientific competence; Scientific culture.

MARCO TEÓRICO

Desde la introducción del aprendizaje mediante competencias se han llevado a cabo importantes esfuerzos legislativos y pedagógicos para poder llevar a cabo al aula y evaluar actividades dirigidas al desarrollo de competencias, entre ellas la competencia científica. "Explicar fenómenos" forma parte de esta competencia científica y la literatura ha mostrado que el alumnado de secundaria encuentra numerosos desafíos a la hora de explicar los fenómenos biológicos y desentrañar los mecanismos que los sustentan: les resulta difícil razonar sobre entidades no observables, reconocer las brechas entre

los pasos de un mecanismo, y en ocasiones dependen de explicaciones intuitivas no mecanicistas (por ejemplo, razonamientos teleológicos o antropomórficos) (Molad & HaskelIttah, 2026)or whether further learning is required. This study investigates how high-school students learn about mechanisms while constructing mechanistic explanations in biology. Using the lens of epistemic cognition, we examined how students navigate information about biological mechanisms during learning, shifting between parts of the mechanism they have already understood and those that remain as black boxes. Sixty-five students from four biology classes (Grades 10 and 11. De ahí la importancia de trabajar esta competencia explícitamente en las asignaturas de ciencias experimentales.

Asignatura de Cultura Científica

El trabajo desde un enfoque competencial es todavía escaso en las aulas, por motivos diversos como la falta de formación del profesorado en ejercicio para trabajar y evaluar mediante competencias (Pozuelo & Cascarosa, 2024), unos currículos con mucho contenido conceptual (que se vislumbra como un elemento que hay que trabajar separado de las competencias), y otras razones de índole social que impiden llevar a cabo actividades en el aula con una participación más activa del alumnado (elevadas ratios, falta de motivación, etc.).

En ese escenario "desértico" en el trabajo por competencias emerge el oasis de una asignatura, la asignatura de Cultura Científica. Los objetivos principales de la asignatura son "familiarizar al alumnado con los aspectos más relevantes de la ciencia, desde una perspectiva general, y con la intención de despertar la curiosidad por todas las disciplinas científicas. […] destacando la importancia del trabajo de las personas científicas". Así, el contexto y el contenido de la asignatura ofrece claras oportunidades para el desarrollo de la competencia científica:

- un listado de saberes poco específico, que permite una mayor autonomía a los docentes en la selección de contenidos
- el nivel educativo (1º de Bachillerato) y el carácter optativo, con un alumnado con un mayor desarrollo cognitivo y motivación por cursar la asignatura,
- a diferencia de 2º de Bachillerato, la ausencia de la presión de la prueba de evaluación PAU (Prueba de Acceso a la Universidad).

Sin embargo, esas mismas oportunidades suponen simultáneamente dificultades para los y las docentes que se encuentran en la mayoría de las ocasiones con la necesidad de crear materiales educativos, y diseñar secuencias de actividades para trabajar y evaluar esas competencias.

Cómo trabajar la competencia científica

La investigación en didáctica muestra que la mejor manera de adquirir esa competencia científica es a través de secuencias contextualizadas y el desarrollo de prácticas científicas (Muñoz-Campos et al., 2020)inquiry and modelling. Para ello, una de las metodologías más efectivas es la modelización basada en indagación (MBI): partiendo de un contexto desafiante, el alumnado pone a prueba su propio modelo, reconstruyéndolo a partir de actividades de indagación y de nueva información proporcionada por el/la docente. Tras el proceso, el alumnado comprende mejor los conceptos y procesos científicos, tiene una visión más clara de la naturaleza de la ciencia y promueve la reflexión metacognitiva (Garrido & Couso, 2025)yet there exists significant polysemy among these terms within the literature. This ambiguity often leads to confusion, particularly regarding whether modeling represents an expected student performance, an instructional strategy to promote such performance, or both. Moreover, the construction of models has been depicted as both the objective of modeling and a distinct phase within modeling-based instruction. Additionally, the expression of models has often been overlooked despite its significance as a crucial modeling practice. In an endeavor to shed light into these complexities associated with modeling in science education, this paper pursues a twofold aim. First, it theoretically presents and justifies the Instruction Performance Modeling (IPM. Especialmente en el caso de la subcompetencia "explicar fenómenos" la modelización es una estrategia muy valiosa porque permite al alumnado interactuar iterativamente con el modelo para desentrañar las entidades que participan en el fenómeno y comprender las interacciones entre ellas (Ryan et al., 2023).

OBJETIVOS

En este contexto, se ha diseñado e implementado una secuencia de actividades para trabajar contenidos del bloque de genética, mediante MBI, en la asignatura de Cultura Científica. La pregunta de investigación que se planteó fue: ¿es válida la secuencia diseñada para desarrollar la competencia científica en el alumnado?

Los objetivos planteados para responder la pregunta de investigación han sido, evaluar:

- el desarrollo de la sub-competencias científica "explicar fenómenos"
- el desarrollo de la competencia de modelización
- la mejora en el conocimiento acerca del trabajo científico
- el grado de satisfacción del alumnado al trabajar por primera vez mediante MBI.

METODOLOGÍA

Contexto y Participantes

La intervención tuvo lugar en un centro educativo durante el mes de marzo de este mismo año. Participaron en las actividades 84 alumnos y alumnas de 1º de Bachillerato, matriculados en la asignatura optativa Cultura Científica. 56 estudiantes están cursando asignaturas correspondientes al itinerario Científico-Tecnológico y 28 estudiantes pertenecen a los itinerarios de Humanidades y Sociológico.

Las actividades se desarrollaron durante 3 sesiones y fueron dirigidas por las docentes responsables de los grupos, previa formación por parte de las investigadoras.

Secuencia didáctica

Siguiendo una metodología de modelización basada en indagación se diseñó una secuencia de 8 actividades con actividades de diseño propio y otras modificadas de trabajos previos (Rinehart et al., 2016) y material de la unidad "Genetics" de Praccis.org (http://www.praccis.org/classroom-resources/units/genetics/) (Tabla 1)

Tabla 1. Secuencia de actividades

FASES DE MODELIZACIÓN	ACTIVIDADES	TAREAS
Problematizar	A1. Presentación de la familia Duke: ¿Nikki puede ser resistente al VIH?	
Expresar el modelo	A2. Dibujo sobre una plantilla con dos linfocitos del posible mecanismo de resistencia	T1
Ciclos de revisión-evaluación del modelo	A3. Experimento que identifica la proteína implicada	T2 T3
	A4. Píldora teórica de contenidos relacionados con: ADN, gen, transcripción, traducción, biotecnología	
	A5. Análisis de un gel de agarosa que muestra la mutación del gen	T4 T5
	A6. Lectura de la secuencia de la mutación	T6
	A7. Efecto de la mutación en la estructura de la proteína	
	A8. Nuevo dibujo del linfocito a nivel molecular	T7 T8

Las actividades 1 y 8 se realizaron de forma individual, la actividad 4 se desarrolló mediante una explicación teórica de las docentes, y en el resto de las actividades, aunque el alumnado respondía las preguntas de las fichas de trabajo de forma individual, se permitió el diálogo en parejas para discutir los resultados. Al final de la secuencia se presentó el modelo final científico de resistencia al VIH.

En las fichas de trabajo proporcionadas al alumnado se proporcionaron andamiajes lingüísticos y preguntas productivas para ayudar a la revisión y evaluación del modelo. Así, por ejemplo, tras mostrar los resultados de un experimento en la A3 se formulaban las siguientes preguntas:

1. ¿Qué proteína puede estar interviniendo en la resistencia al VIH?
2. ¿Qué papel puede desarrollar en la célula esa proteína?
3. ¿Encajan los resultados del experimento con vuestros modelos iniciales?
4. Para explicar el mecanismo, utiliza el esquema causa-efecto proporcionado y después escribe un breve párrafo que lo explique.

Instrumentos de evaluación

Para el análisis de la efectividad de la secuencia se han utilizado tres instrumentos de evaluación:

IE-1: Análisis de los dibujos final e inicial de la secuencia.

Con el fin de evaluar la progresión de los modelos se analizaron los dibujos inicial y final de la secuencia. Para ello se tuvieron en cuenta tanto los elementos dibujados en el modelo como las relaciones establecidas entre los mismos.

IE-2: Análisis de las explicaciones fenomenológicas en los distintos ciclos de revisión-evaluación de modelo.

Se llevará a cabo un análisis cualitativo de las explicaciones siguiendo una codificación del razonamiento mecanicista recomendada en publicaciones previas (Ryan et al., 2023). Brevemente, en las distintas fases de la modelización se analizarán las explicaciones en busca de: entidades implicadas y sus propiedades (ej: gen normal-gen mutado), los procesos que conectan esas entidades (transcripción, traducción, etc.), organización de las entidades (proteína de membrana, traducción en el citoplasma, etc.), etc.

IE-3: Formulario de satisfacción distribuido entre el alumnado participante.

Se diseñó un formulario que fue distribuido por Googleclassroom que evaluaba:

- El aprendizaje de los contenidos de genética a través de un KPSI
- Las emociones experimentadas por el alumnado durante la realización de las distintas tareas.
- El cambio de percepción sobre el funcionamiento de la ciencia tras vivenciar la secuencia de MBI
- Valoración general de la secuencia

RESULTADOS PRELIMINARES

De los tres instrumentos de evaluación utilizados se presenta en esta comunicación el resultado del análisis de los dibujos y las respuestas al formulario de satisfacción.

Análisis de los dibujos inicial y final

En los dibujos iniciales, un 28,6% del alumnado dibujó proteínas de membrana como posible mecanismo de resistencia a la entrada del virus, lo que mejoró significativamente en los dibujos finales (65.5%; $p<0.001$, test de Fisher) (Figura 1), sin diferencias por itinerario.

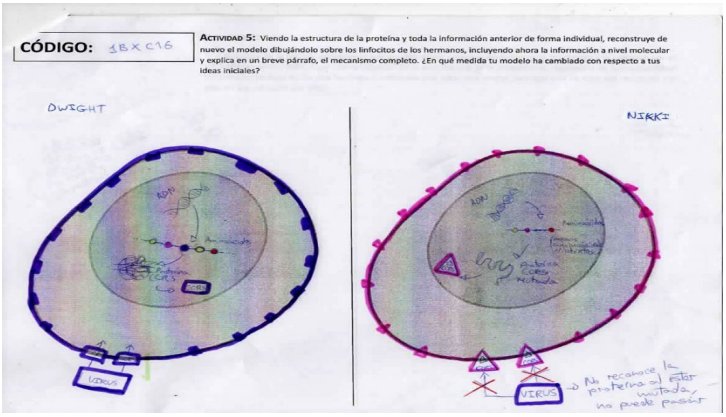


Figura 1. Dibujo final de un alumno mostrando la deleción en el ADN, el cambio en la proteína y por tanto un efecto en el fenotipo (infección vs resistencia)

Sin embargo, no hubo cambios en los dibujos a la hora de dibujar el mecanismo molecular implicado: deleción del gen, proteína mutada, ausencia de proteína en la membrana y, por tanto, no infección.

Analizando las explicaciones dadas por escrito en la última revisión del modelo podemos ver que un 52% dio una explicación del mecanismo, con un 20% incluyendo mecanismos a nivel de ADN o RNA (frente al 10,7% inicial).

Análisis de encuesta de satisfacción

La secuencia de MBI planteada fue satisfactoria para el alumnado ya que el 66.1% asignó a la secuencia un valor de 4 o 5 en la escala de Likert. El 35,5% del alumnado indicó que la secuencia *"ha cambiado mi forma de entender cómo trabaja el personal investigador"* y un 35,4% respondió que la Biología *"ahora me gusta más"*.

Con respecto a las emociones sentidas al realizar la modelización, se observó que las emociones del alumnado fueron variando a lo largo de la secuencia (Figura 2).

Emoción	Tarea1	Tarea2	Tarea3	Tarea4	Tarea5	Tarea6	Tarea7	Tarea8
Interés	47,7	44,6	33,8	24,6	15,4	44,6	49,2	32,3
Concentración	23,1	29,2	44,6	32,3	40,0	32,3	24,6	12,3
Satisfacción	7,7	21,5	10,8	9,2	6,2	23,1	32,3	35,4
Confianza	3,1	12,3	7,7	9,2	13,8	10,8	10,8	29,2
Inseguridad	40,0	6,2	20,0	18,5	23,1	13,8	7,7	18,5
Vergüenza	7,7	1,5	7,7	3,1	7,7	3,1	1,5	1,5
Insatisfacción	10,8	4,6	4,6	9,2	7,7	6,2	6,2	1,5
Aburrimiento	9,2	12,3	6,2	10,8	15,4	6,2	7,7	4,6
Rechazo	3,1	4,6	4,6	10,8	9,2	4,6	4,6	4,6

[Tarea1: Primer dibujo; Tarea2: Averiguar la Proteína implicada; Tarea3: Pensar qué más necesito para hacer crecer mi modelo; Tarea4: Interpretar el gel de agarosa; Tarea5: Explicar por escrito los mecanismos biológicos; Tarea6: Describir la mutación; Tarea7: Comprender el papel de la proteína; Tarea8: Dibujo final]

Figura 2. Porcentaje de alumnado que seleccionó cada emoción en función de diversas tareas realizadas en la secuencia.

Las emociones positivas (interés, concentración, satisfacción y confianza) tuvieron mayor intensidad que las emociones negativas (inseguridad, vergüenza, insatisfacción, aburrimiento y rechazo). Dentro de las emociones positivas, "interés" se mantuvo alto durante casi toda la secuencia y "confianza" y "satisfacción" aumentaron. Por el contrario, las emociones negativas se mantuvieron relativamente bajas durante la secuencia a excepción de "inseguridad" que fue decreciendo a lo largo de la secuencia.

La encuesta sobre la autopercepción del aprendizaje de los contenidos de genética fue irregular y fluctuó tanto dentro de los aprendizajes como según el itinerario de origen del alumnado. Los tres primeros aprendizajes ("*qué es un gen"; "qué es el código genético"* y "*cómo una mutación puede afectar a la secuencia de una proteína"*) tuvieron una valoración bastante alta entre el alumnado de ciencias y más baja entre el alumnado de ciencias sociales y humanidades. Para alumnado de ambos itinerarios, el contenido más complejo de comprender fue la interpretación del gel de agarosa.

DISCUSIÓN

Las características particulares de la asignatura de Cultura Científica permiten poder llevar a cabo secuencias de modelización e indagación en el aula, que permitan trabajar la competencia científica en mejores condiciones que en otras asignaturas y niveles. Como indican los y las docentes de esta

asignatura, lo más satisfactorio de impartirla es que permite "abrir la mente del alumnado", "la libertad temática", "el menor número de alumnado y su madurez". Ello trae consigo también dificultades como "la necesidad de preparar materiales" y "calificarla" (comunicaciones personales de docentes).

La secuencia implementada permitió al alumnado comprender la relación genotipo-fenotipo, indagando en los mecanismos moleculares que explican esa relación. Aún a la espera de analizar con detalle las explicaciones de los mecanismos redactadas por el alumnado, podemos entrever algunas dificultades y limitaciones de la secuencia, como son:

- Una deficiente comprensión de la técnica de electroforesis
- Posiblemente por falta de tiempo a la hora de consensuar de forma pausada el modelo, algunos errores en el modelo (proteína mutada en la membrana en lugar de ausente)
- A la hora de expresar el modelo final, el alumnado entró en más detalles de forma escrita que a través del dibujo, mostrando como dibujar para expresar un mecanismo biológico, al no ser una práctica habitual en las aulas, supone un inconveniente para el alumnado (Quillin & Thomas, 2015).

Uno de los aspectos más positivos de la secuencia fue comprobar cómo tras la modelización, tal y como ya ha sido descrito en la bibliografía (Garrido & Couso, 2025)yet there exists significant polysemy among these terms within the literature. This ambiguity often leads to confusion, particularly regarding whether modeling represents an expected student performance, an instructional strategy to promote such performance, or both. Moreover, the construction of models has been depicted as both the objective of modeling and a distinct phase within modeling-based instruction. Additionally, the expression of models has often been overlooked despite its significance as a crucial modeling practice. In an endeavor to shed light into these complexities associated with modeling in science education, this paper pursues a twofold aim. First, it theoretically presents and justifies the Instruction Performance Modeling (IPM, el alumnado ha mostrado una visión más clara de la naturaleza de la ciencia. Además, la satisfacción general del alumnado fue buena manteniendo un interés y una concentración alta en toda la secuencia.

En base a los datos obtenidos, se prevé modificar la secuencia para ponerla en marcha y evaluarla en otros centros educativos, siguiendo un procedimiento de investigación basada en el diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Garrido, A., & Couso, D. (2025). The IPM cycle: An instructional tool for promoting students' engagement in modeling practices and construction of models. *Journal of Research in Science Teaching*, *62*(2), 391-425. https://doi.org/10.1002/tea.21979

Molad, R., & Haskel-Ittah, M. (2026). Learning Trajectories for Constructing Mechanistic Explanations and the Role Played by Epistemic Knowledge. *Science Education*, sce.70066. https://doi.org/10.1002/sce.70066

Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, Á. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *17*(3), 1-24. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3201

Pozuelo, J., & Cascarosa, E. (2024). Diseño y uso de herramientas para el análisis del desarrollo de la Competencia Científica en el contexto de una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje en Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *21*(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2301

Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-Learn: A Framework for Using Drawings to Promote Model-Based Reasoning in Biology. *CBE—Life Sciences Education*, *14*(1), es2. https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128

Rinehart, R. W., Duncan, R. G., Chinn, C. A., Atkins, T. A., & DiBenedetti, J. (2016). Critical Design Decisions for Successful Model-Based Inquiry in Science Classrooms. *International Journal of Designs for Learning*, *7*(2). https://doi.org/10.14434/ijdl.v7i2.20137

Ryan, Z., Danish, J., Zhou, J., Stiso, C., Murphy, D., Duncan, R., Chinn, C., & Hmelo-Silver, C. E. (2023). Investigating students' development of mechanistic reasoning in modeling complex aquatic ecosystems. *Frontiers in Education*, *8*, 1159558. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1159558

Prácticas científicas en la enseñanza de la resolución de problemas de física

Joaquín Martínez-Torregrosa[1], Paulo Sarriugarte[2,], Sergio Rosa-Cintas[1] y Jenaro Guisasola[3]*

[1] Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Universidad de Alicante, España

[2] Departamento de Física Aplicada, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU), España

[3] IMH Ingeniaritza Dualaren Eskola/Escuela de Ingeniería Dual, España

* Correspondencia: paulo.sarriugarte@ehu.eus

RESUMEN: Este estudio explora la integración de prácticas científicas en la enseñanza de la resolución de problemas de física en enseñanza universitaria. Con el fin de fomentar una comprensión conceptual profunda y familiarizar al estudiantado con la naturaleza de la investigación científica, se propone diseñar e implementar secuencias estructuradas de resolución de problemas cuasi-abiertos bajo un modelo de aprendizaje activo. Como ejemplo ilustrativo, se presenta un problema de movimiento circular basado en un fenómeno cercano a la vida cotidiana: un anillo de alambre con cuentas esféricas cuyo comportamiento resulta contraintuitivo, ya que el anillo se eleva inesperadamente cuando las cuentas se deslizan desde su parte superior. Este evento se utiliza para transformar la resolución mecánica de problemas en un proceso de indagación. A través de una serie de preguntas guía, el alumnado debe involucrarse en prácticas epistémicas esenciales como el análisis cualitativo, la formulación de hipótesis, análisis de variables y la evaluación de los resultados y su plausibilidad. La resolución del problema revela que el ascenso depende de una relación entre las masas del anillo y las cuentas. Este enfoque busca que los estudiantes superen la mera búsqueda de fórmulas y adopten estrategias científicas transferibles que faciliten un aprendizaje significativo y duradero.

PALABRAS CLAVE: estrategias de resolución de problemas; prácticas científicas; aprendizaje activo; educación superior.

ABSTRACT: This study explores the integration of scientific practices into the teaching of problem-solving in physics at the university level. Aiming to promote a deep conceptual understanding and familiarize students with the nature of scientific research, we propose designing and implementing well-structured problem-solving sequences involving quasi-open problems within an active learning framework. As an illustrative example, we present a circular motion problem based on a phenomenon close to everyday life: a wire ring with spherical beads that behaves counterintuitively, as the ring unexpectedly rises when the beads slide down. This scenario is used to transform mechanical problem-solving into a process of inquiry. Through a series of guiding questions, students must engage in essential epistemic practices such as qualitative analysis, hypothesis formulation, analysis of variables, and the evaluation of results and their plausibility. Solving the problem reveals that the rise depends on a relationship between the masses of the ring and the beads. This approach aims to help students move beyond merely searching for formulas and adopt transferable scientific strategies that facilitate meaningful and lasting learning.

KEYWORDS: problem-solving strategies; scientific practices; active learning; higher education.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza tradicional de la física en la educación superior ha operado bajo la premisa de que la resolución de problemas cuantitativos garantiza, por sí misma, la comprensión conceptual. No obstante, la investigación educativa evidencia que los estudiantes suelen adoptar un enfoque mecánico, limitándose a la búsqueda de fórmulas "ad hoc" para obtener un resultado numérico. Este modelo omite las prácticas científicas que definen la resolución experta de problemas, como el análisis situacional y la evaluación de la consistencia de los resultados (Adams y Wieman, 2015). Para remediar esta carencia,

se propone un marco de aprendizaje activo basado en cinco prácticas epistémicas fundamentales (Gil-Pérez y Martínez-Torregrosa, 1983):

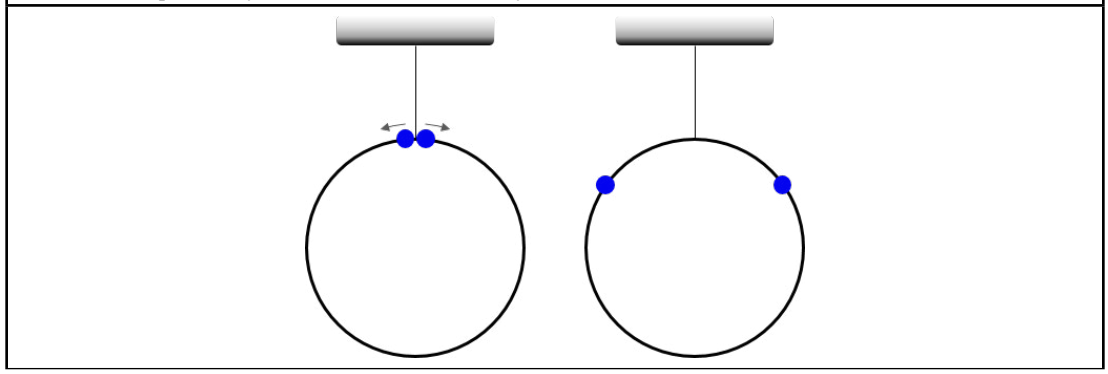
- Análisis cualitativo para aclarar los requisitos del problema, simplificarlos para su posterior análisis cuantitativo y establecer un marco teórico.
- Formulación de hipótesis para predecir el posible comportamiento del sistema, establecer relaciones entre variables y analizar casos límite físicamente relevantes.
- Intentos de resolución para diseñar un plan basado en principios fundamentales y explorar líneas de investigación alternativas.
- Análisis de resultados para verificar la plausibilidad y la coherencia dimensional de la solución.
- Reflexión integral sobre todo el proceso con el objetivo de identificar los conceptos erróneos y las malas prácticas que han surgido, así como los nuevos conocimientos adquiridos.

El objetivo de este artículo es presentar un problema de dinámica de movimiento circular diseñado para promover estas prácticas mediante un escenario contraintuitivo (Martínez-Torregrosa *et al.*, 2025).

ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La estrategia de enseñanza que se presenta en este trabajo consiste en plantear problemas o «escenarios» al alumnado, acompañados de preguntas guía que ayuden en la resolución. La solución debe alcanzarse mediante las prácticas científicas con las que queremos que los alumnos se familiaricen. Es este caso, el escenario didáctico se articula en torno a un problema "cuasi-abierto": un anillo de alambre suspendido por un hilo inextensible desde cuya parte superior se liberan dos cuentas idénticas que deslizan sin fricción (Tabla 1).

Tabla 1. El problema contraintuitivo planteado. Se dejan caer dos cuentas idénticas desde la parte superior de un aro (sostenido por una cuerda inextensible) y se deslizan hacia abajo por él sin fricción.

Dos cuentas esféricas se ensartan en un anillo de alambre, que cuelga del techo sujeto por un hilo. Las dos cuentas se sueltan desde la parte superior del anillo (véanse los dibujos a continuación). Determina la posición de las cuentas en la que el anillo comenzará a subir. Nota: Asume que no hay fricción entre las cuentas y el anillo de alambre.


Plantear un problema sin una solución evidente

La estrategia diseñada requiere que el alumnado comprenda conceptualmente la situación para poder resolverla mediante actividades presenciales, que proporcionan un *feedback* individual inmediata a todo el alumnado a través de debates entre iguales y/o con el profesor. Además, se les presenta un video experimental donde se observa el fenómeno: el anillo se eleva, desafiando la intuición inicial del alumnado. En la Figura 1 se muestran tres instantáneas de ese video.

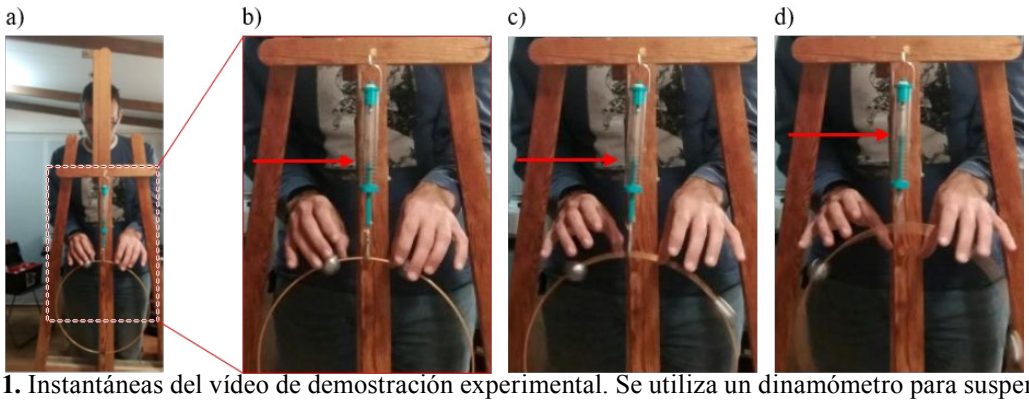


Figura 1. Instantáneas del vídeo de demostración experimental. Se utiliza un dinamómetro para suspender el anillo de alambre y medir la tensión sobre el anillo a medida que las cuentas se deslizan desde la parte superior del mismo. (a) Instantánea completa del momento en que se sueltan las cuentas y (b) la versión ampliada. (c) y (d): instantáneas ampliadas de instantes consecutivos durante la caída de las cuentas. Obsérvese que en la instantánea (d), la lectura del dinamómetro es cero.

Preguntas guía y resolución del problema

A continuación, se muestran las preguntas guía planteadas para guiar al alumnado a resolver el problema empleando las practicas epistémicas mencionadas arriba y se presenta un resumen de lo que se espera que haga el alumnado. La resolución más completa y formal puede encontrarse en Martínez-Torregrosa *et al.* (2025).

Pregunta guía 1: ¿Cómo podemos abordar el problema? ¿Qué es lo que buscamos? ¿Qué debemos calcular para responder a la pregunta? ¿Qué condición debe cumplirse para que el anillo se eleve? Dibuja un diagrama de cuerpo libre con las fuerzas que actúan en el fenómeno.

Mediante un análisis cualitativo, el alumnado debe identificar que el ascenso ocurre cuando la tensión en el hijo en el que se cuelga el anillo se anula. Para ello, es imperativo elaborar diagramas de cuerpo libre tanto del anillo como de las cuentas (Figura 2) que permitan visualizar las interacciones entre ellos.

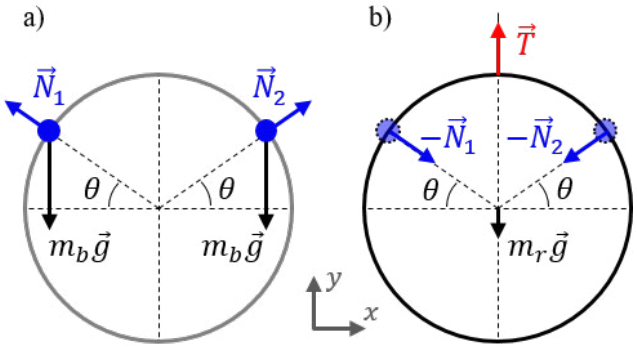


Figura 2. Diagramas de cuerpo libre (a) de cada una de las cuentas y (b) del anillo mientras caen las cuentas.

Pregunta guía 2: ¿Qué fuerzas aparecen en el diagrama de cuerpo libre? ¿Qué movimiento producen?

El alumnado deberá realizar un análisis de las fuerzas dentro del marco teórico de la mecánica clásica, planteando las ecuaciones de equilibrio dinámico empleando las leyes de Newton. Se deberá reconocer que, mientras el peso del anillo () y las cuentas () son constantes, las fuerzas normales (y) que el anillo ejerce sobre las cuentas (y viceversa) son variables, ya que el movimiento de las cuentas es circular no uniforme. La tensión () debe ajustarse continuamente para mantener el equilibrio hasta el instante crítico.

Pregunta guía 3: ¿Cómo cambian las direcciones de las fuerzas normales sobre el anillo a medida que

las cuentas se deslizan hacia abajo? ¿Cómo son los diagramas de fuerzas que se observan sobre las cuentas?

El alumnado deberá concluir que para que el anillo se eleve, la fuerza normal sobre las cuentas (y sobre el anillo) debe cambiar de dirección y sentido. En la Figura 3 se muestra este proceso mostrando el diagrama de cuerpo libre para una de las cuentas: Inicialmente, con la cuenta en reposo, su peso) tiene una dirección prácticamente radial hacia el interior del anillo y la fuerza normal () es radial hacia el exterior (Figura 3a). Sin embargo, la componente radial del peso, , disminuye conforme varía de a (Figura 3b), mientras que la fuerza centrípeta necesaria () aumenta con el cuadrado de la velocidad . Llega un punto donde el anillo debe "tirar" de las cuentas hacia el centro para mantener la trayectoria (Figuras 3c y 3d); la reacción de esta fuerza es la que compensa el peso del anillo anulando la tensión de hilo de donde cuelga.

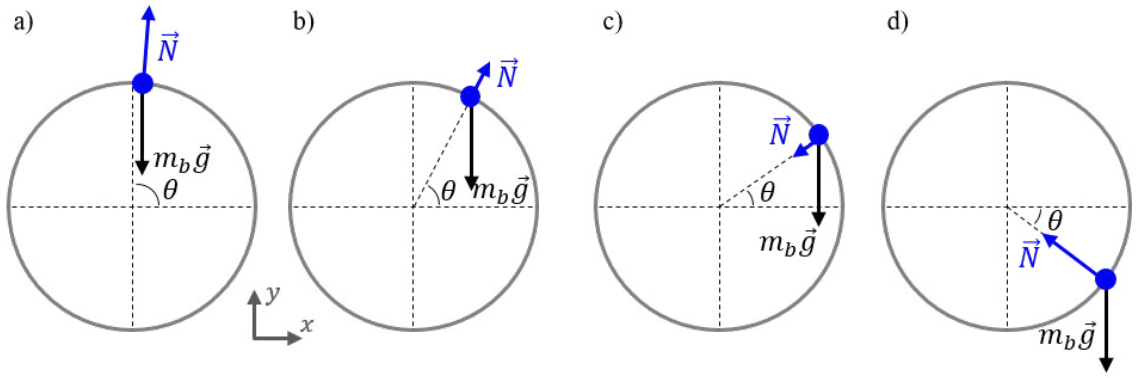


Figura 3. Fuerzas que actúan sobre una de las cuentas mientras cae. La fuerza normal varía a medida que aumenta el módulo de la velocidad. (a) La cuenta está en reposo y apunta radialmente hacia fuera, y su módulo es ligeramente menor que el peso de la cuenta (). (b) A medida que la cuenta gana velocidad, el módulo de disminuye, de modo que la componente radial de la fuerza resultante aumenta. (c) El vector cambia de sentido, de apuntar radialmente hacia fuera a apuntar hacia dentro y su módulo aumenta. (d) El módulo de apuntando hacia dentro aumenta aún más para mantener un movimiento circular.

Pregunta guía 4: A partir del análisis, explica el posible método de resolución y realiza los cálculos necesarios para obtener la respuesta al problema.

Para intentar resolver el problema, las ecuaciones de equilibrio dinámico requiere que el alumnado añada los balances de energía mecánica entre el estado inicial y el crítico () , para hallar la velocidad de las cuentas en el estado crítico. Al combinar la dinámica radial y la conservación energética, se deduce el ángulo crítico responde a la expresión:

El análisis matemático revela que para obtener una solución física real, debe cumplirse la condición necesaria entre las masas de las cuentas y el anillo. Obteniendo una única solución de si se cumple la condición y dos posibles soluciones (y) si se cumple la condición , como se muestra en la Figura 4.

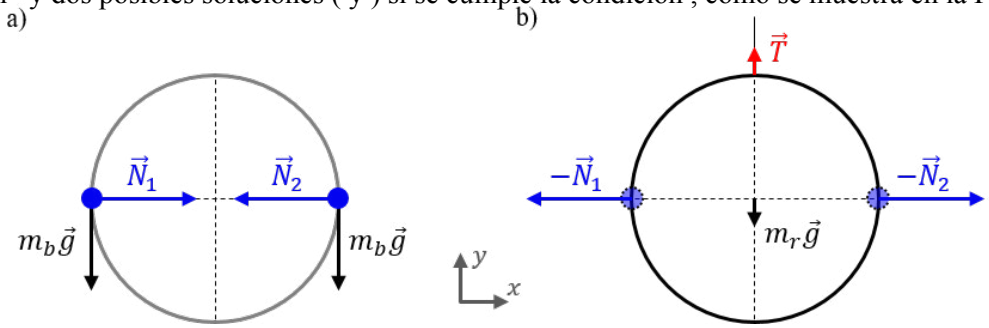


Figura 4. Gráfico de los valores reales de la solución para el ángulo donde el anillo se eleva, con en rojo y en verde, en función de la relación .

Comunicaciones Estándar
Hacer ciencia en el aula: indagación, modelización y prácticas científicas en diversas etapas educativas

Pregunta guía 5: ¿Son plausibles los resultados obtenidos? ¿Qué significan?

Por último, el alumnado deberá evaluar varios aspectos de la solución obtenida. Para empezar, se deberá analizar la consistencia dimensional del ángulo (adimensional e independiente del radio del anillo R y). Después, se analiza algún caso límite, como es el caso de un anillo de masa despreciable (), de donde se extrae la solución matemática . Para evaluar esta solución es conveniente volver al análisis cualitativo dibujando los diagramas de cuerpo libre que se muestran en la Figura 5.

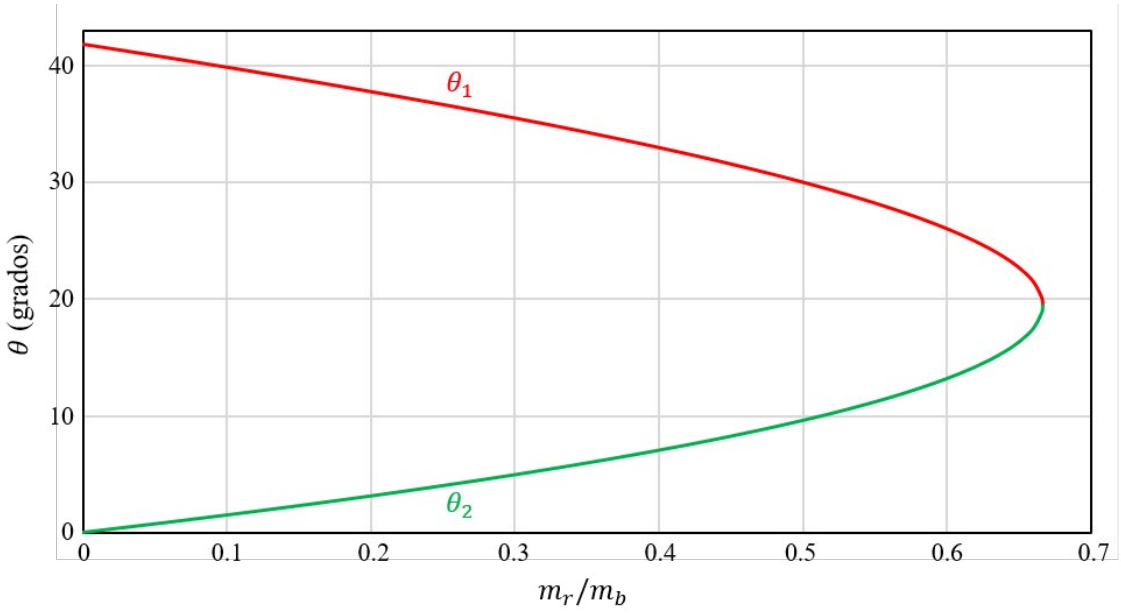


Figura 5. Gráfico de los valores reales de la solución para el ángulo donde el anillo se eleva, con en rojo y en verde, en función de la relación

No obstante, se reflexiona sobre su imposibilidad física práctica: en la posición horizontal absoluta, no existe una componente vertical de la fuerza normal que pueda vencer el peso del anillo, por minúsculo que sea, por lo que no es una solución válida. Por último, se deberá analizar qué significan los resultados: ¿Significa un único resultado que el anillo se eleva una vez y dos resultados que el anillo se elevará dos veces? ¿Cuál es la respuesta que hay que proporcionar para responder al enunciado del problema (Determina la posición de las cuentas en la que el anillo comenzará a subir)? Dejemos que el lector y oyente responda a estas cuestiones.

CONCLUSIONES

El empleo de problemas cuasi-abiertos y preguntas guía permite a los estudiantes transitar desde una resolución mecánica basada en fórmulas hacia una adopción de estrategias científicas transferibles. Este enfoque no solo aborda las dificultades conceptuales de la dinámica circular, sino que entrena habilidades de pensamiento crítico. Es fundamental que el instructor asuma que el dominio del proceso científico es un objetivo de aprendizaje tan prioritario como el contenido teórico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, W. y Wieman, C. (2015). Analyzing the many skills involved in solving complex physics problems. *American Journal of Physics*, *83*(5), 459–467. https://doi.org/10.1119/1.4913923

Gil-Pérez, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, *5*(4), 447–455. https://doi.org/10.1080/0140528830050408

Martínez-Torregrosa, J., Sarriugarte, P., Rosa-Cintas, S. y Guisasola, J. (2025). A circular motion problem to encourage deep understanding and use of scientific practices. *Physics Education*, 60 (045032). https://doi.org/10.1088/1361-6552/addc2c

Análisis de proyectos de investigación científica escolar candidatos a un premio: ¿indagación auténtica?

Pablo Brocos [1] y Luis Fernández-López [2]

[1] Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela, España
[2] Departamento de Ciencias de la Naturaleza, CPI de Cova Terreña, España

*Correspondencia: pablo.brocos@usc.es

RESUMEN: Este trabajo analiza en qué medida las investigaciones científicas escolares presentadas a un premio reflejan rasgos de indagación auténtica. Para ello, se diseñó una rúbrica específica orientada a la evaluación de memorias escritas de investigación, estructurada en cinco dimensiones: naturaleza de la pregunta, diseño metodológico y tratamiento de variables, análisis de datos, argumentación basada en pruebas y calidad del discurso científico. Se examinaron ocho trabajos presentados a la categoría de educación básica secundaria (11-15 años) del Premio Manuel Elkin Patarroyo. Los resultados muestran que la mayoría de los proyectos parten de preguntas investigables, recogen datos y elaboran conclusiones coherentes con los resultados, aunque presentan limitaciones relevantes en el control de variables, la realización de estudios piloto, la revisión bibliográfica previa y la argumentación científica. En conjunto, los trabajos evidencian un nivel intermedio de autenticidad y confirman el valor de la rúbrica como instrumento de evaluación y de apoyo didáctico para promover investigaciones escolares más rigurosas y cercanas a la práctica científica real.

PALABRAS CLAVE: indagación; indagación auténtica; investigación científica escolar; diseño de rúbricas; premios de investigación.

ABSTRACT: This study examines the extent to which school science research projects submitted to an award reflect features of authentic inquiry. To this end, a specific rubric was designed to assess written research reports, structured around five dimensions: the nature of the research question, methodological design and variable treatment, data analysis, evidence-based argumentation, and the quality of scientific discourse. We analysed eight projects from the lower secondary education category (ages 11–15) of the Manuel Elkin Patarroyo Award. The results show that most projects are based on investigable questions, collect data, and formulate conclusions consistent with the results. However, they also reveal significant limitations in variable control, the use of pilot studies, prior literature review, and scientific argumentation. Overall, the projects display an intermediate level of authenticity and confirm the value of the rubric as both an assessment tool and a pedagogical support instrument for promoting more rigorous school research that is closer to real scientific practice.

KEYWORDS: inquiry; authentic inquiry; school scientific research; rubric design; research awards

INTRODUCCIÓN

En el marco actual de la enseñanza de las ciencias, el aprendizaje basado en la indagación se ha consolidado como una piedra angular para fomentar la alfabetización científica y las competencias del siglo XXI (European Commission Directorate-General for Research Innovation, 2015; National Research Council, 2012; OCDE, 2016). A diferencia de los modelos tradicionales de transmisión de conocimientos, la indagación busca que el alumnado actúe y piense como los científicos, involucrándolos en procesos activos de construcción de significados a través de la formulación de preguntas, el diseño de investigaciones y el análisis de datos y pruebas (Bell et al., 2005; Zimmerman, 2005). Sin embargo, la implementación de esta metodología en el aula no está exenta de retos, ya que la propia ambigüedad del enfoque, qué se entiende por "indagar" y qué nivel de guía debe ofrecer el docente, a menudo conduce a una indagación simplificada o de tipo "receta" (Bell et al., 2005), que carece del rigor y

la profundidad de la indagación auténtica, de modo que los procesos que sigue el alumnado difieren significativamente de aquellos realizados en la ciencia profesional (Chinn y Malhotra, 2002). Además, la evidencia sugiere que las estrategias de enseñanza de ciencias basadas en indagación tienen en las aulas un grado de implementación más bien bajo o, como mucho, parcial y desigual, lejos de una adopción sólida y generalizada. Capps y Crawford (2013) hallaron que, incluso entre docentes bien cualificados, los elementos de indagación aparecían en menos de la mitad de las clases y, cuando estaban presentes, solían ser iniciados por el profesorado. En una revisión posterior, Nicol (2021) concluye que su adopción sigue siendo lenta y poco extendida.

Para promover el espíritu investigador e incentivar la implementación del enfoque de enseñanza basado en indagación, se ha sugerido la conveniencia de impulsar concursos que premien las investigaciones científicas realizadas por el alumnado (McCartney y Alberts 2016). Esta estrategia resulta interesante, pero debe plantearse adecuadamente para que su implementación sea efectiva y permita incentivar una indagación auténtica. Además, en este contexto es necesario evaluar un número elevado de proyectos de investigación escolar para su selección, y la evaluación debe realizarse necesariamente a partir de los productos finales de la investigación (memorias, presentaciones o productos elaborados), sin acceso directo al proceso seguido por el alumnado. Esta situación difiere de la evaluación formativa habitual en el aula, en la que el profesorado puede observar y valorar el desarrollo completo de la investigación. Por ello, resulta necesario adaptar las rúbricas de evaluación de la indagación científica, transformando los indicadores de práctica (centrados en lo que el alumnado hace durante el proceso) en indicadores de evidencia discursiva que permitan inferir, a partir del discurso escrito y su presentación, el grado en que el alumnado ha participado en prácticas científicas auténticas. Precisamente, una correcta evaluación de las memorias de investigación presentadas por estudiantes debe discernir si estas prácticas escolares reflejan realmente los atributos cognitivos y epistemológicos de la ciencia real, es decir, si constituye indagación auténtica (Chinn y Malhotra, 2002). La literatura indica que el alumnado suele enfrentar dificultades significativas en procesos clave, como la formulación de preguntas investigables, la identificación de variables y el diseño de metodologías que permitan testar hipótesis de manera coherente (Ferrés, 2017; Tena y Couso, 2023).

En este contexto, es preciso diseñar rúbricas de evaluación específicas como instrumento esencial para la estandarización de criterios de calidad, y para hacer transparentes los criterios de concesión, de modo que se alineen con los resultados de la literatura específica y permitan incentivar una indagación auténtica. Además, la evaluación de estos proyectos mediante rúbricas ayuda a identificar brechas en la implementación de la indagación en contextos reales. Por todo ello, los objetivos de este trabajo son: (a) presentar una rúbrica adaptada a la evaluación de memorias de trabajos de investigación científica realizados por el alumnado; (b) examinar, utilizando dicha rúbrica, una serie de trabajos de investigación presentados a un premio de investigación escolar y determinar en qué medida se ajustan a la indagación auténtica.

METODOLOGÍA

Los trabajos analizados fueron presentados al Premio de Investigación Científica para estudiantes no universitarios Manuel Elkin Patarroyo, convocado por el Centro Cultural y Educativo Español Reyes Católicos de Bogotá. En este estudio preliminar se analizan los 8 trabajos presentados en la categoría B, correspondiente a la educación básica secundaria del sistema educativo colombiano (11-15 años), pertenecientes a la primera edición (2018).

La rúbrica utilizada (tabla 1) se estructuró en cinco dimensiones: naturaleza de la pregunta y objetivo de la investigación, diseño de la investigación y tratamiento de variables, tratamiento de los datos, argumentación y uso de evidencias en las conclusiones, y calidad del discurso. Cada dimensión se organizó en diferentes niveles de desempeño que permitieron clasificar los trabajos en función del grado de desarrollo de la competencia investigadora del alumnado, aunque algunos ítems son de tipo dicotómico (sí/no). Esta rúbrica muestra convergencias con el marco de análisis de la indagación auténtica propuesto por Chinn y Malhotra (2002), ya que ambos enfoques distinguen entre tareas

escolares simples y prácticas de investigación que se aproximan a la ciencia real de un centro de investigación, especialmente en aspectos como la formulación de problemas con sentido, el diseño metodológico con control de variables, el análisis de datos y la elaboración de conclusiones basadas en pruebas. En particular, la dimensión de argumentación y uso de pruebas de la rúbrica coincide con la idea de que la investigación científica implica razonamiento complejo, evaluación de explicaciones alternativas, tratamiento de anomalías e incertidumbre, y coordinación entre teoría y datos, elementos centrales de la indagación auténtica descrita por estos autores (Chinn y Malhotra, 2002). Sin embargo, la rúbrica introduce otras aportaciones, como la consideración de la reproducibilidad metodológica, la realización de estudios piloto, la calidad de la presentación científica y la apertura a nuevas preguntas de investigación, aspectos que no aparecen como criterios de evaluación explícitos en su modelo teórico, más centrado en los procesos cognitivos y epistemológicos de la ciencia auténtica.

RESULTADOS

Los trabajos analizados (tabla 1) presentan una variedad de temas de investigación relacionados con la vida cotidiana del alumnado. Han seleccionado áreas como biología, comportamiento humano, ética, medio ambiente y física básica. Siguen una pauta similar y, de acuerdo con las bases del concurso, parten de una pregunta, realizan un experimento o experiencia práctica, recogen datos mediante tablas o gráficas y elaboran conclusiones basadas en los resultados, con distintos grados de autenticidad. Se pueden identificar dos grandes líneas: trabajos experimentales de ciencias naturales (como germinación, invernaderos, derretimiento de velas, percepción sensorial de insectos o reproducción de plantas: B2, B3, B6, B8) y trabajos de investigación social o de comportamiento (como tolerancia, reacción ante el maltrato, ética y dinero: B1, B4, B5, B7).

Tabla 1. Rúbrica para la evaluación de los trabajos y resultados del análisis.

DIMENSIONES DE LA RÚBRICA	RESULTADO ANÁLISIS
DIMENSIÓN 1. NATURALEZA DE LA PREGUNTA Y OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN (D1)	
D1N1- La investigación está contextualizada, abierta y justificada, y además existe una comprobación empírica de la relación entre variables. - La investigación parte de un problema o pregunta real. - Se explica por qué es importante (relevancia científica, social, tecnológica, etc.). - La pregunta es abierta (no tiene una respuesta ya conocida). - Se realiza un experimento o estudio donde se analizan al menos dos variables. - Se comprueba de forma empírica cómo una variable influye en otra. - Se obtienen datos y se sacan conclusiones a partir de ellos.	B2, B3, B4, B5, B6, B7
D1N2- La investigación no parte de un problema real ni de una pregunta que haya que resolver, sino que: - Está planteada como "comprobar que…", "demostrar que…", "ver qué pasa si…" pero sin explicar por qué es importante investigar eso. - No hay un problema a resolver, solo sigue pasos para obtener un resultado ya conocido. - Es una actividad tipo receta, donde el alumnado sigue instrucciones sin tomar decisiones. - No hay justificación de para qué sirve la investigación o qué problema intenta solucionar.	B8
D1N3- El trabajo no investiga la relación entre variables, sino que se queda en una tarea simple o descriptiva. Se trata de: - Un trabajo de revisión bibliográfica (buscar información y resumirla). - Una construcción o creación de algo (un aparato, un modelo), sin investigar variables. - Una explicación de por qué ocurre algo, sin hacer experimentos ni analizar variables.	B1
DIMENSIÓN 2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y VARIABLES (D2)	
D2.1- Descripción de los materiales y la metodología.	

D2.1N1- Hay una descripción detallada de los materiales y de la metodología que permite que otra persona pueda repetir la investigación sin problemas y obtener resultados similares. Esto significa que en el trabajo: - Se indican todos los materiales utilizados (cantidades, tipos, medidas, etc.). - Se explica paso a paso cómo se ha realizado el experimento o la investigación. - Se especifican condiciones (tiempo, temperatura, cantidades, instrumentos). - Cualquier persona podría repetir el experimento solo leyendo el trabajo.	B3, B4, B5, B6, B7, B8
D2.1N2- Hay una descripción de la metodología y los materiales, pero hay lagunas para poder reproducir la investigación.	B1, B2
D2.2- Diseño y uso de variables en el trabajo de investigación	
D2.2N1 – Con variable dependiente, independiente y de control (VD + VI + VC). La pregunta de investigación incluye la variable dependiente (lo que se mide), la variable independiente (lo que se modifica) y las variables de control (factores que se mantienen constantes), permitiendo plantear una investigación experimental válida.	B3, B6
D2.2N2 – Con variable dependiente e independiente (VD + VI). La pregunta de investigación incluye la variable dependiente (lo que se mide) y la variable independiente (lo que se modifica), pero no se mencionan las variables de control que deben mantenerse constantes para asegurar la validez de la investigación.	B2, B4, B5, B7, B8
D2.2N3 – Con variable dependiente (VD). La pregunta de investigación incluye la variable dependiente (lo que se quiere medir u observar), pero no especifica la variable independiente (lo que se va a cambiar) ni las variables de control.	B1
D2.2N4 – Sin variables. La pregunta de investigación está formulada de manera general o descriptiva, sin concretar qué se va a medir ni qué se va a modificar.	
D2.3- Hay un estudio piloto previo a la fase de toma de datos	Sí: B4 No: B1, B2, B3, B5, B6, B7, B8
D2.4- Hay un procedimiento de control experimental definido	Sí: B3, B4, B5, B6 No: B1, B2, B7, B8
D2.5- Hay un análisis de bibliografía relacionada previa al diseño de la metodología	Sí: B1 No: B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8
DIMENSIÓN 3. TRATAMIENTO DE LOS DATOS (D3)	
D3N1- Los datos están bien organizados y seleccionados, se presentan en tablas y gráficas pertinentes, y se realiza un análisis adecuado y coherente que permite responder a la pregunta de investigación.	B3, B6, B8
D3N2- Los datos están organizados correctamente (tablas y/o gráficas adecuadas) y se realiza un análisis básico (comparaciones, tendencias, explicación de resultados).	B1, B2, B4, B5, B7
D3N3- Se presentan datos, pero solo de forma básica (tabla o lista de datos) y no hay análisis real ni interpretación.	
D3N4- No se presentan datos, o los datos son incorrectos, irrelevantes o no están relacionados con la investigación.	
DIMENSIÓN 4. ARGUMENTACIÓN Y USO DE PRUEBAS EN LAS CONCLUSIONES (D4)	
D4.1- Grado en el que las conclusiones y la argumentación se basa en datos:	
D4.1N1- Las conclusiones están basadas explícitamente en datos, con argumentación coherente, y considera alternativas o incertidumbre.	B6, B8
D4.1N2- Las conclusiones son coherentes con los datos, pero sin ningún tipo de argumentación.	B1, B2, B3, B4, B5, B7
D4.1N3- No hay conexión entre las conclusiones y los datos.	
D4.2- Identifica errores o datos anómalos y los comenta.	Sí: B6 No: B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8
D4.3- Se reconoce que las conclusiones pueden ser provisionales y revisables y no generalizables.	Sí: B4 No: B1, B2, B3, B5, B6, B7, B8
D4.4- Hay una generalización a cualquier situación, a partir de sus resultados.	Sí: B2, B3, B4, B8 No: B1, B5, B6, B7
D4.5- Considera explicaciones alternativas y/o hace predicciones	Sí: B4, B6 No: B1, B2, B3, B5, B7, B8

D4.6- Formula nuevas preguntas de investigación partir de los resultados.	No: B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8
DIMENSIÓN 5. PRESENTACIÓN DE LA MEMORIA Y CALIDAD DEL DISCURSO (D5)	
D5N1- El trabajo está muy bien presentado, con corrección ortográfica, uso adecuado del lenguaje científico, buena organización (portada, índice, apartados, bibliografía, etc.) y formato propio de un texto científico (gráficas tituladas, tablas numeradas, unidades, citas).	B6
D5N2- El trabajo está bien presentado y organizado, utiliza en general un lenguaje adecuado, pero presenta algunos errores ortográficos, de formato o de lenguaje científico.	B2, B3, B4, B5, B7, B8
D5N3- El trabajo está presentado de forma básica, no sigue completamente las normas de los textos científicos y presenta varios errores ortográficos, de organización o de estilo.	B1

Respecto al objetivo de la investigación (D1), La mayoría de los trabajos se sitúan en el nivel D1N1, es decir, parten de preguntas investigables y realizan algún tipo de comprobación empírica. En relación con el diseño experimental (D2), la mayoría describe correctamente la metodología (D2.1N1 o D2.1N2), pero es significativo que casi ningún trabajo realiza estudio piloto previo ni revisión, lo que indica que el alumnado diseña experimentos sin una fase previa de planificación científica. Sí aparecen algunos trabajos con control experimental más claro, como B3, B4, B5 y especialmente B6, que presenta un diseño experimental más completo con variables de control y mediciones sistemáticas.

En la D3 (tratamiento de datos), se observan dos niveles claros: algunos trabajos realizan análisis completos con tablas y gráficas (D3N1), como B3, B6 y B8, mientras que otros se quedan en análisis más básicos (D3N2), como B2, B4, B5 y B7. Esto muestra que el alumnado recoge datos, pero no siempre sabe interpretarlos con profundidad.

En relación con la D4 (argumentación científica), en la mayoría de los trabajos las conclusiones son coherentes con los datos (D4.1N2), pero muy pocos trabajos identifican errores, reconocen limitaciones o formulan nuevas preguntas, que son aspectos importantes del pensamiento científico. Solo algunos trabajos como B4 y B6 incluyen predicciones, explicaciones alternativas o reflexión sobre el experimento, lo que indica un nivel más alto de competencia científica y de autenticidad del trabajo.

El resultado más destacado del análisis es el trabajo B6, que coincide con el trabajo ganador, siendo el único que alcanza nivel alto en casi todas las dimensiones, incluyendo pregunta investigable, diseño experimental sólido, tratamiento adecuado de datos y buenas conclusiones científicas. En contraste, el trabajo B1 representa el extremo opuesto, con un enfoque más descriptivo y menor nivel experimental.

Es importante detenernos en la Dimensión 4.4 (generalización de resultados). Se evidencia que varios trabajos generalizan sus resultados a situaciones más amplias sin suficientes pruebas. Esto ocurre, por ejemplo, en los trabajos B2, B3, B4 y B8, donde a partir de un experimento concreto se extraen conclusiones generales (por ejemplo, sobre el comportamiento de una especie, sobre cómo germinan las plantas en general o sobre cómo se derrite la cera en cualquier situación), cuando en realidad los resultados solo son válidos para las condiciones del experimento. En cambio, otros trabajos como B1, B5 y B7 no generalizan tanto, sino que se centran más en interpretar sus propios resultados. Desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, esto es un resultado relevante porque indica que el alumnado todavía no comprende completamente el carácter provisional y contextual del conocimiento científico (D4.3), ya que en casi ningún trabajo se reconoce que las conclusiones pueden cambiar si cambian las condiciones, lo que muestra una visión poco sofisticada de la naturaleza de la ciencia.

La Dimensión 5 (presentación escrita y lenguaje científico) muestra una tendencia bastante clara en la muestra: la mayoría de los trabajos se sitúan en el Nivel 2.

CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado, podemos concluir que la mayoría de los trabajos analizados presentan características asociadas a la investigación escolar basada en la indagación, ya que parten de preguntas investigables, recogen datos y elaboran conclusiones a partir de los resultados. Sin embargo, el grado de autenticidad científica es desigual. Aunque varios trabajos se aproximan a prácticas propias de la investigación científica, especialmente en la formulación de preguntas y la recogida de datos, se observan dificultades en aspectos clave de la práctica científica profesional, como el control riguroso de variables, la realización de estudios piloto, la revisión bibliográfica previa y, especialmente, la

argumentación científica y la interpretación de resultados. Esto indica que la investigación escolar que realizan los estudiantes se sitúa en un nivel intermedio de autenticidad, en el que se reproducen algunas prácticas científicas, pero no todas las fases del proceso científico de manera completa.

En relación con el instrumento de análisis, la rúbrica utilizada ha resultado ser una herramienta útil para analizar la calidad de las investigaciones escolares y su grado de autenticidad, permitiendo identificar fortalezas y debilidades en los proyectos, por lo que puede considerarse un instrumento válido para evaluar investigaciones escolares y para orientar al profesorado en el diseño de proyectos de indagación más auténticos.

Desde el punto de vista didáctico, los trabajos analizados muestran un alto potencial educativo, ya que implican al alumnado en procesos propios de la actividad científica, e, incluso cuando no alcanza un alto nivel de rigor científico, implican situaciones de aprendizaje con gran valor didáctico como herramienta para el desarrollo de competencias y para acercar al alumnado a la naturaleza de la ciencia.

Finalmente, los resultados muestran que el alumnado es capaz de desarrollar investigaciones escolares con distintos niveles de complejidad, pero también evidencian la necesidad de un mayor andamiaje por parte del profesorado, especialmente en aspectos como el diseño experimental, el control de variables, la interpretación de datos y la elaboración de conclusiones basadas en evidencias. En este sentido, la rúbrica utilizada no solo sirve como instrumento de evaluación, sino también como herramienta didáctica que puede ayudar a diseñar y guiar proyectos de investigación escolar más auténticos y cercanos a la práctica científica real.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto SOS Con-ciencia (Pensamiento crítico para la acción ante desafíos socio-científicos emergentes en la educación científica), PID2022-138166NB-C21/AEI/501100011033/ FEDER, UE. Dedicado a la memoria del Profesor Manuel Elkin Patarroyo Murillo, Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica (1994), por su apoyo decidido al fomento de la investigación desde edades tempranas en Colombia y España, participando directamente en la organización y jurado del premio que lleva su nombre; y al Centro Cultural y Educativo Español Reyes Católicos de la Embajada de España en Colombia, por permitirnos investigar las memorias presentadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bell, R. L., Smetana, L., y Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The science teacher, 72*(7), 30-33.

Capps, D. K., y Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening? *Journal of Science Teacher Education, 24*(3), 497–526.

Chinn, C. A., y Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science education, 86*(2), 175-218.

European Commission Directorate-General for Research Innovation. (2015). *Science education for responsible citizenship: Report to the European Commission of the expert group on science education*. Publications Office.

Ferrés, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 14*(2), 410-426.

McCartney, M., y Alberts, B. (2016). The Science Prize for Inquiry-Based Instruction. In *The Power and Promise of Early Research* (pp. 195-205). American Chemical Society.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas.* National Academies Press.

Nicol, C. B. (2021). An overview of inquiry-based science instruction amid challenges. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 17*(12), Artículo em2042.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy.* OECD Publishing.

Tena, È., y Couso, D. (2023). El diseño de preguntas investigables en el ciclo superior de primaria. *Enseñanza de las Ciencias, 41*(1), 101-123.

Zimmerman, C. (2005). *The development of scientific reasoning skills: What psychologists contribute to an understanding of elementary science learning.* National Research Council.

Evolución de las acciones exploratorias en un entorno de ciencia para la primera infancia. Un estudio longitudinal

Loli Vázquez Carrasco [1], Anna Marbà Tallada [2] y Montserrat Pedreira Álvarez[1]

[1] Facultad Ciencias Sociales de Manresa, Universidad de Vic-Universidad Central de (Uvic-UCC), España
[2] Departamento Educación en Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, España.

* Correspondencia: dvazquez@umanresa.cat

RESUMEN: Este estudio analiza el comportamiento exploratorio de un niño en un entorno educativo diseñado para promover el aprendizaje científico emergente en la primera infancia. Se adopta un enfoque cualitativo-descriptivo con diseño de estudio de caso longitudinal y observación no participante. La investigación se desarrolla en una escuela infantil (0-3 años), en un espacio con ocho módulos de ciencia, donde se realiza el seguimiento de un niño desde los 6 hasta los 48 meses. Se recopilaron 110 grabaciones de vídeo entre 2022 y 2025, analizadas mediante el software NVivo a partir de la Escala de Comportamiento Exploratoria (ECE) y categorías emergentes. Los resultados evidencian una progresión de acciones sensoriales espontáneas, basadas en la exploración (9-16 meses), hacia acciones intencionadas con repetición y persistencia (16-28 meses). Posteriormente, emergen conductas con mayor control y con estrategia (a partir de los 28 meses), donde el niño anticipa resultados, selecciona materiales y ajusta sus acciones. Asimismo, los hallazgos muestran que el niño actúa como agente activo en su aprendizaje, desarrollando acciones vinculadas con la ciencia a través del juego. Además, se confirma que la calidad del entorno y de los materiales es un factor determinante para el desarrollo de las acciones exploratorias y el aprendizaje científico temprano. Este estudio refuerza la importancia del diseño intencional de entornos científicos en la primera infancia mostrando que determinadas propuestas, como el módulo de magnetismo, la mesa de trasvases y la mesa de mecanismos, favorecen la evolución de acciones exploratorias hacia formas más complejas de aprendizaje científico temprano.

PALABRAS CLAVE: primera infancia; ciencia emergente; exploración; espacios de libre elección

ABSTRACT: This study analyzes the exploratory behavior of a child in an educational environment designed to promote emergent scientific learning in early childhood. A qualitative-descriptive approach with a longitudinal case study design and non-participant observation is adopted. The research takes place in a preschool (0-3 years), in a space with eight science modules, where a child is followed from 6 to 48 months of age. One hundred and ten video recordings were collected between 2022 and 2025 and analyzed using NVivo software based on the Exploratory Behavior Scale (EBS) and emergent categories. The results show a progression from spontaneous sensory actions, based on exploration (9-16 months), to intentional actions with repetition and persistence (16-28 months). Subsequently, more controlled and strategic behaviors emerge (from 28 months onward), where the child anticipates outcomes, selects materials, and adjusts their actions. Furthermore, the findings show that children act as active agents in their learning, developing science-related skills through play. In addition, the quality of the environment and materials is confirmed as a determining factor in the development of these skills and early scientific learning. This study reinforces the idea that certain modules, such as the magnetism module, the transfer table, and the mechanism table, facilitate activities that promote the development of exploration.

KEYWORDS: early childhood; emergent science; exploration; free-choice learning

APRENDIZAJE CIENTÍFICO EN LAS PRIMERAS EDADES

La literatura científica contemporánea ha puesto de relieve la importancia de introducir experiencias científicas desde los primeros meses de vida, evidenciando que los niños pequeños pueden participar en prácticas científicas cuando se encuentran en contextos que favorecen la exploración, la manipulación y el razonamiento causal (Fleer, 2021; Forman, 2010; Fragkiadaki et al., 2021; Gopnik & Meltzoff, 1999; Sikder & Fleer, 2018; Siry & Max, 2013).

Desde edades muy tempranas, los niños se formulan preguntas sobre el mundo a partir de su interacción directa con el entorno cotidiano, donde las experiencias diarias ofrecen múltiples oportunidades para el desarrollo científico emergente (Fragkiadaki et al., 2021, 2023; O'Connor et al., 2021). En este sentido, incluso en etapas preverbales, los niños muestran comportamientos propios de la actividad científica, como observar, experimentar y establecer relaciones causales (Chak, 2002; Forman, 2010; Gopnik, 2012).

A pesar del creciente interés en este ámbito, persiste la escasez de estudios centrados en la etapa de 0-3 años, lo que se relaciona, en parte, con la limitada existencia de contextos educativos diseñados específicamente para promover experiencias científicas en estas edades (Gopnik, 2012; O'Connor et al., 2021; Vázquez et al., 2023).

En este sentido, comprender cómo aprenden los niños en la primera infancia resulta clave, ya que el aprendizaje se construye principalmente a través de la interacción sensorial y activa con el entorno. Desde la perspectiva histórico-cultural, el conocimiento emerge en esta interacción, mediada por objetos y materiales, y se ve impulsado por la curiosidad innata del niño y el juego natural en esta etapa (Chak, 2002; Kesner Baruch et al., 2025).

La exploración activa permite a los niños comprender el funcionamiento del mundo, formular hipótesis y desarrollar habilidades científicas como la observación, la predicción o la experimentación (Fleer, 2021; Gomes & Fleer, 2020; Hedegaard, 2012; O'Connor et al., 2021). Estas acciones evolucionan desde formas sensoriales hacia acciones más intencionadas y estratégicas. En un estudio basado en la observación de interacciones infantiles en una propuesta de magnetismo, se observó una progresión que va desde una exploración sensorial inicial hacia acciones cada vez más intencionadas. Esta evolución incluye cinco niveles: Exploración Espontánea, Exploración con Repetición, Acción sin Control, Acción con Control y Acción con Estrategia. Sin embargo, aún son escasos los estudios que analizan de manera más precisa qué acciones realizan los niños en contextos diseñados para fomentar estas habilidades.

En este contexto, este estudio longitudinal tiene como objetivo analizar la evolución de las acciones exploratorias de un niño entre los 6 y los 48 meses en un entorno diseñado con intencionalidad científica, así como identificar qué acciones emergen durante la exploración y cómo se relacionan con el desarrollo de habilidades científicas tempranas.

MÉTODO

Este estudio adopta un enfoque cualitativo-descriptivo con diseño de estudio de caso longitudinal y observación no participante (León y Montero, 2002). El seguimiento se realizó entre los 6 y los 48 meses de edad. Aunque el estudio se sitúa en un contexto educativo 0-3, la observación se extendió hasta los 48 meses debido a la organización escolar por año natural de nacimiento y la transición posterior a I3.

La investigación se desarrolló en un espacio organizado en torno a 8 módulos pedagógicos diseñados para fomentar acciones vinculadas con la ciencia y promover la autonomía y la libre elección. El niño participante, identificado bajo el seudónimo de "Nil" asistía regularmente a la escuela desde los cuatro meses de edad. El espacio constituía su entorno habitual, minimizando posibles efectos derivados de la novedad del contexto.

Los datos fueron recopilados mediante grabaciones de vídeo realizadas entre noviembre de 2022 y diciembre de 2025, recopilando 118 vídeos con una duración total de 123,38 minutos. Las grabaciones

audiovisuales se llevaron a cabo por una de las investigadoras adoptando una actitud no intrusiva; no dirigía la actividad ni interfiere en el juego, sino que se limitaba a seguir de manera respetuosa el recorrido del niño. La cámara se posicionó siguiendo al niño, con el fin de documentar secuencias relevantes, vinculadas al objeto de estudio.

Se acordó con las educadoras de la escuela días específicos de la grabación y se respetó en todo momento la iniciativa e interés del niño, en algunas ocasiones se desplazó a otros espacios o simplemente no asistió a la escuela el día previsto para la grabación.

Este estudio se realizó de acuerdo con el Código Ético para Investigadores en Primera Infancia (EECERA) y fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad en la correspondiente. Se realizaron sesiones informativas tanto para las familias, como para las profesoras, en las que se explicaron detalladamente los objetivos, el protocolo de recogida de datos y el uso científico previsto de las grabaciones. La participación fue voluntaria, garantizando el derecho a retirarse en cualquier momento, así como la confidencialidad y el anonimato. Las grabaciones fueron anonimizadas y almacenadas de forma segura.

ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se desarrolló usando el software NVivo. La creación del libro de códigos se realizó en tres niveles:

En un primer nivel, se visualizaron los 118 vídeos seleccionados y se categorizaron según la edad en el momento de la grabación y según el módulo en que se producía la interacción.

En un segundo nivel, las acciones observadas fueron codificadas a partir de las categorías establecidas en la Escala de Comportamiento Exploratorio (ECE).

En un tercer nivel, a partir de un proceso de codificación abierta y comparación constante, emergieron nuevas categorías no contempladas inicialmente en la Escala de Comportamiento Exploratorio. Estas categorías fueron agrupadas y redefinidas iterativamente para identificar patrones recurrentes relacionados con habilidades emergentes, como persistencia, predicción, discriminación material y autoreto. Este proceso permitió complementar el análisis deductivo inicial con una dimensión inductiva orientada a captar comportamientos observados específicamente en este contexto.

Tabla 1. Sistema de categorías derivadas de la Escala de Comportamiento Exploratorio

Categorías	Código	Descripción	Ejemplo
No interacción	No interacción	No hay interacción con la propuesta.	Abandona la propuesta
Acción Exploratoria	Exploración Espontánea	Interacción sensorial con los materiales al margen de su relación con el fenómeno. Interacciones accidentales.	Chupar, oler, tocar y mirar los objetos
	Exploración con Repetición	Repetición de la acción/manipulación diversa sobre los objetos que puede tener relación casual con el fenómeno. No muestra objetivo concreto en relación con el fenómeno.	Mover, sopesar, lanzar objetos o acercarlos a la pizarra o los imanes. Intentar dejar repetidamente objetos en la pizarra (o en cualquier superficie).
Acción Intencionada	Acción orientada (sin control)	Repetición de la acción, modificando elementos, buscando resultados concretos, pero sin control del fenómeno.	Intentar separar un material de la pizarra, muestra persistencia en la acción y frustración al no conseguirlo.
	Acción con control	Elección específica de objetos para conseguir el resultado esperado.	Seleccionar o rechazar objetos (tapas metálicas y no metálicas) que permiten lograr el objetivo de dejarlas en la pizarra.
	Acción con estrategia	Añadir al control del fenómeno la búsqueda orientada de objetos a los que les da otro uso del previsto para alcanzar un resultado esperado.	Seleccionar una cuchara para hacer palanca y separar una bandeja metálica de la pizarra.

Tabla 2. Categorías y códigos de análisis emergentes.

Categorías y códigos emergentes			
Categoría	**Código**	**Descripción**	**Ejemplo**
Habilidades científicas emergentes	Persistencia	Mantener una acción y repetirla ante una dificultad u obstáculo sin abandonar la tarea	Ejemplo Nil con 16 meses al experimentar la fuerza de repulsión, Nil no abandona la tarea; prueba diferentes orientaciones o cambia de piezas,
	Predicción	Capacidad de anticipar la respuesta del material relacionado con las experiencias previas	Ejemplo Nil 28 meses en uno de los vídeos se aprecia cómo Nil utiliza las tapas de conserva para adherirlas a la pizarra de forma alineada y con decisión
	Discriminación material	Selección del material basado en el conocimiento previo en relación con su comportamiento físico	Ejemplo Nil 46 meses frente a una cesta con materiales de apariencia similar (metálicos y no metálicos), realiza una selección decidida e intencionada,
	Autoreto	Desafío planteado por el propio niño ante un obstáculo	Ejemplo Nil 28 meses, se enfrenta a un obstáculo: una anilla metálica queda imantada en la pizarra y al ser muy estrecha no la puede retirar cogiéndola con los dedos. En lugar de desistir, Nil parece imponerse un autoreto

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis longitudinal de las 118 grabaciones realizadas en los ocho módulos pedagógicos evidencia que el aprendizaje científico emergente puede observarse desde los primeros meses, incluso antes del desarrollo del lenguaje verbal, reforzando la idea de que los niños son agentes activos en contextos adecuados (Fragkiadaki et al., 2021, 2023; O'Connor et al., 2021).

Entre los 9 y los 16 meses predominan acciones sensoriomotoras de exploración y repetición, propias de la Small Science (Sikder & Fleer, 2015), que permiten un primer reconocimiento de las propiedades de los materiales (Gopnik, 2012).

Entre los 16 y los 28 meses emerge una intencionalidad incipiente: el niño orienta sus acciones hacia efectos concretos y muestra persistencia. La resistencia de los materiales (por ejemplo, la repulsión magnética o la dificultad de los mecanismos) actúa como desencadenante de nuevas estrategias, favoreciendo la relación entre acción y resultado (Fleer, 2021).

A partir de los 28 meses se produce una transición hacia acciones más controladas y estratégicas. El niño anticipa resultados, ajusta variables y selecciona materiales. Entre los 34 y los 46 meses se consolidan conductas predictivas, evidenciando la construcción de relaciones causa-efecto, tal y como también señalan otros estudios en el ámbito de la ciencia en la primera infancia (Fleer et al., 2020; Forman, 2010; Gopnik & Meltzoff, 1999; Sikder & Fleer, 2018; Siry & Max, 2013).

En conjunto, los resultados muestran una evolución clara desde acciones exploratorias espontáneas hacia acciones intencionadas, controladas y estratégicas, en coherencia con la Escala de Comportamiento Exploratorio (ECE). Esta progresión refleja el paso de una exploración basada en la experiencia directa hacia formas más complejas de pensamiento científico temprano.

Finalmente, los datos ponen de manifiesto el papel clave del diseño del entorno en este proceso. La organización del espacio en módulos de actividad científica parece haber favorecido la progresión observada, actuando como catalizador de la exploración autónoma. Esto coincide con estudios que destacan la relevancia de contextos ricos y estructurados para el desarrollo del pensamiento científico en edades tempranas (Fleer, 2021; Fragkiadaki et al., 2019, 2023).

A diferencia de otras investigaciones que subrayan la necesidad de la guía adulta (Peterson & French, 2008; Van Schijndel et al., 2010), en este estudio el diseño intencional del entorno parece haber favorecido la emergencia de acciones cada vez más complejas sin intervención adulta. No obstante, no se ha observado qué ocurre en presencia de una persona adulta, por lo que no es posible establecer

comparaciones directas. En este sentido, aunque la guía no se ha considerado imprescindible en las condiciones analizadas, ello no excluye que, en un contexto donde el espacio esté adecuadamente diseñado y la persona adulta que acompañe el proceso, formada en la materia, los resultados puedan ser aún más visibles. Esta cuestión queda, por tanto, abierta a futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

El presente estudio longitudinal refuerza la idea de que la interpretación del funcionamiento del mundo comienza desde el nacimiento, incluso antes del desarrollo del lenguaje verbal. Los resultados evidencian que desde los primeros meses Nil muestra acciones cotidianas propias de la Small Science, como llenar, vaciar, golpear o enganchar, que evolucionan hacia acciones más complejas y estratégicas.

A lo largo de su desarrollo se observa una progresión clara; a los 16 meses aparece la persistencia ante fenómenos como la repulsión de los imanes; mientras que hacia los 28 meses emerge una intencionalidad incipiente, que se manifiesta en la anticipación de resultados y en una mayor orientación de la acción hacia objetivos concretos.

Esta evolución continúa hasta la aparición de conductas más controladas y estratégicas, evidenciando una progresiva construcción de relaciones de causalidad física.

En conjunto, los resultados muestran una evolución desde acciones exploratorias espontáneas hacia acciones intencionadas, controladas y estratégicas, en coherencia con la Escala de Comportamiento Exploratorio (ECE). Esta progresión refleja el paso de una exploración basada en la experiencia directa hacia formas más complejas de pensamiento científico temprano, en línea con lo discutido en el apartado de resultados y discusión.

Asimismo, se destaca el papel clave del diseño intencional del entorno. Aunque no era un objetivo inicial del estudio los resultados sugieren que un entorno organizado en módulos de actividad científica puede favorecer esta evolución. No obstante, se observa que no todas las propuestas generan el mismo nivel de interacción, ya que factores como la accesibilidad o la complejidad influyen en su uso, lo que apunta a la necesidad de seguir profundizando en el diseño de estas experiencias.

En este sentido, se pone de manifiesto la necesidad de generar entornos diseñados intencionalmente que promuevan acciones relacionadas con la ciencia en edades tempranas. Sin embargo, queda pendiente analizar qué ocurre cuando una persona adulta está presente en el espacio y acompañe el proceso, así como el posible impacto de esta interacción en la evolución de dichas acciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Byrne, J., Kardefelt-Winther, D., Livingstone, S., & Stoilova, M. (2016). *Global kids online: Research synthesis, 2015-2016.* https://eprints.lse.ac.uk/67965/7/Global%20Kids%20Online_Synthesis%20report_2016.pdf

Chak, A. (2002). Understanding children's curiosity and exploration through the lenses of Lewin's field theory: On developing an appraisal framework. *Early Child Development and Care, 172(1), 77*-87. https://doi.org/10.1080/03004430210874

Fleer, M. (2021). Conceptual playworlds: the role of imagination in play and learning. *Early Years, 41*(4), 353-364. https://doi.org/10.1080/09575146.2018.1549024

Fleer, M., Fragkiadaki, G., & Rai, P. (2020). STEM begins in infancy: conceptual playworlds to support new practices for professionals and families. *International Journal of Birth and Parent Education, 7(4), 27-31.* https://www.monash.edu/__data/assets/pdf_file/0010/2293219/2020-AOM-Fleer-Fragkiadaki-Rai-STEM-begins-in-infancy-Conceptual-PlayWorlds-to-support-new-practices-for-professionals-and-families.pdf

Forman, G. E. (2010). When 2-year-olds and 3-year-olds think like scientists. *Early Childhood Research & Practice, 12(2*). https://eric.ed.gov/?id=EJ910913

Fragkiadaki, G., Fleer, M., & Rai, P. (2023). Science concept formation during infancy, toddlerhood, and early childhood: developing a scientific motive over time. *Research in Science Education, 53(2), 275-294.* https://doi.org/10.1007/s11165-022-10053-x

Fragkiadaki, G., Fleer, M., & Ravanis, K. (2021). Understanding the complexity of young children's learning and development in science: a twofold methodological model building on constructivist and cultural-historical strengths. *Learning, Culture and Social Interaction, 28*, 100461. https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2020.100461

Gomes, J., & Fleer, M. (2020). Is science really everywhere? Teachers' perspectives on science learning possibilities in the preschool environment. *Research in Science Education, 50(5),* 1961-1989. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9760-5

Gopnik, A. (2012). Scientific thinking in young children: Theoretical advances, empirical research, and policy implications. *Science, 337(6102), 1623-1627.* https://doi.org/10.1126/science.1223416

Gopnik, A., & Meltzoff, A. N. (1999). *Palabras, pensamientos y teorías.* Visor.

Hedegaard, M. (2012). Analyzing children's learning and development in everyday settings from a cultural-historical wholeness approach. *Mind, Culture, and Activity, 19(2), 127-138.* https://doi.org/10.1080/10749039.2012.665560

Kesner Baruch, Y., Mevarech, Z., & Spektor-Levy, O. (2025). Preschoolers' scientific curiosity and inquiry capabilities: an ecological research approach. *Journal of Research in Science Teaching.* Advance online publication. https://doi.org/10.1002/tea.70019

León, O., & Montero, I. (2002). Métodos de investigación en psicología y educación. McGraw-Hill.

O'Connor, G., Fragkiadaki, G., Fleer, M., & Rai, P. (2021). Early childhood science education from 0 to 6: A literature review. *Education Sciences, 11(4), 178*. https://doi.org/10.3390/educsci11040178

Peterson, S. M., & French, L. (2008). Supporting young children's explanations through inquiry science in preschool. *Early Childhood Research Quarterly, 23(3), 395-408*. https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2008.01.003

Sikder, S., & Fleer, M. (2018). The relations between ideal and real forms of small science: Conscious collaboration among parents and infants–toddlers (Cultural Studies of Science Education). *Cultural Studies of Science Education,13(4) 865-888*. https://doi.org/10.1007/s11422-018-9869-x

Siry, C., & Max, C. (2013). The collective construction of a science unit: framing curricula as emergent from kindergarteners' wonderings. *Science Education, 97(6), 878-902*. https://doi.org/10.1002/sce.21076

Van Schijndel, T. J. P., Singer, E., Van der Maas, H. L. J., & Raijmakers, M. E. J. (2010). A sciencing programme and young children's exploratory play in the sandpit. *European Journal of Developmental Psychology, 7(5), 603-617.* https://doi.org/10.1080/17405620903412344

Vázquez, L., Marbà, A., & Pedreira, M. (2023). Desarrollo del pensamiento científico en la etapa 0-3 años: una revisión sistemática. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales,* 45, 3-16. https://doi.org/10.7203/DCES.45.27384

¿Qué es un problema creativo de física? La percepción del alumnado

Hanane Yousfi Boulaghmoudi[1], Vicente Sanjosé López[2] y Carlos Bernando Gómez[3]

[1] Departamento de Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia, España

[2] Departamento de Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia, España

[3] Departamento de Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia, España

* Correspondencia: yousfi@alumni.uv.es

RESUMEN: El presente estudio se planteó como una investigación exploratoria cualitativa destinada a identificar qué criterios utilizan los estudiantes para considerar creativo un problema académico de física. Se desarrolló un proceso inductivo para construir categorías que diesen cuenta de características percibidas de los problemas creativos a partir de las respuestas explicitadas por alumnado en forma de texto libre. Participó un total de 128 estudiantes, 74 universitarios y 54 preuniversitarios. Las respuestas se pudieron agrupar tentativamente en cuatro categorías interpretables para el profesorado: 1. Características generales de la creatividad (novedoso, útil, complejo); 2. Creatividad superficial, asociada al contexto narrativo del problema (fantasía, divertido, sorprendente); 3. Planteamiento cognitivamente exigente (hay que pensar profundamente; es indefinido); 4. Resolución no mecánica (no se aplican fórmulas de memoria; hay varios caminos de resolución). En consonancia con las diferencias clásicas entre novatos y expertos en la representación mental de problemas de física, se apreciaron diferencias por niveles: los universitarios asociaron más que los preuniversitarios la creatividad a aspectos estructurales del problema, en las categorías 3 y 4. El estudio puede ayudar al profesorado en el diseño de problemas que fomenten formas de razonamiento más estimulantes, creativas y reflexivas en la enseñanza de la física.

PALABRAS CLAVE: resolución de problemas de física; creatividad; características del problema; percepciones del alumnado; investigación cualitativa

ABSTRACT: The present study was designed as an exploratory qualitative investigation aimed at identifying the criteria students use to consider an academic physics problem creative. An inductive process was used to construct categories describing perceived characteristics of creative problems based on students' written responses in free-text format. A total of 128 students participated in the study: 74 university students and 54 pre-university students. The responses were tentatively grouped into four categories that can be interpreted by teachers: (1) general characteristics of creativity (novel, useful, complex); (2) superficial creativity associated with the narrative context of the problem (fantasy, entertaining, surprising); (3) cognitively demanding problem framing (it requires deep thinking; it is open-ended); and (4) non-mechanical solution processes (it cannot be solved by recalling formulas; multiple solution paths are possible). In line with the classical differences between novices and experts in the mental representation of physics problems, differences across levels were observed: university students associated creativity more strongly than pre-university students with structural aspects of the problem (categories 3 and 4). The study may help teachers design problems that promote more stimulating, creative and reflective forms of reasoning in physics education.

KEYWORDS: physics problem solving; creativity; problem features; students' perceptions; qualitative research

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la creatividad ha pasado a ocupar un lugar central en la agenda educativa internacional. La OECD, por ejemplo, incorporó por primera vez en PISA 2022 una evaluación específica del pensamiento creativo, entendido como la capacidad de generar ideas diversas y originales, así como

de evaluar y mejorar ideas en distintos contextos (OCDE, 2024). Se considera hoy de especial interés educativo fomentar la capacidad del alumnado para afrontar problemas complejos y novedosos en contextos cambiantes. La investigación reciente sobre resolución creativa de problemas ha insistido en la necesidad de estudiar la creatividad en contextos ricos en conocimiento y dentro de dominios específicos, en lugar de trabajarla en tareas generales o descontextualizadas (Yang et al., 2022). Revisiones recientes muestran que los enfoques de resolución de problemas científicos y los contextos STEM pueden contribuir de manera relevante al desarrollo de la creatividad científica del alumnado (Pinar et al., 2025; Subramaniam et al., 2025).

Sin embargo, en la enseñanza de la física sigue siendo poco claro qué características debe tener un problema académico para que pueda percibirse como creativo y, potencialmente, favorecer formas de razonamiento no rutinarias. Los expertos usan calificativos generales como la originalidad, la baja probabilidad de aparición y la utilidad para caracterizar el acto o producto creativo y evalúan la producción creativa en términos de su flexibilidad y fluidez (Runco & Jaeger, 2012; Simonton, 2021; Weiss & Wilhelm, 2022), pero no es evidente cómo utilizar estos atributos para guiar el diseño de problemas académicos concretos. Actualmente, se están dando pasos importantes en el análisis de las interacciones creativas problema-resolutor (Tuveri et al., 2026), pero aún no existe un consenso experto claro sobre qué debe tener un problema académico de física para que resulte creativo a los estudiantes. Por ello, el presente estudio se planteó como una investigación exploratoria de carácter cualitativo orientada a identificar qué criterios utilizan los estudiantes para considerar creativo un problema académico de física. No obstante, los criterios del alumnado deben ser interpretados de un modo inteligible para el profesorado, ya que la finalidad última de esta investigación es ayudar al profesorado a diseñar problemas percibidos como estimulantes y creativos por el alumnado pero que, al tiempo, permitan el aprendizaje de la ciencia y también la instrucción analítica por parte del profesorado cuando se precise (Yousfi et al., 2025). Es decir, los problemas académicos deben respetar la interacción entre creatividad divergente (generación de representaciones mentales y de soluciones) y convergente (evaluación de las soluciones a partir del conocimiento científico) (Zhu et al., 2019).

En particular, el presente estudio persiguió tres objetivos: 1) identificar las características que los estudiantes asocian con la creatividad en problemas académicos de física; 2) analizar cómo se relacionan estos criterios con distintos aspectos de los problemas reconocibles por los expertos y profesores; 3) y además, explorar si hay diferencias en estos criterios en función del nivel académico, ya que la investigación demostró una evolución en la representación mental de los problemas de física centrada en aspectos superficiales en niveles bajos, pero en aspectos estructurales en expertos (Chi et al., 1981; Gómez et al., 2012).

MÉTODOS

Enfoque y diseño del estudio

Se desarrolló un estudio exploratorio, eminentemente cualitativo. El diseño del estudio fue secuencial, en varias fases, con un enfoque inductivo que permitiera construir y reconstruir categorías que diesen cuenta de características percibidas de los problemas creativos a partir de las respuestas explicitadas por propio alumnado.

Participantes y contexto

La toma de todos los datos se realizó en las aulas, previo permiso de las autoridades y profesorado de cada centro. Participaron 128 estudiantes, 54 de educación secundaria postobligatoria (33 de 4º ESO y 21 de 1º Bachillerato) de un instituto concertado, así como 74 estudiantes universitarios, 48 del 3er curso del grado en Física y 26 del Máster de Profesorado de Educación Secundaria de la Universitat de València (MAES), especialidad de Física y Química.

Instrumento de toma de datos

en cuadernillos diseñados *exprofeso* se preguntó abiertamente a cada participante por aquellas características que debería tener un problema académico de física para ser creativo, según su opinión

individual. Para favorecer respuestas situadas, los estudiantes leyeron previamente 4 enunciados variados de problemas académicos de física de nivel básico con la instrucción de no resolverlos, pero sí pensar en ellos. Estos enunciados actuaron como estímulo para activar experiencias previas de resolución de problemas antes de responder a la pregunta abierta. En total se utilizaron 16 enunciados variando características como el realismo/fantasía de la historia, carácter cerrado/ abierto, teórico/ experimental, simple/ enigmático), distribuidos en 4 cuadernillos distintos, aunque con la misma pregunta abierta. Ejemplos de esos enunciados se recogen en la Tabla 1. No se planteó todavía una validación psicométrica formal de este instrumento, aunque se procuró la adecuación al alumnado de la pregunta abierta y de los enunciados. Los cuestionarios mostraron comprensibilidad y una adecuada exhaustividad, ya que permitieron clasificar todas las respuestas del alumnado en unas pocas categorías convergentes.

Tabla 1. Ejemplo de enunciados de problemas usados como estímulo en la tarea de determinar características de un problema que lo hacen creativo

En el parque, dos niños, Petra (30 kg) y Pedro (20 kg), deciden usar un columpio-palanca (una palanca de primera especie con brazos iguales) cuya longitud total es L = 4 m (cada brazo, 2 m). Si Pedro se sienta en el extremo de su lado del columpio, ¿a qué distancia del eje debe sentarse Petra para que el columpio quede perfectamente equilibrado?
Un dragón parte de la Torre Negra a las 10:00 h volando a 60 km/h respecto al suelo. Se supone que el vuelo es horizontal y sin viento. Una hora más tarde, una nave goblin parte tras él a 90 km/h para darle caza siguiendo la misma trayectoria. ¿A qué distancia de la Torre Negra lo alcanzará?
Una fábrica ha desarrollado un nuevo modelo de neumático "*W*" y quiere compararlo con el neumático "*N*", que ya está en el mercado. Su objetivo es demostrar que el nuevo neumático ofrece mejor agarre que el "*N*" al frenar sobre asfalto mojado. Le han encargado a Vd. diseñar un experimento que permita comparar con rigor el rendimiento de ambos neumáticos en condiciones similares a las de una frenada real. Dispone de todos los materiales necesarios. ¿Qué experimento diseñaría? ¿Qué datos tomaría y qué variables controlaría? ¿Cómo interpretaría los resultados para justificar sus conclusiones?

Procedimiento de análisis

Las respuestas abiertas se analizaron mediante un proceso de categorización inductiva. Primero, se identificaron unidades de significado en las respuestas del alumnado preuniversitario y se agruparon en categorías preliminares. En la segunda fase, estas categorías se utilizaron como conceptos sensibilizadores (Bowen, 2020) para analizar las respuestas de los estudiantes universitarios y refinar el sistema categorial. La codificación fue realizada por dos investigadores de forma independiente. La fiabilidad del procedimiento se estimó mediante *kappa* de Cohen, que, tras dos etapas de categorización, discusión y mejora de los criterios, alcanzó el valor 0,82. Finalmente, se volvieron a categorizar todas las respuestas para comprobar la exhaustividad y adecuación de las categorías, y se contabilizaron frecuencias y porcentajes de participantes en cada nivel académico.

RESULTADOS

El análisis de las respuestas abiertas permitió identificar un conjunto relativamente reducido de criterios que el alumnado utiliza para considerar creativo un problema académico de física. Las respuestas se agruparon en cuatro categorías principales que se muestran a continuación, junto con ejemplos representativos de cada categoría.

1. Características generales de la creatividad**.** Muchos estudiantes describen la creatividad del problema mediante criterios generales asociados al concepto de creatividad, como la novedad u originalidad del enunciado o su utilidad o aplicabilidad a situaciones de la vida cotidiana. En algunos casos también se menciona la complejidad o dificultad del problema como rasgo asociado a la creatividad, aunque esta característica no forma parte de las definiciones clásicas del concepto. Por ejemplo, algunos participantes describieron un problema creativo como:

> "Original, no repetitivo" (4º ESO); "Enunciado de una situación de la vida diaria con resolución compleja" (1º Bach); "Pregunta por conocimientos físicos aplicados a situaciones que pueden ocurrir realmente" (3º Física).

No obstante, unos pocos participantes señalaron explícitamente que la creatividad no depende necesariamente de que el problema sea más difícil:

> "No tiene por qué ser más difícil; tiene que enseñar algo que luego se pueda usar" (4º ESO)

2. Creatividad asociada al contexto narrativo del problema. Una parte importante del alumnado asoció la creatividad con características superficiales del enunciado, especialmente con contextos narrativos llamativos o imaginativos. En este sentido, se mencionaron con frecuencia situaciones curiosas, humorísticas o de fantasía. Por ejemplo, algunos estudiantes indicaron que un problema creativo podría ser aquel que:

> "Tiene un enunciado gracioso, de fantasía" (4º ESO); "Habla de situaciones o cosas que son improbables que ocurran" (1º Bach).

Sin embargo, algunos estudiantes universitarios rechazaron explícitamente esta asociación, señalando que la creatividad no depende del contexto narrativo del problema sino de su estructura o de la forma en que debe resolverse:

> "Se intenta enmascarar la falta de creatividad con un planteamiento con figuras de fantasía, pero eso no es creatividad real" (3º Física).

3. Planteamiento cognitivamente exigente. Se relaciona la creatividad con el desafío cognitivo que plantea el problema. La creatividad se vincula con la necesidad de comprender la situación física, construir un modelo físico o reflexionar sobre los principios implicados (i.e. construir las representaciones mentales adecuadas). Es importante el modo en que el problema obliga al resolutor a analizar la situación y elaborar un planteamiento propio que está, a priori, indefinido, por contraposición a un ejercicio algorítmico que no requiere pensar. Se expresaron adjetivos como "retador", "estimulante", "desafiante", y cláusulas como "te obliga a pensar en profundidad", "hay que tener claras las leyes de la física", o se aludió al carácter no-cerrado, indefinido de la estructura del problema:

> "Se plantea y se resuelve con imaginación, no con fórmulas sino pensando" (4º ESO); "Requiere profundizar en los principios y leyes físicas" (3º Física); "Requiere un planteamiento alternativo al usual para poder comprenderlo... Si es paradójico es más estimulante" (3º Física); "Me permite usar mi propio razonamiento y elaborar mi propio diseño (...) un problema desafiante y motivador" (MAES).

4. Resolución no mecánica. La creatividad se atribuye a un proceso de resolución que no consiste en aplicar directamente una fórmula o procedimiento aprendido. Las respuestas mencionan con frecuencia la ausencia de datos explícitos, la necesidad de identificar la información relevante o la posibilidad de utilizar diferentes estrategias de resolución. Algunos ejemplos son:

> "No da los datos y los tienes que intuir" (4º ESO); "No es sustituir valores en una fórmula aprendida de memoria" (1º Bach); "Si me dan los valores necesarios y hacen la pregunta, no es creativo" (1º Bach); "Existen infinitas respuestas y se puede resolver sin seguir un método lineal" (3º Física); "Hace pensar en qué datos son importantes (...) seguramente haya varias formas de resolverlo" (MAES).

Distribución del alumnado en las categorías, según niveles

La Tabla 2 recoge la distribución de participantes en las distintas categorías. Las dos últimas se han integrado en un bloque relacionado con la Estructura del problema, por contraposición a la Superficie con contexto del problema.

Tabla 2. Fracción de estudiantes cuyas respuestas contienen referencias a cada una de las categorías identificadas, según el nivel académico

CATEGORÍAS		NIVEL ACADÉMICO				
		1ºBach	3º Grado Física	MAES	Total	4ºESO
Características generales de la creatividad	Novedoso, poco visto, atípico	0,390	0,380	0,520	0,770	0,520
	Complejo, difícil	0,300	0,140	0,190	0,120	0,200
	No tiene por qué ser difícil	0,030	0,190	0,000	0,120	0,060
	Útil, aplicado a la vida real	0,270	0,430	0,480	0,350	0,390
	Total	1,000	1,140	1,190	1,350	1,160
Superficie: Contexto narrativo	La creatividad se asocia a características superficiales	0,450	0,330	0,100	0,500	0,315
	La creatividad se disocia de características superficiales	0,000	0,000	0,100	0,080	0,055
	Total	0,450	0,330	0,210	0,580	0,370
Estructura del problema	Planteamiento cognitivamente exigente; exige comprensión profunda; modelización	0,330	0,140	0,750	0,580	0,510
	Resolución no mecánica; abierta, diferentes posibilidades	0,270	0,430	0,500	0,650	0,460
	Total	0,610	0,570	1,250	1,230	0,970
Total global		2,061	2,058	2,656	3,154	2,500

Como muestra la Tabla 2, las referencias a características estructurales del problema (categorías 3, planteamiento, y 4, resolución) aumentan claramente en los niveles universitarios, mientras que en los niveles preuniversitarios son más frecuentes las referencias a los elementos superficiales del enunciado. Además, el número total de rasgos creativos mencionados por estudiante aumenta con el nivel académico.

CONCLUSIONES PROVISIONALES

El estudio permitió identificar un conjunto relativamente estable de criterios que el alumnado utiliza para valorar la creatividad de los problemas académicos de física. Estos criterios no se corresponden necesariamente con las dimensiones clásicas utilizadas en la investigación psicométrica clásica de Guilford y Torrance sobre creatividad, como fluencia o flexibilidad (Weiss & Wilhelm, 2022), sino que se relacionan más bien con características percibidas en contexto, cuando el resolutor interacciona con el enunciado, elabora una representación mental inicial y adelanta cómo podría ejecutar el planteamiento y la resolución de los problemas. Por una parte, algunos estudiantes la vinculan con aspectos superficiales del enunciado, como la originalidad del contexto narrativo o la presencia de situaciones curiosas o imaginativas. Por otra parte, muchos participantes —especialmente en niveles educativos más avanzados— relacionan la creatividad con características estructurales del problema, como el carácter retador del planteamiento, la necesidad de comprender y modelizar la situación física o la existencia de procesos de resolución no mecánicos. La interpretación de esas exigencias del problema por parte del resolutor ha sido denominada *problem framing* (Tuveri et al., 2026) y comprende la capacidad de interpretar y justificar el conocimiento y métodos que se emplean, como por ejemplo el uso de las matemáticas, bien como simples operaciones abstractas sin significado físico, o bien como herramientas que modelizan la realidad física. El presente estudio muestra qué tipo de señales del enunciado interpretan los estudiantes como indicadoras de un *framing* creativo, antes de abordar su resolución. La comparación entre niveles educativos indica una posible evolución en dichas señales reconocidas por los estudiantes. Mientras que el alumnado con menor experiencia tiende a fijarse en características narrativas o contextuales del enunciado, los estudiantes con mayor formación

científica hacen mayor referencia a aspectos estructurales del problema y al tipo de razonamiento que este requiere. Esta interpretación de los resultados es coherente con la investigación clásica sobre resolución de problemas según la cual los resolutores más expertos atienden en mayor medida a relaciones estructurales o principios subyacentes del problema, mientras que los resolutores menos expertos tienden a apoyarse más en rasgos superficiales de la situación (Chi, et al.,1981), especialmente cuando los enunciados son poco familiares (son novedosos) para los resolutores (Gómez-Ferragud et al, 2013).

Estos resultados, que deben validarse todavía mediante instrumentos más específicos y muestras más grandes, sugieren que la percepción de creatividad en problemas académicos de física no depende únicamente de criterios generales de creatividad, sino también de cómo los estudiantes interpretan la estructura del problema y anticipan los procesos cognitivos necesarios para resolverlo. Comprender estos criterios puede contribuir al diseño de problemas que fomenten formas de razonamiento más estimulantes, formativas y reflexivas en la enseñanza de la física.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bowen, G. A. (2020). *Sensitizing concepts*. London, UK: SAGE Publications Limited.

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. Cognitive Science, 5(2), 121–152.

Gómez Ferragud, C., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2013). Efectos de la similitud superficial y estructural sobre la transferencia a partir de análogos en problemas de alta y baja familiaridad: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias, 31*(1), 135–151. https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n1.782

OECD. (2024). PISA 2022 Results (Volume III): Creative Minds, Creative Schools. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/765ee8c2-en

Pinar, F. I. L., Panergayo, A. A. E., Sagcal, R. R., Acut, D. P., Roleda, L. S., & Prudente, M. S. (2025). Fostering scientific creativity in science education through scientific problem-solving approaches and STEM contexts: A meta-analysis. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 7*(1), Article 18. https://doi.org/10.1186/s43031-025-00137-9

Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal, 24*(1), 92–96. https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092

Simonton, D. K. (2021). Scientific creativity: Discovery and invention as combinatorial. *Frontiers in psychology*, *12*, 721104. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.721104

Subramaniam, R. C., Morphew, J. W., Rebello, C. M., & Rebello, N. S. (2025). Presenting a STEM ways of thinking framework for engineering design-based physics problems. *Physical Review Physics Education Research*, *21*(1), 010122. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010122

Tuveri, M., Steri, A., & Fanti, V. (2026). Semiotic problem framing: a new framework to guide students and teachers in conceptual understanding and teaching of physics. *European Journal of Physics*, *47*(1), 015712. https://doi.org/10.1088/1361-6404/ae2445

Yang, W., Green, A. E., Chen, Q., Kenett, Y. N., Sun, J., Wei, D., & Qiu, J. (2022). Creative problem solving in knowledge-rich contexts. *Trends in Cognitive Sciences*, *26*(10), 849-859. https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.06.012

Yousfi, H., Sanjosé, V., & Gómez, C. (2024). Resolución de problemas insight: propuesta de un método analítico útil para la enseñanza. *International Journal of Developmental and Educational Psychology: INFAD. Revista de Psicología*, *1*(2), 275-294. https://doi.org/10.17060/ijodaep.2024.n2.v1.2762

Weiss, S., & Wilhelm, O. (2022). Is flexibility more than fluency and originality? *Journal of Intelligence, 10*(4), 96. https://doi.org/10.3390/jintelligence10040096

Zhu, W., Shang, S., Jiang, W., Pei, M., & Su, Y. (2019). Convergent Thinking Moderates the Relationship between Divergent Thinking and Scientific Creativity. *Creativity Research Journal*, *31*(3), 320–328. https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1641685

Estudio de la representación de un modelo grupal partiendo de un modelo individual sobre evolución biológica

Diego Torromé [1], Beatriz Mazas-Gil [2], Ángel Luis Cortés-Gracia [2]

[1] Research Institute of Natural Sciences. Chungnam National University. República de Corea.
[2] Departamento de Didácticas Específicas. IUCA. Universidad de Zaragoza. España.

* Correspondencia: dtorrome@gmail.com

RESUMEN: La modelización como práctica científica busca conseguir una adecuada construcción del conocimiento científico escolar que permite al alumnado, a través de modelos expresados, explicar o describir cuestiones que serían difícilmente manifestadas por otros medios. En relación con los modelos expresados de los estudiantes sobre la evolución biológica, en este estudio se definen diferentes niveles según el grado de complejidad (1 a 5) que, aplicados a un modelo inicial, y a uno final tras una secuencia didáctica, permite determinar la progresión del alumnado. En trabajos anteriores, la mayoría de estudiantes incorporó nuevos conceptos sobre la evolución biológica tras el análisis de sus modelos iniciales y finales. En el presente estudio, se evalúan las diferencias existentes entre los modelos finales expresados individualmente por el alumnado, y un modelo grupal desarrollado por estudiantes cuyos modelos individuales han sido definidos en diferentes niveles. Entre los resultados destacamos 1) la ausencia total de ideas alternativas importantes, algo que no se había logrado en los modelos individuales, y 2) que son generalmente más simples y se centran en un único concepto, logrando un nivel adecuado (4/5) pero evitando la evaluación máxima de nivel (5/5), incluso cuando esta calificación sí fue alcanzada por un modelo individual.

PALABRAS CLAVE: Evolución; Modelos; Educación Secundaria Obligatoria; Modelo grupal.

ABSTRACT: Modeling as a scientific practice aims to achieve an appropriate construction of school scientific knowledge. Modeling enables students, through expressed models, to explain or describe issues that would be difficult to address by other means, such as those related to biological evolution. Different levels are defined for expressed models according to their degree of complexity (1 to 5). When applied to an initial model and to a final model produced after a didactic intervention, these levels facilitate the analysis of students' progression. Previous studies have shown that most students incorporate new concepts related to biological evolution after examining their initial and final models. In the present study, differences between the final models expressed by students and a group model that includes students whose individual models were classified at different levels are evaluated. In these collectively expressed models, the complete absence of major alternative ideas stands out, a result that had not been achieved in individual models. These group models are generally simpler and focus on a single concept, reaching an adequate level (4/5) but avoiding the highest evaluation level (5/5), even when this rating had been achieved by an individual model.

KEYWORDS: Evolution; Models; Compulsory Secondary Education; Group model.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La modelización en la enseñanza de las ciencias es una práctica eficiente a la hora de alcanzar ciertos objetivos, como establecer comparativas, detectar ideas alternativas o construir un conocimiento científico fundamentado (Köse, 2008; Prokop et al., 2006). En este trabajo se usa la acepción de modelización entendida como la progresión de modelos, que busca la evolución de los modelos del alumnado mediante preguntas que los estudiantes responden a partir de sus modelos mentales (Oliva, 2019). Por otro lado, la herramienta principal para el presente trabajo es el modelo explícito, que se define como la información creada a partir de un modelo mental explicativo, que puede ser reflejado mediante lenguaje científico (p. ej. dibujos) para crear un modelo expresado (Galagovsky et al., 2009).

Este trabajo parte de la base propuesta por Torromé et al. (2026) en la que se estudiaron los modelos individuales expresados por el alumnado para analizar la progresión de los mismos entre una propuesta inicial, previa a la intervención didáctica, y otra final. En el presente caso, se estudia un modelo expresado extra, elaborado de manera grupal tras la realización de los modelos finales individuales. Se pretende, por tanto, analizar las diferencias entre los modelos individuales finales y los modelos grupales, así como realizar una discusión tanto de los motivos que las hayan podido provocar, como de la utilidad de esta práctica científica adicional.

METODOLOGÍA

La recogida de datos se realizó en el curso 2023-2024 durante una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) con ocho sesiones para 21 estudiantes en la asignatura de Biología y Geología de 4º de ESO. El modelo inicial individual se recogió antes de comenzar la intervención didáctica, mientras que el final, también individual, se desarrolló en la última clase del temario. La tercera y última recogida de datos buscó la realización de un modelo grupal, pero los grupos no se realizaron de manera aleatoria, si no que se construyeron según dos patrones: (1) estudiantes con variedad de evaluación en los exámenes y en el modelo individual final; (2) estudiantes que usaron diferentes herramientas y conceptos en sus modelos individuales. De esta forma, se buscaba garantizar la heterogeneidad de los grupos, promoviendo las diferencias y el debate, y analizando cómo ello se plasmaba en el modelo grupal.

En los modelos individuales finales, hubo un total de 3 modelos de nivel 2; 9 de nivel 3; 8 de nivel 4; y 1 de nivel 5 (Torromé et al., 2026). En la sesión de recogida de datos grupales, y teniendo en cuenta principalmente los niveles previamente mencionados, los grupos, formados por 5 estudiantes cada uno, quedaron de la siguiente manera:

- Grupo A: niveles 4, 3, 4, 4, 2 (nivel medio 3.4)
- Grupo B: niveles 5, 2, 4, 4, 3 (nivel medio 3.6)
- Grupo C: niveles 4, 4, 3, 3, 3 (nivel medio 3.4)
- Grupo D: niveles 3, 3, 3, 3, 4 (nivel medio 3.2)

Respetando la diferencia entre herramientas y conceptos usados por los estudiantes, se consiguió crear grupos con tan solo un máximo de 0.4 puntos de diferencia en las medias de nivel entre grupos (creadas atendiendo a la puntuación de su modelo final). El instrumento de recogida de datos consistió en una ficha con espacio para realizar el modelo expresado a través de un dibujo, acompañado del siguiente texto en inglés, ya que la SEA se realizó en itinerario bilingüe: "*Debate with your classmates about what type of model/drawing/scheme better explains the concept of evolution considering your previous models. In the space below, draw a model that everyone in the group agrees with. Then, you will have 3 minutes to explain your model to the class".* Finalmente, para la evaluación de los modelos se ha utilizado la escala de 5 niveles de Köse (2008), mostrada en la tabla 1, junto a las adaptaciones propuestas por Torromé et al. (2026).

Tabla 1. Niveles de representación para la evaluación de modelos, mostrado las descripciones relacionadas y ejemplos. Tabla de Torromé et al. (2026).

Nivel		Descripción	Ejemplos
Nivel 1	Ausencia de modelo	No se presenta ningún tipo de modelo gráfico, ni tampoco se añade una explicación escrita.	- Escribe "no sé". - Garabatos inconexos. - Ficha en blanco.

Nivel 2	Modelo no representacional	Existe un modelo gráfico en el que se pueden identificar elementos relacionados con la evolución.	- Gráficos lineales de evolución de un pez al ser humano.
Nivel 3	Modelo representacional con errores significativos	Modelos gráficos que muestran cierto grado de comprensión de la evolución. Sin embargo, se pueden identificar conceptos erróneos o imprecisiones.	- Gráficos no lineales de evolución. - Emplea evidencias evolutivas. - Ideas alternativas.
Nivel 4	Modelo parcialmente representacional	Los modelos gráficos exhiben una comprensión parcial de los conceptos de la evolución. Por otro lado, los conocimientos expresados, pese a ser correctos, pueden estar incompletos.	- Ausencia de ideas alternativas. - Esquemas de selección natural a través de generaciones.
Nivel 5	Modelo íntegramente representacional	Modelos gráficos completos que manifiestan una comprensión elevada de la evolución, así como una capacidad de relación entre una variedad amplia de conceptos. Son modelos tanto competentes como realistas.	- Expone una gran cantidad de conceptos bien relacionados. - Detalla conceptos clave como "una vez adaptado, la evolución frena".

RESULTADOS

Los modelos grupales se pueden observar en la figura 1. El primer modelo (Figura 1A) muestra un ejemplo de especiación. Los estudiantes explicaron durante la exposición oral cómo un ancestro común puede evolucionar a dos organismos con características diferentes en una situación en la que sobreviven los que poseen mejores rasgos adaptativos a diferentes condiciones ambientales. El ejemplo usado es el del zorro, que en zonas desérticas presenta orejas grandes ya que éstas aumentan la superficie corporal que pierde calor (*Vulpes zerda*) y en zonas frías orejas pequeñas con menor superficie corporal, y por tanto menor pérdida de calor (*Vulpes lagopus*). Este modelo muestra una comprensión parcial de los elementos relacionados con la evolución sin ideas alternativas, pero hay falta de relación con otros conceptos, lo cual es indispensable para conseguir un nivel 5, por lo que encajaría en el nivel 4.

El segundo modelo (Fig. 1B) expresa uno de los elementos más vistos en los modelos finales individuales, el esquema de selección natural. La presentación oral consistió en explicar cómo la selección natural afecta a una especie, usando en este caso un ejemplo de ave que, si tuviese un pico más largo, podría acceder de manera más eficaz a una mayor cantidad de nutrientes. Las estudiantes explicaron cómo aquellos descendientes cuya variedad genética resulte en un pico ligeramente más largo podrán tener un mayor éxito reproductivo, que a la larga podría resultar en una evolución completa de la población. Este modelo es correcto y se clasifica como nivel 4, al centrarse en un único concepto.

En el tercer modelo (Fig. 1C) los estudiantes han decidido representar una de las evidencias evolutivas tratadas durante la SEA, la evidencia geográfica. En su exposición oral explicaron cómo un ancestro común de un ave podría haber evolucionado en diferentes especies adaptadas a cada uno de los nuevos ambientes propiciados por el establecimiento de nuevas barreras geográficas. Este modelo es evaluado como nivel 4, ya que muestran un grado de comprensión sobre la evolución, pero no aportan varias ideas relacionadas.

Finalmente, el cuarto modelo (Fig. 1D) muestra diferentes teorías del origen de las especies. Los estudiantes explicaron el creacionismo y el diseño inteligente, para proceder a explicar teorías evolutivas, con mucho énfasis en el catastrofismo y el ejemplo del impacto del meteorito Chicxulub durante el límite Cretácico-Paleógeno. Posteriormente, detallaron cómo a través de un ancestro común surgieron todas las especies, con especial mención a la explicación de cómo el *Homo sapiens* no evoluciona del mono, sino que ambos parten de un ancestro común. Este modelo no muestra errores significativos más

allá de dar demasiada importancia al catastrofismo, una teoría con aciertos pero que ha evolucionado mucho desde la propuesta original de Cuvier. Además, el modelo y la presentación se acercan más a una presentación teórica que a una explicación de conceptos evolutivos que demuestre un grado de comprensión avanzado, por lo que este modelo ha sido evaluado como nivel 3.

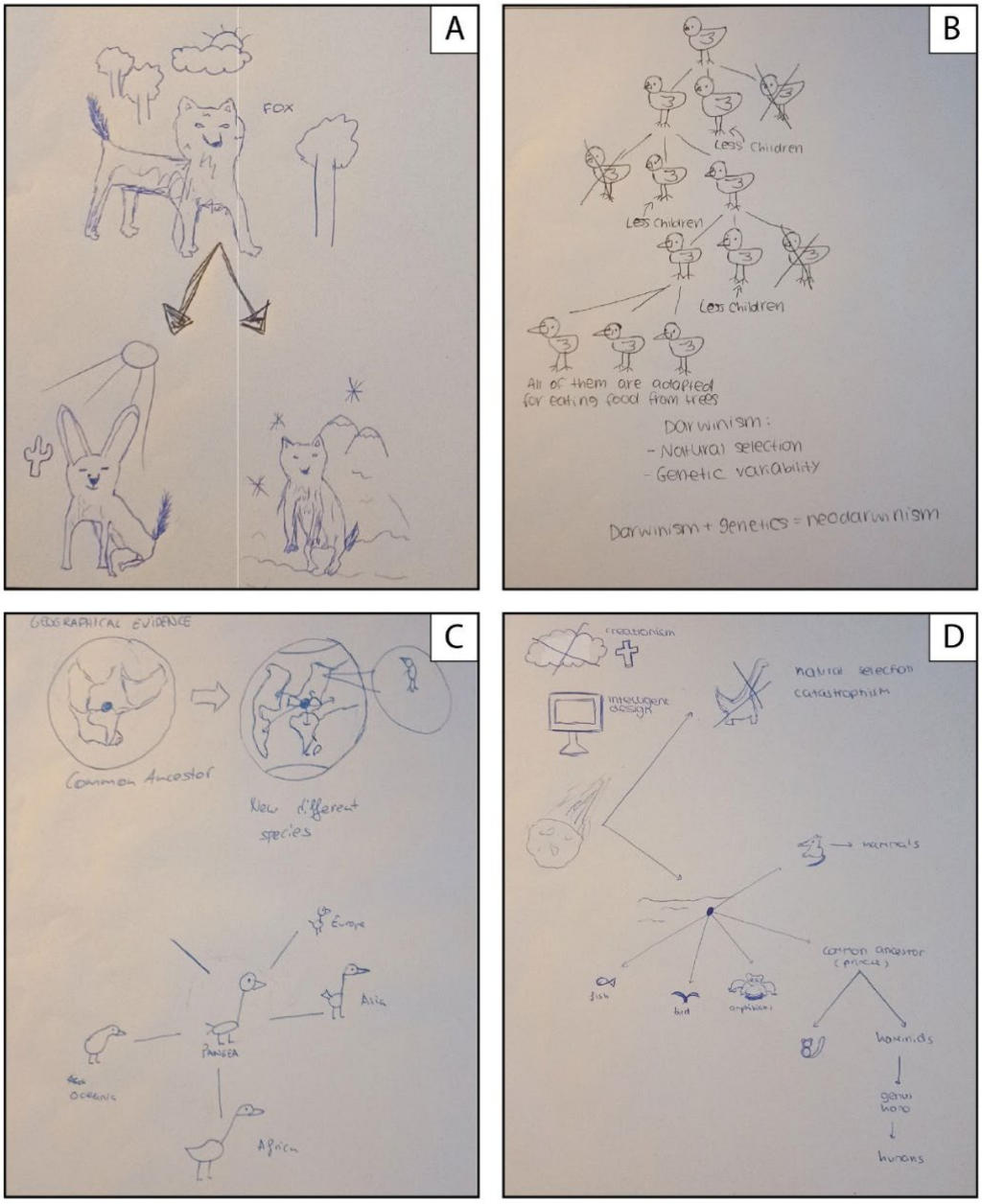


Figura 1. Modelos grupales sobre evolución biológica.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión general

Lo primero que destaca en los cuatro modelos grupales es la ausencia total de las principales ideas alternativas identificadas por Yates y Marek (2014) o Torromé et al. (2026), estas son: "La evolución general, desde los primeros organismos acuáticos hasta el ser humano, es un proceso lineal" y "El *Homo sapiens* ha evolucionado directamente del mono". Estas ideas, pese a que habían disminuido

en el modelo individual final, no habían sido eliminadas totalmente. Su total desaparición de los modelos grupales está probablemente relacionada con que, si existe un estudiante que propone una idea alternativa para el modelo, es probable que uno de sus compañeros la identifique y evite que llegue a ser expresada.

También es posible observar que los cuatro modelos grupales son notablemente más simples que los modelos finales individuales, ya que todos ellos se han centrado en un único concepto (grupo A – especiación; grupo B – selección natural; grupo C – evidencia geográfica; grupo D – teorías del origen de las especies). Esto está probablemente relacionado con dos factores: (1) el tiempo dispuesto para este modelo ha sido más limitado debido a que los grupos debían explicar su modelo oralmente después; (2) es más difícil realizar una conexión de conceptos compleja eficiente si has de alcanzar un acuerdo con los compañeros, mientras que centrarse en un único concepto facilita la cooperación.

Finalmente, los factores previamente identificados pueden haber influido en que ningún modelo grupal haya llegado a nivel 5, aunque este objetivo no era sencillo, puesto que únicamente un estudiante pudo lograr esta asignación en el modelo final individual. Por otro lado, el grupo D es el único que no ha llegado a un nivel 4. Un 0.2 menos de media respecto a otros grupos no parece una razón suficiente para explicar esto, pero se puede observar que el grupo D es el único con menos de 2 estudiantes que alcanzaron un nivel 4 en el modelo final individual. La menor proporción de estos estudiantes aportando ideas al grupo puede haber influido en la evaluación de nivel 3.

Conclusión

Los modelos expresados grupales contienen diferencias significativas con respecto a los modelos individuales. Estos presentan menor cantidad de errores e ideas alternativas, mientras que se enfocan en un único concepto y buscan una mayor simplicidad. Las diferencias identificadas y discusión relacionada presentan este tipo de práctica adicional como una herramienta útil de manera complementaria durante el proceso de modelización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Galagovsky, L., Di Giacomo, M. A. y Castelo, V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *8*(1), 1-22.

Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal, 3*(2), 283-293.

Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, *37*(2), 5-24. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648

Prokop, P., Prokop, M., Tunnicliffe, S. D. y Diran, C. (2006). Children's ideas of animals' inter-nal structures. *Journal of Biological Education*, *41*, 1-6. https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656064

Yates, T. B. y Marek, E. A. (2014). Teachers teaching misconceptions: A study of factors con-tributing to high school biology students' acquisition of biological evolution-related misconceptions. *Evolution: Education and Outreach, 7*, 1-18. https://doi.org/10.1186/s12052-014-0007-2

Torromé, D., Mazas Gil, B., y Cortés Gracia, Ángel L. (2026). Progresión del modelo sobre evolución biológica en el aula de Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 23*(2), 2201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i2.2201

Ideas del alumnado en Bachillerato sobre radiación y radiactividad: ¿potencial obstructivo o potencial productivo?

Daniel Parcerisas[1], *Victor López-Simó*[2]

[1]Departament de Ciències, Col·legi Sagrada Familia Gavà, España

[2]Departament de Didàctica de les Ciències , Universitat Autònoma de Barcelona, España

*Correspondencia: d.parcerisas@safagava.edu

RESUMEN: El aprendizaje de la radiactividad en la asignatura de Física de 2º de bachillerato presenta ciertos retos especiales debido a la propia naturaleza del fenómeno (imperceptible, abstracto y estocástico). En este estudio, a partir de la definición de las ideas clave del modelo científico escolar sobre radiactividad que se espera construir durante este curso escolar, se ha elaborado una taxonomía de ideas alternativas del alumnado sobre (a) la naturaleza de la radiación y la radioactividad, (b) la interacción radiación-materia y (c) la evolución temporal de una muestra de átomos radiactivos. Para cada una de estas ideas, se ha analizado su potencial productivo u obstructivo según su proximidad o lejanía ontológica y estructural al modelo.

PALABRAS CLAVE: radiación, radioactividad, ideas alternativas, potencial obstructivo, potencial productivo.

ABSTRACT: Learning about radioactivity in the second-year *Bachillerato* Physics course presents specific challenges due to the very nature of the phenomenon (imperceptible, abstract, and stochastic). In this study, based on the definition of the key ideas of the school scientific model of radioactivity that students are expected to develop during this academic year, we construct a taxonomy of students' alternative ideas regarding (a) the nature of radiation and radioactivity, (b) radiation–matter interaction, and (c) the temporal evolution of a sample of radioactive atoms. For each of these ideas, we analyse its productive or obstructive potential according to its ontological and structural proximity to the model.

KEYWORDS: radiation, radioactivity, alternative ideas, productive potential, obstructive potential.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la radioactividad y la radiación puede abordarse en distintos momentos de la educación secundaria, pero la Ley Orgánica 3/2020 establece que el alumnado de Física de segundo de bachillerato debe conocer "*la composición de los núcleos atómicos y la estabilidad de isótopos*", así como "*la radiactividad natural y otros procesos nucleares*" y sus "*aplicaciones en los campos de la ingeniería, la tecnología y la salud*". En Catalunya, el DOGC añade la "*descripció dels processos i de les constants implicats que permeten el càlcul de la variació poblacional i l'activitat de mostres radioactives*" (Generalitat de Catalunya, 2022).

Sin embargo, las ideas previas del alumnado sobre una temática científica son un factor clave que puede facilitar o dificultar el aprendizaje (Griffiths & Preston, 1992) y, en el caso de la radiactividad, las ideas procedentes de la cultura popular, junto con su carácter abstracto e imperceptible, dificultan la construcción de modelos científicos y muestran una alta resistencia al cambio (Parcerisas & Lopez-Simó, 2025). Se ha observado que el alumnado desarrolla modelos mentales influidos por los medios de comunicación, asociando la radiactividad únicamente con peligro y manteniendo una confusión persistente entre radiactividad, radiación y material radiactivo, así como entre irradiación y contaminación (Millar & Gill, 1996; Prather, 2005). Estas concepciones, documentadas también en el contexto local por Morales y Tuzón (2021), suelen apoyarse en analogías biológicas y generan ideas erróneas como la "*acumulación de la radiación en la materia*", la "*activación de objetos irradiados*" o

su relación confusa con problemas ambientales. Asimismo, reflejan una visión de la radiactividad como fenómeno artificial y peligroso y una comprensión limitada de la estructura y transformación del átomo en una reacción nuclear (Tekin & Nakiboglu, 2006).

La investigación sobre las ideas del alumnado acerca de radiación y radiactividad muestra que estas son muy diversas: mientras algunas contradicen claramente las ideas científicas escolares, otras —aunque incorrectas— pueden constituir un buen punto de partida o andamiaje. Algunas podrían considerarse auténticos obstáculos epistemológicos, en la línea de lo que Bachelard (1983) definió como estructuras de pensamiento espontáneas que dificultan el progreso hacia formas más elaboradas de comprensión científica. Otras, en cambio, adoptan formas de razonamiento epistemológicamente incorrectas pero con potencial productivo, al permitir organizar la experiencia de manera coherente. En esta línea, Mortimer y El-Hani (2014) describen las "ideas precursoras" como explicaciones intuitivas que, aunque científicamente incompletas, conservan elementos estructurales susceptibles de ser orientados y transformados. Un ejemplo paradigmático en didáctica de la física es la tendencia a tratar la energía como una entidad cuasi-material (Duit, 1987): pensar que "algo" fluye, se almacena o se transfiere, aunque no coincida con el concepto formal de energía, puede servir como andamiaje inicial hacia una comprensión más compleja del modelo.

Basándonos en esta distinción entre ideas iniciales que actúan como obstáculos para la progresión conceptual y otras que funcionan como precursores o andamiajes para construir modelos más sofisticados y coherentes con la ciencia escolar, podemos atribuirles un cierto potencial obstructivo cuando operan como barrera y un potencial productivo cuando facilitan el aprendizaje.

OBJETIVOS

A partir de esta distinción propuesta entre potencial obstructivo y potencial productivo de las ideas del alumnado, en esta investigación nos preguntamos cómo esto se concreta en la enseñanza-aprendizaje de la radiación y la radiactividad en 2º de Bachillerato. Para ello, nos proponemos los siguientes objetivos de investigación: (1) Identificar la diversidad de ideas previas sobre radiación y radioactividad que presenta el alumnado de 2º de bachillerato antes de recibir una enseñanza formal sobre esta temática. (2) Clasificar esta diversidad de ideas previas a partir de un conjunto de ideas clave estructurantes del modelo escolar de radiación y radioactividad. (3) Analizar el potencial obstructivo o productivo de cada una de estas ideas, atendiendo a la presencia o no de elementos isomorfos o análogos con las ideas clave definidas.

Esta clasificación de las ideas previas y de su potencial obstructivo o productivo forma parte de una investigación más amplia que se encuentra en curso, en la que se pretende analizar cómo se produce la evolución de estas ideas previas hacia ideas científicas más sofisticadas y coherentes con un deseable modelo científico escolar (MCE en adelante, según Izquierdo et al. (1999)) acerca de la radiación y la radiactividad. Inspirados en la propuesta de Zabel y Gropengiesser (2011) y posteriormente revisitada por Vergara et al. (2022), el objetivo a largo plazo es la definición de un paisaje conceptual como marco analítico para caracterizar el aprendizaje del alumnado sobre la física de la radiactividad.

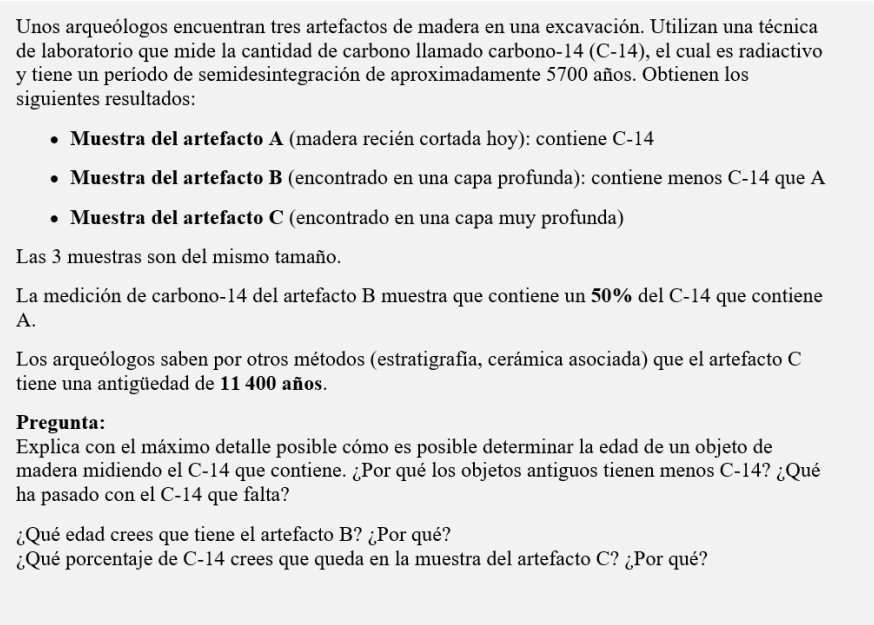
METODOLOGIA

Para conseguir estos objetivos se ha trabajado durante el curso 2025-26 con los 34 alumnos de 2º de bachillerato científico-tecnológico del Colegio Sagrada Família. Éste es un colegio concertado - privado de Gavà, una zona del extrarradio de Barcelona con un nivel sociocultural medio-bajo.

En una primera fase, y a partir de ideas detectadas en una investigación preliminar, se diseñó una batería de 38 preguntas cortas para hacer aflorar las preconcepciones del alumnado sobre esta temática. Cada alumno respondió aleatoriamente a 3 o 4 preguntas, obteniéndose 115 respuestas. Sin embargo, muchas resultaron demasiado breves o vagas para identificar qué pensaban realmente los estudiantes sobre radiación y radiactividad.

Por ello, en una segunda fase se diseñaron 10 escenarios con situaciones relacionadas con la radiactividad: medidas de radiación a lo largo del tiempo, objetos expuestos a radiación o fuentes radiactivas, distintos

blindajes, etc. En cada caso se pedía interpretar el fenómeno y realizar alguna predicción —cómo evolucionará la radiación, qué objetos emitirán radiación o cómo actuarán los blindajes— mediante una respuesta larga y argumentada. De acuerdo con Garrido y Couso (2025), la necesidad de realizar predicciones justificadas obliga al alumnado a expresar y/o utilizar su modelo mental. Un ejemplo se muestra en la figura 1.



Unos arqueólogos encuentran tres artefactos de madera en una excavación. Utilizan una técnica de laboratorio que mide la cantidad de carbono llamado carbono-14 (C-14), el cual es radiactivo y tiene un período de semidesintegración de aproximadamente 5700 años. Obtienen los siguientes resultados:

- **Muestra del artefacto A** (madera recién cortada hoy): contiene C-14
- **Muestra del artefacto B** (encontrado en una capa profunda): contiene menos C-14 que A
- **Muestra del artefacto C** (encontrado en una capa muy profunda)

Las 3 muestras son del mismo tamaño.

La medición de carbono-14 del artefacto B muestra que contiene un **50%** del C-14 que contiene A.

Los arqueólogos saben por otros métodos (estratigrafía, cerámica asociada) que el artefacto C tiene una antigüedad de **11 400 años**.

Pregunta:
Explica con el máximo detalle posible cómo es posible determinar la edad de un objeto de madera midiendo el C-14 que contiene. ¿Por qué los objetos antiguos tienen menos C-14? ¿Qué ha pasado con el C-14 que falta?

¿Qué edad crees que tiene el artefacto B? ¿Por qué?
¿Qué porcentaje de C-14 crees que queda en la muestra del artefacto C? ¿Por qué?

Figura 1. Ejemplo de escenario contextualizado y predictivo diseñado para evidenciar las ideas precias del alumnado acerca de la naturaleza de la radiactividad y su evolución temporal.

Estos 10 escenarios fueron distribuidos aleatoriamente entre los 34 estudiantes que anteriormente ya habían respondido a las preguntas cortas, y de nuevo cada estudiante respondió a 3 o 4 escenarios, obteniendo esta vez 96 respuestas escritas. A partir de estas 96 respuestas empezó el proceso de comparación y contraste entre ellas, llevado a cabo de forma independiente por los dos autores, identificando patrones y regularidades que llevaron de forma inductiva a la clasificación que mostramos en la tabla 1. Una vez clasificadas, estas ideas fueron también agrupadas según su potencial productivo u obstructivo como se muestra en la tabla 2.

RESULTADOS

Así, después de analizar todas las explicaciones obtenidas en la segunda fase, el primer hallazgo fue que las ideas de los estudiantes se podían agrupar en tres grandes familias: (a) aquellas que hacían referencia a la naturaleza de la radioactividad como proceso de transmutación nuclear y los mecanismos que la originan, (b) aquellas que hacían referencia a la interacción entre la radiación (emitida por una muestra radiactiva) y la materia irradiada (es decir, la que recibe dicha radiación) y (c) aquellas que tenían relación con la dinámica de una muestra de átomos radiactivos, tanto desde una perspectiva individual y aleatoria como desde una perspectiva estadística y determinista. A su vez, también observamos que dentro de cada una de estas tres familias (que de aquí en adelante llamaremos N, I y D) podían definirse diferentes ideas clave estructurantes, de manera que cada idea de cada estudiante podría asociarse a una de estas ideas.

Tabla 1. Ideas estructurantes del MCE de radiactividad usadas para clasificar las ideas previas del alumnado

FAMILIA	IDEA ESTRUCTURANTE	ENUNCIADO EXTENSO DE LA IDEA ESTRUCTURANTE
Familia de ideas relacionadas con la naturaleza de la radioactividad	**N1.** Radiactividad como proceso de transmutación	Todo núcleo atómico inestable se transmuta en otro más estable con un número diferente de protones, emitiendo radiación ionizante en el proceso. Este proceso se denomina radiactividad y está regido por diversas leyes de conservación: carga, número atómico, número másico...
	N2. Inestabilidad natural vs. inducida	La inestabilidad se debe a una descompensación en el número de protones y de neutrones del núcleo. Puede ser el resultado de la génesis de la sustancia, de una reacción nuclear natural o de un proceso tecnológico.
	N3. Radiación como resultado de 3 mecanismos	Este proceso puede ocurrir mediante tres mecanismos de desintegración, según el número de protones y de neutrones que intervienen. Esto origina tres tipos diferentes de radiación, con cargas, masas y velocidades distintas, que les confieren capacidades de ionización distintas.
Familia de ideas relacionadas con la interacción radiación-materia	**I1.** Irradiación vs. Ionización	Toda radiación ionizante, en función de su carga eléctrica, masa y velocidad, puede irradiar otros átomos y provocar cambios en la corteza y romper los enlaces químicos. No puede afectar el núcleo atómico ni convertir los átomos en radiactivos.
	I2. Ionización vs. Penetración	Cuanto más ionizante es, más rápido pierde su energía y menos puede penetrar en la materia. Por el contrario, cuanta más penetración presenta, menos interacción e ionización produce.
	I3. Ionización vs. Mutación	Según la cantidad de radiación, el tipo y los enlaces que rompa, puede tener un riesgo mayor o menor, especialmente en los sistemas vivos, ya que puede alterar el ADN y provocar mutaciones.
	I4. Irradiación vs. Contaminación	Los átomos radiactivos de una sustancia pueden pasar a otra por contacto e incorporarse a ella como átomos de ésta. Este proceso se denomina contaminación radiactiva y puede hacer que un cuerpo se vuelva radiactivo.
Familia de ideas relacionadas con la dinámica de una muestra de átomos radiactivos	**D1.** Aleatoriedad individual	Dada una muestra de átomos radiactivos en un momento determinado, el tiempo que tarda cada núcleo inestable en emitir radiación y estabilizarse es aleatorio con una probabilidad constante, intrínseca del núcleo e independiente de las condiciones físicas y químicas en las que se encuentre la sustancia.
	D2. Determinismo estadístico	En una muestra grande de núcleos radiactivos del mismo isótopo, el tiempo que tarda en transmutar la mitad de los núcleos exponencialmente (periodo de semidesintegración) es una constante intrínseca del núcleo e independiente de las condiciones físicas y químicas en las que se encuentre la sustancia.

Además de la clasificación de ideas del alumnado basada en estas 9 ideas estructurantes de la tabla 1, estas ideas también fueron clasificadas según se alejan del modelo propuesto a nivel de ontología conceptual o, por el contrario, presentan en sus explicaciones isomorfismo procedural o analogías coherentes con la descripción del modelo. En la tabla 2 se presentan diversos ejemplos de esta clasificación, para cada uno de los ámbitos del modelo estándar, junto con algunas de las respuestas de los alumnos, que se han traducido al castellano desde el catalán original. Esta tabla no pretende ser un listado exhaustivo de ideas clasificadas, si no que pretende ilustrar a través de ejemplos significativos cómo dos ideas que podrían ser consideradas ambas como "erróneas" o "alternativas" pueden operar con un potencial muy distinto.

Tabla 2. Ejemplos de ideas previas del alumnado (junto a ejemplos de respuestas presentadas en cursiva) clasificadas según su potencial obstructivo o productivo. Al final del ejemplo se indica, entre paréntesis, el escenario (E) y el número del alumno (A).

FAMILIA	EJEMPLO DE IDEA CON POTENCIAL OBSTRUCTIVO	EJEMPLO DE IDEA CON POTENCIAL PRODUCIVO
Familia de ideas relacionadas con la naturaleza de la radioactividad (N)	La radiactividad de una substancia es proporcional a la radiación a la que está expuesta (asociada a N2): (...) *(la) A, recién cortada, es la capa externa, y la que más expuesta está a la radiactividad. A medida que vas hundiendo las capas, están menos expuestas a la radiactividad (...) (por lo tanto) menos radiactividad presentará*. (E1, A4)	Las substancias radiactivas se transforman en otras cosas (asociada a N1): (...) *con el paso de los años el C-14 se semi-desintegra. Este C-14 que se ha desintegrado se convierte en energía porque nada desaparece, sino que se transforma*. (E1, A22)
Familia de ideas relacionadas con la interacción radiación-materia (I)	La radiactividad se propaga o se contagia a través de un medio que actúa como "conductor" de radiactividad (asociada a I2): (...) *son más radiactivos porque son más conductores de la radiactividad y les llega más fácilmente. (La furgoneta) habría dado un resultado muy grande, ya que todos los objetos estaban allí*. (E9, A14)	La contaminación supone una transferencia del material radiactivo (asociada a I4): *En A sí que habrá radiación (...) porque las partículas han llegado y han transmitido su energía. (...) B si que hay porqué ha estado en contacto un rato con el material y con la carga inmensa que tiene el Co-60, tiene seguro*. (E10, A17)
Familia de ideas relacionadas con la dinámica de una muestra de átomos radiactivos (D)	La actividad de una muestra radiactiva depende de factores externos, químicos o ambientales (asociada a D1): (...) *la radiación disminuye tan lentamente porque el Am-241 está aislado (...) dentro del detector* (E4, A26)	La actividad de una muestra radiactiva decrece de forma lineal (asociada a D2): (...) *(C) es del 0% porque la semidesintegración es a los 5700 y a los 11400 ha duplicado la antigüedad. A los 5700 tenía el 50% y tendrá el 0%.* (E1, AB)

CONCLUSIÓN

El presente trabajo muestra que dentro de la amplia variedad de ideas previas acerca de radiación y radiactividad que pueden aflorar en un aula de 2º de Bachillerato, estas se pueden agrupar según un conjunto reducido de ideas estructurantes de un Modelo Científico Escolar.—nueve en su formulación actual— organizadas en torno a tres familias complementarias: naturaleza del fenómeno, interacción con la materia y evolución temporal. Este MCE permite no solo delimitar los aprendizajes esperados, sino también interpretar las concepciones del alumnado en relación con el modelo de referencia.

Además, la distinción entre ideas con potencial obstructivo e ideas con potencial productivo ha demostrado ser fructífera analíticamente. Las ideas productivas revelan que una parte del alumnado dispone ya de estructuras de razonamiento parcialmente compatibles con el MCE, que pueden actuar como punto de anclaje para la instrucción. Las ideas con potencial obstructivo, en cambio, evidencian obstáculos conceptuales más profundos —como tratar la radiación como una sustancia con propiedades indefinidas, o equiparar irradiación y contagio— que requerirán intervenciones didácticas más explícitas.

Los resultados deben interpretarse con cautela: el estudio se encuentra en una fase inicial y la muestra, limitada a un único centro, restringe la generalización de los hallazgos. Como perspectiva de futuro, se pretende mejorar el diseño de los escenarios para cubrir algunos aspectos del MCE que no se han trabajado explícitamente en la presente iteración, así como diseñar una futura secuencia de enseñanza – aprendizaje ad hoc que tenga como base conceptual este conjunto de ideas estructurantes, que partan explícitamente de las ideas previas del alumnado y que promuevan, a través de prácticas científicas, un verdadero progreso de estas ideas hacia otras de más sofisticadas y útiles para comprender los fenómenos radiactivos a los que se enfrentaran tanto en su vida cotidiana como en su posible vida profesional en el ámbito científico-tecnológico.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto PID2022-138166NB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España) y con el apoyo del grupo de investigación SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bachelard, G. (1983). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI Editores.

Duit, R. (1987). *Should energy be illustrated as something quasimaterial?* International Journal of Science Education, 9(2), 139–145.

Garrido, A., & Couso, D. (2025). The IPM cycle: An instructional tool for promoting students' engagement in modeling practices and construction of models. *Journal of Research in Science Teaching*, *62*(2), 391-425.

Generalitat de Catalunya. (2022). Física: Batxillerat (currículum derivat del Decret 171/2022). Departament d'Educació. https://xtec.gencat.cat/web/.content/curriculum/batxillerat/curriculum-171-2022/materies-de-modalitat/modalitat-ciencies-i-tecnologia/Fisica.pdf

Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of research in Science Teaching*, *29*(6), 611-628.

Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 79–91.

Ley Orgánica 3/2020. (2020, December 29). Por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, (340). https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17264

Millar, R., & Gill, J. S. (1996). School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. *Physics Education*, *31*(1), 27-33.

Morales, A. I., & Tuzón, P. (2021). Misconceptions, Knowledge, and Attitudes Towards the Phenomenon of Radioactivity. *Science & Education*, *31*(2), 405–426. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00251-w

Mortimer, E. F., & ElHani, C. N. (2014). *Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts*. Springer.

Parcerisas, D., & López-Simó, V. (2025). Análisis del aprendizaje de la radiación y la radioactividad mediante el sensor MiniPIX. En J. Cantó & F. Ostermann (Coords.), *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025: Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática* (p. 343).

Prather, E. (2005). Students' beliefs about the role of atoms in radioactive decay and half-life. *Journal of Geoscience Education*, *53*(4), 345-354.

Tekin, B. B., & Nakiboglu, C. (2006). Identifying students' misconceptions about nuclear chemistry. A study of Turkish high school students. *Journal of chemical Education*, *83*(11), 1712.

Vergara, C. S., Lopez-Simó, V., & Couso, D. (2022). Revisiting the landscape roaming metaphor to understand students' ideas on mammals' and birds' thermal regulation. *Journal of Biological Education*, *56*(1), 47-60.

Zabel, J., & Gropengiesser, H. (2011) Learning progress in evolution theory: climbing a ladder or roaming a landscape?, *Journal of Biological Education*, 45:3, 143-149, DOI: 10.1080/00219266.2011.586714

Representando cadenas energéticas a partir de una simulación virtual

Adrián López-Fernández[1], Víctor López-Simó[2]

[1] FEP Sant Ramon, Barcelona, España
[2] Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, UAB, España

* Correspondencia: alope113@xtec.cat

RESUMEN: El presente estudio pretende analizar de qué manera las elecciones del alumnado que usa la simulación "Formas y Cambios de Energía" de PhET sobre los componentes de un sistema (fuente y receptor) influyen en la representación gráfica que hacen de la cadena energética subyacente en la simulación. En el contexto de una actividad escolar de 2.º de ESO, un total de 108 estudiantes escogieron libremente diferentes cambios físicos encadenados, y posteriormente representaron una cadena energética con papel y lápiz. Cada representación fue evaluada mediante una rúbrica centrada en la calidad de conceptual de las transformaciones, transferencias y disipaciones presentes en cada dibujo. Los resultados muestran que la dimensión de 'Transformación' es la mejor comprendida, mientras que la 'Disipación' es la más compleja. Asimismo, se evidencia que elementos mecánicos o lumínicos (bicicleta, bombilla) se asocian con representaciones más sofisticadas, mientras que los sistemas basados en fluidos o termodinámica (turbinas) llevan a confundir la energía con el mero recorrido de la materia. Se concluye que la libertad de elección en simuladores no guiados puede entorpecer el aprendizaje, y se recomienda una secuenciación didáctica inicial guiada que parta de sistemas energéticos más simples y cotidianos, reservando los fenómenos termodinámicos complejos para etapas de mayor madurez.

PALABRAS CLAVE: cadena energética; simulación virtual; Educación Secundaria; energía.

ABSTRACT: This study examines how students' choices when interacting with the PhET simulation "Energy Forms and Changes"—specifically the selection of system components such as the energy source and receiver—influence the graphical representation they produce of the underlying energy chain. In the context of a Secondary Education activity (Grade 8), 108 students freely selected different sequences of physical changes and subsequently drew an energy chain using paper and pencil. Each representation was evaluated using a rubric focused on the conceptual quality of the transformations, transfers, and dissipations depicted. The findings show that the 'Transformation' dimension is the most comprehended, whereas 'Dissipation' poses the greatest difficulty. Results also indicate that mechanical or lighting components (e.g., bicycle, light bulb) tend to support more sophisticated representations, while systems based on fluids or thermodynamics (e.g., turbines) often lead students to confuse energy with the physical movement of matter. The study concludes that open simulators offering unrestricted choices may hinder learning, and it recommends an initial guided didactic sequence centered on simpler and more familiar energy systems, reserving complex thermodynamic phenomena for later stages of conceptual development.

KEYWORDS: energy chain; virtual simulation; secondary education; energy

ENTORNOS VIRTUALES Y SIMULACIONES ABIERTAS

En la actualidad, la enseñanza de las ciencias cuenta con una inmensa variedad de recursos educativos digitales (López-Simó et al,. 2020). Este ecosistema de herramientas abarca un amplio espectro en cuanto a la libertad de interacción que ofrecen al usuario: desde recursos muy cerrados y guiados, como las animaciones lineales, hasta entornos sumamente abiertos, conocidos como entornos de simulación o laboratorios virtuales. Dentro de este espectro, las simulaciones interactivas de la plataforma PhET ofrece un amplio abanico de simulaciones de física, química, biología, geología y matemáticas

(Wieman et al, 2010). En concreto, la simulación "Formas y Cambios de Energía" (Energy Forms and Changes) constituye un escenario idóneo para el estudio de la termodinámica, la transferencia y la conservación de la energía. A diferencia de las animaciones donde el estudiante tiene un papel pasivo, esta simulación ofrece un lienzo interactivo donde los estudiantes deben tomar decisiones continuas para hacer funcionar el sistema. La plataforma permite al usuario configurar libremente una cadena energética seleccionando y combinando componentes fundamentales: una fuente de energía (pudiendo elegir entre una bicicleta impulsada por un individuo, un grifo con agua corriente, el sol o una tetera calentándose), un sistema de conversión intermedio y, finalmente, un receptor o sistema de salida (como un calentador de agua, bombillas incandescentes o fluorescentes, y un ventilador), tal y como se ilustra en la Figura 1.

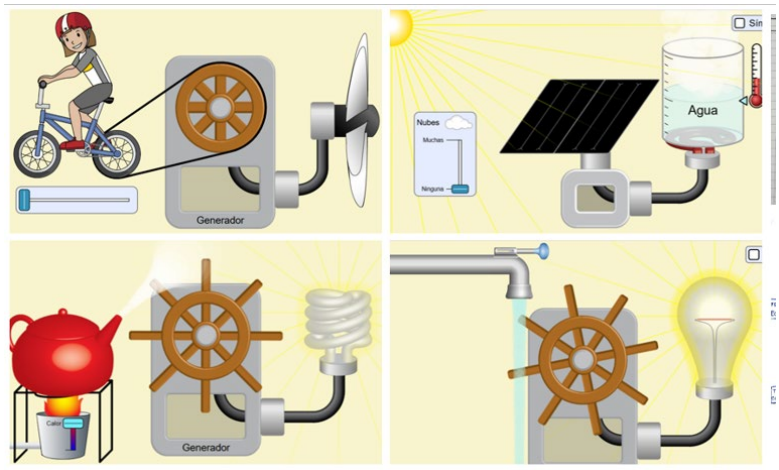


Figura 1. 4 capturas de pantalla de distintos sistemas

Esta alta interactividad y libertad de elección, si bien resulta muy enriquecedora para la exploración autónoma, plantea interrogantes sobre cómo el alumnado gestiona dicha información y cómo impacta en la asimilación de los conceptos físicos subyacentes. Al no haber una única combinación "correcta" preestablecida por el software, las decisiones que toma cada estudiante generan escenarios de transformación energética completamente distintos para cada alumno.

Ante este contexto, surge la necesidad de comprender cómo la interacción no guiada con este tipo de simulaciones abiertas afecta a la conceptualización y representación del alumnado sobre cadenas energéticas. Por ello, la presente investigación se articula en torno a la siguiente pregunta de investigación: *¿De qué manera influyen el tipo de fuente y receptor de energía que elige cada estudiante en la cadena energética que representa después de usar la simulación?*

LA ENSEÑANZA Y APRENDIAJE DE LA ENERGÍA EN SECUNDARIA

El concepto de energía constituye uno de los pilares fundamentales para la comprensión de las ciencias, aunque su enseñanza escolar presenta notables desafíos por su inherente abstracción (Solbes y Tarín, 1998; Pintó et al, 2005; Millar, 2005). Mientras que los libros de texto suelen presentarla como la "capacidad de producir cambios", la física teórica sostiene que la energía no es algo concreto, sino un principio matemático y una cantidad abstracta que permanece constante a través de los cambios de la naturaleza. Pero ante la dificultad de enseñar una cantidad puramente matemática, existe un debate en la didáctica sobre la conveniencia de "sustancializar" la energía, es decir, ilustrarla como una entidad cuasi-material que fluye y se almacena (Duit, 1987). Este enfoque presenta la gran ventaja de hacer tangible el concepto, conectando eficazmente con la concepción cotidiana del alumnado, que percibe la energía como un "combustible". Sin embargo, también conlleva desventajas: puede convertirse en un obstáculo epistemológico si se busca una comprensión estrictamente abstracta y encuentra sus límites teóricos en la física moderna, donde la energía no es localizable. No obstante, en niveles introductorios y dentro de la física clásica, se considera una analogía útil y casi inevitable si se utiliza con precaución.

Considerando este panorama, la didáctica contemporánea sugiere no obsesionarse con que el alumnado recite una definición unívoca formal, ya que el foco educativo no reside en la memorización, sino en la competencia para utilizar el "modelo energía" como una herramienta conceptual (Soto et al, 2019; López-Simó y Couso, 2022). Lo verdaderamente relevante es que aprendan a analizar sistemas y fenómenos físicos empíricos, identificando con claridad las fuentes de energía y los receptores de energía en el marco de una cadena energética, así como los principales conceptos subyacentes: la transformación de energía (cuando se dan dos cambios simultáneos en la configuración de un elemento del sistema, de manera que se asocia energía a una configuración final distinta a la inicial), la transferencia (cuando se dan dos cambios en dos elementos diferentes del sistema), así como la idea de conservación (la cantidad de energía del Universo es la misma, y también dentro del sistema si este está aislado y cerrado) y su disipación (en cada transformación o transferencia parte de esta energía también se transfiere al entorno, volviéndose menos útil e irrecuperable).

METODOLOGÍA

La presente investigación se enmarca en un enfoque empírico y transversal. La muestra total del estudio está compuesta por 108 estudiantes que cursaban la asignatura de Física y Química en 2.º de ESO. La recogida de datos se llevó a cabo durante dos cursos académicos consecutivos: el curso 2024-2025 (aportando 51 estudiantes) y el curso 2025-2026 (con 57 estudiantes). El centro educativo donde se desarrolló la intervención es un instituto de titularidad concertada ubicado en la ciudad de Barcelona, en una zona urbana limítrofe con el municipio de L'Hospitalet de Llobregat, caracterizado por un alumnado con un perfil socioeconómico de clase media.

La tarea objeto de estudio se diseñó con el propósito fundamental de comprobar la comprensión y consolidación de los conceptos teóricos sobre la energía previamente trabajados durante la unidad didáctica. La recogida de datos se llevó a cabo en el aula ordinaria, aprovechando la infraestructura del centro que permite que cada alumno disponga de su propio ordenador personal para el trabajo diario.

La secuencia de la actividad comenzó con una actividad de modelización conjunta dirigida por el docente. Utilizando la pizarra, se proyectó la simulación PhET ("Formas y Cambios de Energía") y se analizó de forma participativa con el grupo clase un sistema energético concreto, mostrando explícitamente cómo se representaba gráficamente su cadena de transformaciones y transferencias. A continuación, se facilitó a los estudiantes un bloque de 30 minutos de trabajo individual en sus respectivos ordenadores. La consigna fue que debían explorar la herramienta y configurar un sistema energético libre, con la única condición de que estuviera compuesto por elementos diferentes a los analizados previamente en la pizarra. Una vez elegido y puesto en marcha su sistema (compuesto por una fuente, un mecanismo de transformación y un receptor), se les solicitó que elaboraran en papel la representación gráfica de la cadena energética correspondiente a dicho sistema empírico. Finalmente, los dibujos producidos por los 108 alumnos fueron recogidos sistemáticamente para su posterior análisis. En la figura 2 se muestran algunos ejemplos de producciones realizadas por distintos estudiantes.

Figura 2. Ejemplos de cadenas energética elaboradas por 3 estudiantes distintos después de usar la simulación

A partir de ahí, se elaboró una base de datos en Excel. En este registro, cada participante fue codificado mediante un identificador numérico para garantizar el anonimato de la muestra. Para cada caso, se documentaron las características del formato, las fuentes de energía y receptores que cada alumno había escogido, así como la puntuación (de 0 a 3) en cada una de las tres categorías que se muestran en la tabla 1. La evaluación, análisis y categorización sistemática de estas tres dimensiones se llevó a cabo aplicando las rúbricas que se detallan a continuación. Para garantizar la validez y la fiabilidad del proceso una submuestra fue categorizada de forma independiente por dos investigadores.

Tabla 1. Rúbrica de evaluación para las dimensiones de transformación, transferencia y disipación de la energía.

Nivel	Transformación de energía (cambios que se dan dentro de un mismo eslabón de la cadena) 	Transferencia de Energía (flechas que conectan dos eslabones distintos de la cadena) 	Disipación de Energía (flechas que conectan un eslabón de la cadena con el entorno)
0	Menciona elementos del sistema sin asociarle energía	Relaciona elementos del sistema con flechas sin asociar energía en ellas	No menciona ninguna pérdida de energía (esquema como flujo cerrado sin interacción con el entorno)
1	Menciona la energía de forma genérica sin especificar la transformación	Dibuja flechas como conectores de energía, pero sin ninguna etiqueta o explicación del proceso	Especifica la pérdida de energía solo al final de la cadena (generalmente vinculada al receptor)
2	Especifica algunas transformaciones de energía con pequeñas confusiones	Etiqueta las flechas, pero confunde procesos (usa el mismo término para transformación, transporte o transferencia).	Especifica que se pierde energía en más de un punto de la cadena, pero no de manera sistemática.
3	Especifica todas las transformaciones que aparecen en la simulación	Identifica el proceso de transferencia y especifica correctamente la forma de energía que fluye.	Especifica la degradación o pérdida de energía a lo largo de toda la cadena (en todos los eslabones).

Una vez volcada la información en la base de datos y categorizados los 108 dibujos mediante las rúbricas establecidas, se elaboraron tablas de contingencia donde las variables independientes eran las fuentes de energía que había elegido cada estudiante (Sol / grifo / tetera / bicicleta) así como los receptores (bombilla / ventilador / calentador), y las variables dependientes eran el número de estudiantes situados en cada uno de los niveles (0 / 1 / 2 / 3) para cada una de las tres dimensiones de análisis (transformación / transferencia / disipación).

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis. Los datos se expresan en porcentajes relativos para cada categoría, permitiendo observar las tendencias de aprendizaje, tal y como se recoge en la Figura 3.

Al analizar la influencia de la fuente de energía seleccionada, se aprecian tendencias claras sobre cómo estas elecciones influyen en la conceptualización de los estudiantes. En primer lugar, se observa un patrón general en el que la dimensión de 'Transformación' es la más accesible para el alumnado. Este hecho resulta lógico dado que la propia simulación ("Formas y Cambios de Energía") centra su diseño y ayuda visual precisamente en los cambios de forma de la energía. Por el contrario, la 'Disipación' emerge sistemáticamente como la dimensión que presenta mayores dificultades, reflejado visualmente en la abundancia de Niveles 0 en casi todas las categorías de fuentes.

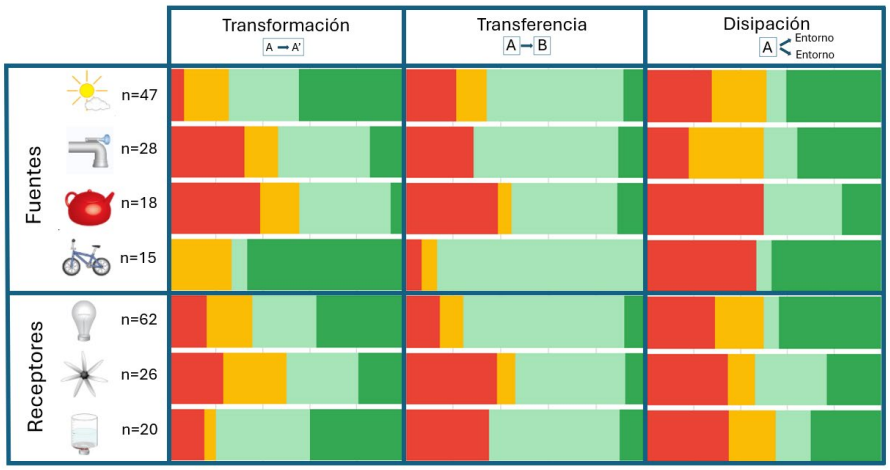


Figura 3. Distribución de los niveles de desempeño para cada uno de los tres conceptos energéticos (transformación, transferencia y disipación) en función de la fuente y receptores seleccionados.

Entre las fuentes específicas, la bicicleta y la placa fotovoltaica emergen como los escenarios que "mejor ayudan a pensar" y conceptualizar el sistema, particularmente en el ámbito de las transformaciones, donde la gran mayoría logra identificar y nombrar correctamente las formas de energía involucradas (Nivel 3). En el caso de la opción solar, aunque presenta un patrón de resultados muy regular, es notable la polarización en la categoría de disipación, donde casi la mitad del alumnado alcanza o el Nivel máximo o permanece estancado en el mínimo, sin términos medios.

En el extremo opuesto, las fuentes basadas en turbinas presentan obstáculos conceptuales significativos. El análisis evidencia que la turbina hidráulica genera dificultades particulares en el inicio de la cadena energética, donde un tercio de los estudiantes se mantiene en un nivel puramente pictórico o material, dibujando los objetos físicos (grifo, agua, turbina) pero sin ser capaces de asociarles ningún concepto de energía. Finalmente, el escenario de la turbina de vapor es el que aparentemente "menos ayuda", concentrando los niveles más bajos de conceptualización en todas las categorías. Un número sustancial de estudiantes fue evaluado con Nivel 0 tanto en transformaciones, como en transferencias y disipación, lo que demuestra grandes barreras para abstraer la física detrás de este fenómeno complejo.

En cuanto a los receptores, el análisis revela patrones muy similares a los observados en las fuentes. La dimensión de transformación sigue siendo la más comprendida de forma generalizada. Dispositivos con un resultado final visualmente muy intuitivo, como cualquiera de las bombillas o el ventilador, facilitan que la mayoría de los estudiantes identifique correctamente en qué formas de energía culmina el proceso. La transferencia, por su parte, presenta un comportamiento sumamente homogéneo en todos los receptores y se estanca de forma mayoritaria en el Nivel 2; el alumnado entiende que la energía fluye hacia el receptor final y lo representa con flechas, pero sigue confundiendo la terminología científica de los procesos.

La principal diferencia entre dispositivos radica en la disipación. La bombilla facilita la comprensión de este fenómeno, puede ser que el alumnado asocia su uso cotidiano con una pérdida ineficiente de calor, que la bombilla esté caliente o la propia simulación lo representa. Por el contrario, en el calentador o el ventilador, la degradación energética se vuelve casi invisible para los estudiantes. Esto evidencia su gran dificultad para abstraer que siempre hay una pérdida de energía hacia el entorno, especialmente cuando el aparato tiene un componente mecánico o cuando su objetivo es precisamente calentar.

CONCLUSIONES Y LIMITACIONES

Concluimos que las elecciones del sistema físico (fuente y receptor) en la simulación influyen en la calidad de la cadena elaborada. Elementos mecánicos o lumínicos (como la bicicleta, la placa fotovoltaica o la bombilla) facilitan la asimilación del modelo de energía.

Por el contrario, los componentes basados en fluidos o termodinámica (como las turbinas o el calentador) presentan una dificultad añadida, llevando a los estudiantes a confundir la energía con el mero recorrido físico de la materia. Estos hallazgos constituyen un excelente punto de partida para repensar la secuenciación didáctica, en la lógica de la progresión de aprendizaje sobre energía (Neumann et al. 2013). Como docentes, debemos reflexionar sobre el orden en que introducimos los conceptos: iniciar con fenómenos complejos como las máquinas de vapor genera grandes barreras cognitivas, lo que invita a mirar con cautela aquellos libros de texto que arrancan el estudio de la energía precisamente con estos sistemas. Además, los datos sugieren que la libertad de elección en un simulador, sin una guía estructurada, puede convertirse en un obstáculo. Debemos ser conscientes de qué configuraciones ayudan en las fases introductorias y cuáles deben reservarse para etapas de mayor madurez.

No obstante, estos resultados deben abordarse con cierta cautela, ya que no se puede asegurar una causalidad unidireccional. Cabe la posibilidad de que el alumnado con mayor capacidad de abstracción haya optado estratégicamente por diseñar los sistemas más familiares, mientras que los estudiantes con dificultades previas hayan elegido los complejos al azar. Aún con esta consideración, la evidencia demuestra que el uso guiado hacia sistemas tangibles y cotidianos resulta ser la estrategia metodológica más eficaz para la correcta asimilación de las cadenas energéticas en la Educación Secundaria.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto PID2022-138166NB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España) y con el apoyo del grupo de investigación SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, *9*(2), 139-145.

López-Simó, V., & Couso Lagarón, D. (2022). *Un currículo operativo con 10 ideas clave sobre energía para construir a lo largo de la escolaridad*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19(3), 350101–350115.

Millar, R. (2005). *Teaching about energy.* University of York.

Neumann, K., Viering, T., Boone, W., & Fischer, H. (2013). *Towards a learning progression of energy*. Journal of Research in Science Teaching, 50(2), 162–188.

Pintó, R., Couso, D., & Gutiérrez, R. (2005). *Using research on teachers' transformations of innovations to inform teacher education: The case of energy degradation.* Science Education, 89(1), 38–55.

Simarro, C., Couso, D., & López Simó, V. (2020) Educación STEM en y para el mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. Revista de Educación a Distancia 20 (62), 1-29.

Solbes, J., & Tarín, F. (1998). *Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía.* Enseñanza de las Ciencias, 16(3), 387–397.

Soto, M., Couso, D., & López-Simó, V. (2019). *Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía "paso a paso"*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 16(1), 1202.

Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, *48*(4), 225-227.

Problemas en la predicción de la espontaneidad de las reacciones redox del alumnado de primer curso de grados de ingeniería

Ainhoa Méndez[1], María Napal [2] y Irantzu Uriz [3]

[1,2,3] Departamento de ciencias, Universidad Pública de Navarra, España

*Correspondencia: ainhoa.mendez@unavarra.es

RESUMEN: La interpretación y uso de los valores de potenciales de reducción estándar, que indican la tendencia de una sustancia a reducirse ganando electrones, pueden resultar desafiantes para el alumnado. El presente estudio pretende analizar de qué manera se produce el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta idea en una actividad que tiene como objetivo la predicción de la espontaneidad de varias reacciones redox. Esta actividad se desarrolla dentro de una sesión de prácticas de laboratorio de la asignatura de Química de primer curso de varios Grados de Ingeniería. La investigación se ha llevado a cabo en 9 grupos de alumnos y, en total han participado 167 alumnos y alumnas durante los cursos académicos 2024/25 y 2025/26. Los resultados muestran que el alumnado solicita ayuda al profesorado de forma recurrente, por lo que tiene dificultades para interpretar la tabla de potenciales de reducción estándar, identificar las semirreacciones y predecir la espontaneidad de las reacciones redox. Además, se detecta que el profesorado emplea diferentes modelos para explicar los potenciales de reducción estándar y cómo aplicarlos al cálculo de la espontaneidad de las redacciones redox.

Esta investigación se enmarca dentro del desarrollo y validación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje de las redacciones redox, creada bajo el paradigma de la investigación basada en el diseño (IBD). A partir de los resultados obtenidos, en la última etapa de rediseño de la secuencia se decidió integrar la tecnología educativa para complementar el modo de enseñar los potenciales de reducción estándar. Esta comunicación describe los criterios de diseño y las características del material didáctico generado.

PALABRAS CLAVE: potenciales de reducción estándar; electroquímica; dificultades de aprendizaje; tecnología educativa

ABSTRACT: The interpretation and use of standard reduction potentials, which indicate a substance's tendency to be reduced by gaining electrons, can be challenging for students. The present study aims to analyze how the teaching and learning process of this concept unfolds within an activity designed to predict the spontaneity of several redox reactions. This activity is carried out during a laboratory session in a first-year Chemistry course across several Engineering degree programs. The implementation involved nine student groups, with a total of 167 participants during the 2024/25 and 2025/26 academic years. The results show that students frequently seek assistance from instructors, indicating considerable difficulty in completing the activity autonomously. Furthermore, it was observed that instructors employ different models to explain standard reduction potentials and their application in calculating the spontaneity of redox reactions.

This research is framed within the development and validation of a teaching–learning sequence on redox reactions, designed under the design-based research (DBR) paradigm. Based on the findings, the final redesign stage of the sequence incorporated educational technology to complement the teaching of standard reduction potentials. This paper describes the design criteria, and the characteristics of the instructional materials developed.

KEYWORDS: standard reduction potentials; electrochemistry; learning difficulties; educational technology

INTRODUCCIÓN

La electroquímica ha sido considerada como uno de los temas más complejos tanto para aprender como para enseñar. Su comprensión implica el conocimiento de conceptos básicos previos de la fisicoquímica general, así como el dominio de una terminología nueva (Garnett & Treagust, 1990). Para la resolución de ciertos ejercicios o cálculos teóricos, como por ejemplo la espontaneidad de una reacción redox, debe recurrirse a los potenciales de reducción estándar (E^o), que suponen uno de los conceptos electroquímicos que resultan más complejos para el alumnado (Albarrán-Zavala, 2008). Los E^o son una medida de la tendencia de una sustancia a ganar electrones (reducirse), comparada con el hidrógeno (Petrucci et al., 2017). Esta complejidad deriva, por una parte, de la terminología utilizada: el empleo de las tablas de potenciales de reducción estándar exige comprender y diferenciar entre los términos agentes oxidante, oxidación, capacidad oxidante, agente reductor, reducción y capacidad reductora. Esta terminología, con morfología similar pero diferentes significados, puede resultar confusa para el alumnado. Por otro lado, El empleo de las tablas de potenciales de reducción estándar requiere la integración del conocimiento de las convenciones establecidas con una comprensión profunda del concepto. El alumnado puede recurrir al empleo de reglas memorísticas para interpretar las tablas de potenciales de reducción estándar, lo que puede conducir a la obtención de resultados correctos desde el punto de vista algorítmico, pero carentes de significado conceptual (Sanger & Greenbowe, 1997).

OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio, inserto en el marco de una investigación más amplia, son:

- Caracterizar las dificultades del alumnado relacionadas con la comprensión y aplicación de los potenciales redox a la predicción de la espontaneidad de reacciones redox.
- Caracterizar el apoyo brindado por el profesorado.
- A partir de lo anterior, identificar los criterios de diseño del material didáctico que se va a crear para el acompañamiento del aprendizaje de forma más autónoma.

MÉTODO

Aplicando la metodología de investigación basada en el diseño (IBD), se diseñó y validó una secuencia, a través de cuatro ciclos de ciclos de diseño, implementación, análisis y rediseño. En el marco de esta investigación, se diseñó una práctica de laboratorio para trabajar las reacciones de oxidación - reducción (redox) de la asignatura de química del primer curso académico de diferentes grados de Ingeniería (Industrial, eléctrica, mecánica, térmica, agronómica y del medio rural, y de innovación en productos alimentarios) y biotecnología. En total han participado 167 alumnos y alumnas de 9 grupos de prácticas durante los cursos académicos.

Durante la realización de la práctica, el alumnado, entre otras cosas, debía utilizar las tablas de potenciales de reducción estándar para predecir si una reacción de oxidación se produce espontáneamente o no (Figura 1).

Las prácticas fueron guiadas por una de las autoras de la comunicación, con presencia de una segunda investigadora y el o la docente habitual del grupo. Estas personas proporcionaron explicaciones puntuales sobre cómo proceder con la práctica, pero las parejas trabajaron de forma autónoma, siguiendo el guion de prácticas, y solicitando ayuda cuando se requiriese a cualquiera de las tres personas responsables.

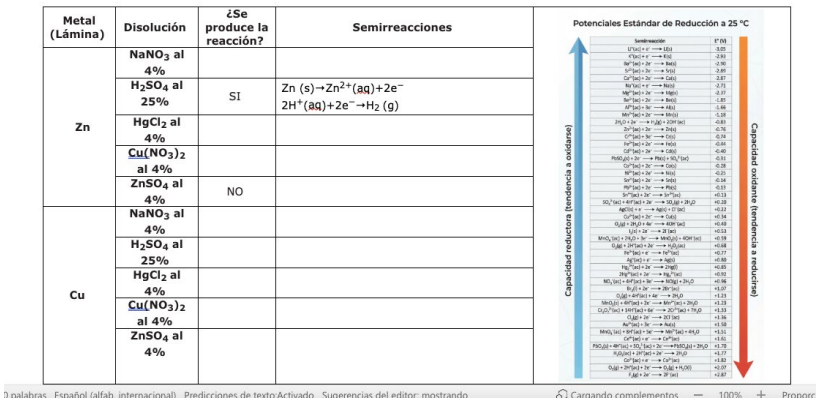


Figura 1: Imagen de la actividad de potenciales de reducción estándar del guion del prototipo 4.

Además de los guiones de prácticas, se realizaron grabaciones (n=36; 4 grabaciones por práctica, de parejas escogidas al azar) del diálogo mantenido durante toda la práctica por el alumnado y, en su caso, las interacciones con él o la docente. Para este estudio se seleccionaron únicamente los minutos relevantes, que se transcribieron para su posterior análisis. Para el análisis de las grabaciones de voz se establecen unas categorías que permiten identificar el grado de certeza con el que el alumnado responde al ejercicio, las dificultades que presentan y cómo emplean la tabla de potenciales de reducción estándar, así como el modelo que utiliza el personal docente o investigador en caso de que intervenga (Tabla 1). Todas estas categorías se determinaron de forma inductiva.

Tabla 1. Descripción de las categorías para el análisis de las grabaciones de voz

Categorías	Descripción
Grado de certeza	A. No saben cómo realizar el ejercicio B. Tienen alguna duda y solicitan ayuda C. Saben cómo realizar el ejercicio
Dificultades identificadas	• Semirreacciones • Operación matemática (No saben que tienen que emplear la fórmula o no saben cómo utilizarla) • Interpretación del signo en función de la dirección de la semirreacción • Identificar la sustancia que se oxida • Identificar los iones de la sal • Identificar la sustancia que se reduce
Empleo de la tabla	Identificación de los modelos empleados por el alumnado para interpretar la tabla de potenciales de reducción estándar. A. Modelo cuantitativo B. Modelo cualitativo – predictivo C. Modelo cualitativo – explicativo D. Modelo mixto
Intervención docente	Identificación de los diferentes modelos que emplea el personal docente e investigador para explicar el empleo de las tablas de potenciales de reducción estándar.

RESULTADOS

Implementación de la propuesta en aula

La actividad de predicción de la espontaneidad resultó retadora para el alumnado. Dentro del esquema de IBD, entre cada iteración (prototipo 1 a 3) se realizaron algunas modificaciones (Tabla 2).

Tabla 2. Dificultades observadas durante la realización de la actividad y modificaciones realizadas.

		Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3
Tratamiento de los Eº		Explicación macroscópica de los fenómenos observados.		
		Predicción de la espontaneidad de la reacción.	En algunos casos se explicita si la reacción tiene lugar.	Algunos errores en la predicción: dificultades en la interpretación de las tablas de potencial.
		Explicación aludiendo a capacidad reductora o para ceder electrones de los metales.		
		Confusión entre la predicción de la espontaneidad de la reacción redox y, la interpretación de la disolución del metal como equivalente a dicha reacción.	Confusión entre oxidación y reacción redox; se tratan como procesos distintos.	
		Sólo en un caso se escriben algunas de las semirreacciones que tienen lugar.	Numerosas respuestas en blanco, errores significativos en la formulación de las semirreacciones. En muy pocos casos la tarea se resuelve completamente.	Mejora significativa en la resolución, pero el alumnado sigue solicitando constantemente ayuda a los y las docentes.
Modificaciones realizadas	**Plantilla**	Se solicita la predicción de la reacción, las semirreacciones y el fenómeno observable a simple vista.	Se solicita la predicción de la reacción, las semirreacciones y el fenómeno observable a simple vista.	Rediseño para hacer más explícita la demanda: se pregunta de forma explícita en columnas separadas por la predicción de la reacción (sí/no) y las semirreacciones que tienen lugar.
	Empleo de la tabla de potenciales	Se incluye tabla al final del guion sin explicación sobre su uso.	Se incluye tabla al final del guion junto con una explicación teórica sobre el concepto y empleo.	Se muestra la tabla junto con la actividad y, además, se menciona a qué página del guion acudir para encontrar la explicación teórica para interpretar.
		Se añade un recordatorio: A mayor valor de potencial de reducción, mayor poder reductor.		

Además de esto, el alumnado solicita la ayuda del o la docente para poder completar la actividad, ya que no comprende cómo se emplean las tablas de potenciales de reducción estándar para calcular la espontaneidad de la reacción. El análisis de las grabaciones permitió constatar la coexistencia de diferentes modelos para explicar el uso de las tablas de potenciales de reducción estándar por parte del personal docente e investigador que guiaba las diferentes sesiones de prácticas. En total, se han identificado hasta cuatro modelos diferentes (Tabla 3).

Tabla 3. Diferentes modelos empleados por el personal docente e investigador para explicar la interpretación de las tablas de potenciales de reducción estándar.

Modelos	Explicación del modelo
Cuantitativo: Más positivo	Comparación numérica de los valores de potenciales de reducción estándar asociados a las semirreacciones de oxidación y de reducción. El valor de potencial de reducción estándar más positivo es el del metal que se reduce.
Cualitativo predictivo: El que está por encima o por debajo	Comparación de la posición de las sustancias químicas en la tabla de potenciales de reducción estándar (por encima o por debajo).
Cualitativo explicativo: La capacidad oxidante o reductora	Significado químico de los potenciales de reducción estándar: un mayor E^o significa una mayor tendencia a reducirse y, por tanto, mayor capacidad oxidante.
Mixto: Cuantitativo + cualitativo	Combinación del valor numérico de los potenciales de reducción estándar con el significado químico de estos (capacidad oxidante y capacidad reductora).

DISCUSIÓN

Propuesta de intervención didáctica con incorporación de TE

Dada la persistencia de las dificultades en el aprendizaje de los potenciales de reducción estándar se consideran insuficientes las modificaciones introducidas en los prototipos 1, 2 y 3. Esto, unido a la constatación de que diferentes docentes estaban ofreciendo diferentes soportes, se decidió introducir la tecnología educativa (TE), para permitir al alumnado avanzar a su propio ritmo, revisar los contenidos las veces que necesiten e integrar representaciones multimodales (imagen, texto y locución) para favorecer la comprensión del proceso. La TE empleada para el desarrollo de la actividad consiste en un vídeo con un ejemplo resuelto por expertos, que se introduce en el guion de prácticas mediante un QR. Para ello, se establecen los siguientes criterios de diseño:

- Integración de los tres niveles de representación de la química.
- Empleo del modelo mixto para explicar el empleo de las tablas de potenciales de reducción estándar.

Se han encontrado evidencias de que la visualización de vídeos en las que se resuelven ejemplos prácticos por personal experto mejora la comprensión de los conceptos que se quieren trabajar durante actividades prácticas. Según Atkinson et al., (2003), la visualización de procesos de resolución expertos facilita la vinculación y aplicación del conocimiento teórico, permitiendo al estudiante observar la transición de la teoría a la resolución de problemas prácticos. Además, este tipo de recursos optimiza la carga cognitiva y mejora el empleo de los materiales didácticos (en este caso el guion de prácticas), promoviendo una comprensión profunda que permita a los y las estudiantes superar los errores recurrentes previamente diagnosticados.

Con todo esto, el vídeo está compuesto por, en primer lugar, una animación que ayuda a comprender el concepto de potencial de reducción estándar y el empleo de las tablas de potenciales y, en segundo lugar, por un video explicativo de un ejemplo de predicción de una reacción redox resuelto por una persona experta en el tema.

CONCLUSIONES

En el marco de la investigación se ha diseñado una actividad con el objetivo de mejorar la comprensión y empleo de los potenciales de reducción estándar. Durante la investigación se han identificado dificultades de aprendizaje relacionadas con el concepto de potenciales de reducción estándar.

El análisis de las grabaciones de voz durante las prácticas, así como el contenido de los guiones de prácticas del alumnado y la observación realizada en el aula, permitió identificar los potenciales de reducción estándar como uno de los conceptos complejos para el alumnado. Las dificultades radican

en comprender el concepto de potencial de reducción estándar, conocer el empleo de las tablas de potenciales de reducción estándar, así como su relación con la espontaneidad de una reacción redox.

Uno de los hallazgos llamativos ha sido el empleo por los diferentes docentes de diferentes modelos para explicar un mismo concepto, lo que puede conducir a confusión entre el alumnado. Este hecho conlleva la decisión de llegar a un consenso por parte de los y las docentes para emplear un mismo modelo para explicar la interpretación de las tablas de potenciales de reducción estándar.

A pesar de los resultados positivos obtenidos con las modificaciones introducidas en el prototipo 3, estos están asociados a una ayuda considerable por parte de los y las docentes, lo que sugiere optimizar más el diseño mediante la introducción de la TE (vídeo con ejemplo resuelto) para favorecer la comprensión e interpretación de las tablas de potenciales de reducción estándar.

El último prototipo se pondrá en práctica el próximo mes de mayo, por lo que se podrá mostrar tanto el producto como los resultados obtenidos durante la comunicación oral en el congreso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albarrán-Zavala, E. (2008). El potencial redox y la espontaneidad de las reacciones electroquímicas. *Latin-American Journal of Physics Education* 336–343.

Atkinson, R. K., Renkl, A. & Merrill, M. M. (2003). Transitioning From Studying Examples to Solving Problems: Effects of Self-Explanation Prompts and Fading Worked-Out Steps. *Journal of Educational Psychology*, 774–783.

Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1990). Implications of research on students' understanding of electrochemistry for improving science curricula and classroom practice. *International Journal of Science Education, 12*(2), 147–156.

Petrucci, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). *Química general: Principios y aplicaciones modernas* (11.ª ed.). Pearson Educación.

Sanger, M.J., & Greenbowe, T.J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 377-398.

Calor, trabajo y energía interna: un estudio diagnóstico en estudiantes universitarios

Teresa Quintero[1], José Gutiérrez-Berraondo[2], M. Gabriela Lorenzo[3]*

[1]Universidad Nacional de Río Cuarto (Argentina)

[2]Escuela de Ingeniería Dual de Elgoibar, IMH Campus (España)

[3]Universidad de Buenos Aires. CONICET (Argentina)

*Correspondencia: tquintero@exa.unrc.edu.ar

RESUMEN: Las Leyes de la Termodinámica constituyen un núcleo conceptual esencial en la formación científica y tecnológica, aunque debido a su alto nivel de abstracción que articula distintos modelos explicativos, resulta de difícil comprensión para los estudiantes. Particularmente, la Primera Ley acarrea confusiones relacionadas con la distinción entre calor, trabajo y energía interna, así como con la interpretación de procesos adiabáticos. El objetivo de este estudio fue diagnosticar los conocimientos de estudiantes de Ingeniería Agronómica de una universidad pública argentina acerca de estos conceptos, antes y después de una intervención didáctica, con el fin de identificar avances y obstáculos que orienten nuevas propuestas de enseñanza. En el marco de una investigación basada en diseño, se aplicó un estudio cuasi-experimental pretest–postest con grupo único y enfoque mixto, analizando 152 respuestas a un cuestionario validado. Los resultados mostraron mejoras parciales y específicas, con un incremento significativo en las respuestas fundamentadas sobre procesos adiabáticos y una reducción de atribuciones alternativas como la fricción. No obstante, persistieron dificultades en la comprensión del carácter procesual del calor y el trabajo, así como en la identificación de propiedades de estado. Se concluye que la intervención favoreció la comprensión de ciertos conceptos clave, aunque algunas concepciones alternativas se mostraron resistentes al cambio. Estos hallazgos evidencian la necesidad de revisar las secuencias didácticas, que promuevan una comprensión progresiva y duradera de los aprendizajes en la formación universitaria.

PALABRAS CLAVE: Física básica; educación universitaria; Primera ley de la termodinámica; concepciones alternativas

ABSTRACT: The Laws of Thermodynamics constitute an essential conceptual core in scientific and technological education, although their high level of abstraction, which articulates different explanatory models, makes them difficult for students to grasp. In particular, the First Law leads to confusion related to the distinction between heat, work, and internal energy, as well as the interpretation of adiabatic processes. The objective of this study was to assess the knowledge of Agricultural Engineering students at a public university in Argentina regarding these concepts, before and after a didactic intervention, in order to identify progress and obstacles that could guide new teaching approaches. Within the framework of a design-based research project, a quasi-experimental pretest-posttest study with a single group and mixed-methods approach was conducted, analyzing 152 responses to a validated questionnaire. The results showed partial and specific improvements, with a significant increase in responses based on adiabatic processes and a reduction in alternative attributions such as friction. However, difficulties persisted in understanding the processual nature of heat and work, as well as in identifying state properties. It is concluded that the intervention facilitated the understanding of certain key concepts, although some alternative conceptions proved resistant to change. These findings highlight the need to revise teaching sequences to promote a progressive and lasting understanding of learning in university education.

KEYWORDS: Basic physics; university education; First law of thermodynamics; alternative conceptions

INTRODUCCIÓN

La Termodinámica constituye una de las ramas más complejas de la Física, reconocida por su elevado nivel de abstracción y las exigencias que plantea en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Su relevancia es indiscutible en la formación de ingenieros, dado que ofrece las bases conceptuales necesarias para comprender fenómenos naturales y procesos tecnológicos. No obstante, los estudiantes enfrentan dificultades vinculadas a concepciones alternativas persistentes que obstaculizan la apropiación de conceptos fundamentales (Brundage et al., 2024; Meli et al. 2022). Estos obstáculos han sido agrupados en tres dimensiones: conceptual, representacional y lingüística (Gutiérrez-Berraondo et al., 2018; Guisasola et al., 2017). Entre ellos, se destacan la falta de correspondencia entre el modelo macroscópico de las leyes Termodinámicas y el modelo Cinético-Molecular de la materia (Kautz et al., 2005), así como la construcción de marcos intermedios basados en el Principio General del Trabajo y la Energía (Gutiérrez-Berraondo et al., 2022).

En un estudio anterior (Quintero et al., 2025) se evidenció que aún después del desarrollo de la unidad temática en su contexto natural, los estudiantes mantenían concepciones alternativas para interpretar fenómenos vinculados con las propiedades de los gases al tener que aplicar la primera ley de la Termodinámica. Consecuentemente, desde una perspectiva de una *investigación basada en diseño* (IBD), se planteó una nueva propuesta de enseñanza para abordar de manera más efectiva los temas complejos de la disciplina, constituyéndose en el segundo ciclo de la IBD. Paralelamente, se también se ajustó el cuestionario para la recolección de datos.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados del diagnóstico sobre los conocimientos de estudiantes universitarios acerca de conceptos básicos de la primera ley de la termodinámica, antes y después de la aplicación de la nueva propuesta didáctica para detectar el cambio en sus concepciones.

METODOLOGÍA

En el marco del segundo ciclo de una IBD, se llevó a cabo una investigación exploratoria de tipo diagnóstica con alcance descriptivo y enfoque mixto (cuantitativo–cualitativo) siguiendo un diseño cuasi-experimental pretest–postest de grupo único. La investigación se implementó en el contexto natural del aula de un primer curso de Física básica de la carrera de Ingeniería Agronómica de una universidad pública argentina. Durante el desarrollo de la *unidad temática 5, Transmisión del calor e interacción de la radiación con la materia,* se implementó una nueva propuesta de enseñanza respecto a la del año anterior. Se modificó la guía de actividades con la incorporación de problemas contextualizados al ámbito agronómico incorporando fenómenos vinculados con las propiedades de los gases, transferencia de energía, procesos de trabajo y calor en distintos sistemas.

Participaron 116 estudiantes (79 varones y 37 mujeres) en el pretest y 90 (64 varones y 26 mujeres) en el postest. El análisis pareado incluyó 152 respuestas correspondientes a las instancias combinadas de los participantes que completaron ambas aplicaciones. El muestreo fue por conveniencia y las unidades de análisis fueron las respuestas individuales pareadas. Se garantizó el consentimiento informado y el anonimato de los participantes, los datos se trataron de forma agregada para análisis y difusión.

Con el fin de indagar los saberes estudiantiles al justificar fenómenos de transferencia, centrados en la relación entre energía interna (ΔU), trabajo (W) y calor (Q), se aplicó un cuestionario validado por González (2022) adaptado al contexto de aplicación. Los cambios obtuvieron un acuerdo interjueces alto (kappa de Cohen ≈ 1). Se asignaron cuatro cuestiones con los siguientes ejes: determinación del aprendizaje de conceptos básicos de la termodinámica, aplicación del primer principio de la termodinámica entendiendo la diferencia entre calor y temperatura y los criterios de signos que adopta la transferencia de energía en los procesos de trabajo y calor. El cuestionario quedó conformado por una cuestión abierta (P1) y tres preguntas (P2, P3 y P4) de opción múltiple con sus correspondientes justificaciones (Figura 1).

Se administró el mismo instrumento mediante un formulario de Google, accesible por QR, durante las clases presenciales del ciclo lectivo 2025. El intervalo temporal entre ambas aplicaciones fue de dos semanas, al comienzo de la primera clase y al final del desarrollo de la unidad didáctica.

Se construyó un sistema de categorías para el análisis de las respuestas a cada cuestión. Para *P1* se clasificaron según su tipo en: *Correctas completas,* aplican la primera ley, mencionan trabajo sobre el gas, proceso rápido/adiabático y aumento de energía interna, temperatura; *Correctas incompletas* reconocen que la compresión (aumento de presión) aumenta la temperatura, pero sin fundamentar con la primera ley ni energía interna; *Incorrectas,* atribuyen el calentamiento al roce mecánico, contacto con la mano o energía exotérmica por fricción o fundamentaciones vagas; y por último *No sabe/No contesta*. Para la cuestión *P2* de opción múltiple, que tiene tres posibilidades, la respuesta Correcta corresponde al ítem b.

P1.- Comenta brevemente la siguiente descripción de un fenómeno físico que hace un joven estudiante:
"Cuando infló una rueda de la bicicleta con el inflador de mano, observó que después de un cierto tiempo de estar dando aire aumenta la temperatura del cilindro de la bomba del inflador"
P2.- Se tiene un gas ideal en un émbolo. Se comprime el émbolo de manera que se mantiene la temperatura del gas constante. **Indica y razona cuál de las respuestas es correcta:**
a. Hay transferencia de energía por intercambio de calor del exterior al gas.
b. Hay transferencia de energía por intercambio de calor del gas al exterior.
c. Puede haber transferencia de energía por intercambio de calor entre el gas y el exterior en uno u otro sentido dependiendo de los valores de P y V.
P3.- Se tiene un gas ideal dentro de un pistón que aísla el gas del exterior de manera que no puede haber transferencia de energía por intercambio de calor entre ambos. Se empuja el pistón realizando un trabajo como se indica en la figura. En esas condiciones, **señala** de las opciones que se indican a continuación, **si alguna/s es cierta y justifica la respuesta:**

a. Aumenta la temperatura del gas.
b. Aumenta la energía interna del gas.

P4.- ¿Son las siguientes afirmaciones verdaderas o falsas? Indica brevemente una justificación:
a. Un sistema cerrado puede intercambiar energía con el medio.
b. El calor y el trabajo son formas de energía.
c. Las paredes de un sistema adiabático dejan pasar energía térmica por intercambio de calor.
d. En un proceso isocórico, el calor es función de estado.

Figura 1: Cuestionario sobre la Primera Ley de la Termodinámica (adaptado de Gonzalez, 2022)

En el caso de *P3* se solicitaba justificar entre dos opciones correctas. Se clasificaron en: *Correcta doble explícita* marca ambas opciones y justifica con Primera Ley y sistema aislado; *Correcta doble parcial/vaga* marca ambas opciones, pero justifica con correlaciones presión–volumen–temperatura, choques o razones genéricas; *Parcial correcta U explícita* marca solo *Aumenta la energía interna* y fundamenta con Q=0, trabajo sobre el gas, ΔU>0; *Parcial correcta U parcial/vaga* marca solo *aumenta la energía interna* con razones genéricas (presión, espacio, choques); *Parcial correcta T explícita* marca solo *Aumenta la temperatura* y fundamenta correctamente (vía U=U(T) y aumento de U); *Parcial correcta T parcial/vaga* marca solo *Aumenta la temperatura* con razones genéricas (más presión implica más T, menos volumen implica más T). La selección de una sola opción se considera *parcialmente correcta*. La calidad de la fundamentación diferencia explícita vs parcial o vaga. Por último, la cuestión *P4* consta de cuatro afirmaciones de verdadero o falso y justificar su decisión, siendo verdadero el ítem *a*. En un segundo momento, se calcularon las frecuencias absolutas y relativas en cada caso. En un análisis cuantitativo, se compararon las distribuciones globales de categorías entre pretest y postest aplicando el test de chi cuadrado. Para comparaciones pareadas dicotómicas se utilizó el test de McNemar con corrección de continuidad. Se adoptó un nivel de significación α=0,05. El análisis estadístico se realizó con software estándar (IBM SPSS Statistics para Windows). En la vertiente cualitativa las respuestas abiertas fueron codificadas según categorías definidas *a priori* por dos investigadores de manera independiente (kappa ~1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron una disminución en el tiempo empleado por los estudiantes para responder al cuestionario (aproximadamente 55 minutos en el pretest y 45 minutos en el postest). En general, se

observó cierta mejoría en la comprensión de los conceptos termodinámicos. Esto sugiere que se está avanzando por un camino propicio para el diseño de nuevas propuestas de intervención.

La *Cuestión P1* indagaba la distinción entre las variables calor y temperatura desde el punto de vista termodinámico y la relación entre la energía interna, la temperatura y el intercambio de energía a través del trabajo en una transformación adiabática (tabla 1).

Tabla 1: Resultados para P1 en frecuencias absoluta (Fa) y relativa (fr) para pretest y postest

Categoría	**Fa (fr) pretest**	**Fa (fr) postest**	**ΔFa**	**Δfr**
Correctas completas (CC-Primera Ley explícita)	14 (0,18)	24 (0,32)	+10	+0,14
Correctas incompletas (CI-nociones de presión/temperatura)	46 (0,61)	40 (0,53)	-5	-0,07
Incorrectas (INC-por fricción/otros fenómenos)	12 (0,16)	10 (0,13)	-2	-0,03
No sabe / No contesta (NS)	4 (0,05)	1 (0,01)	-3	-0,04
Total	76 (1)	76 (1)	—	—

El postest mostró un cambio relativo de +0,14 en las respuestas *Correctas completas* lo que indica un aumento en las fundamentaciones del fenómeno aplicando la Primera Ley. El alto valor de respuestas *Correctas incompletas* da cuenta de las dificultades persistentes aún después de la instrucción. Si bien se reconoce que la compresión (aumento de presión) produce el aumento de la temperatura no se alcanza la fundamentación termodinámica. Luego de la instrucción se observó un avance neto hacia explicaciones más fundamentadas, analizando las transiciones emparejadas 18 estudiantes mejoraron su clasificación, indicando una mayor familiarización con estos principios (tabla 2). Estas dificultades, vinculadas tanto con la abstracción de los conceptos como con su aplicación a situaciones del mundo real, coinciden con las observaciones reportadas por Autor et al. (2018).

Tabla 2: Ejemplos de respuestas a *P1* que cambiaron de categoría entre el pre y el postest

Caso	**Respuesta Pretest**	**Respuesta Postest**	**Cambio de categoría**
A12	*No sé*	*...al comprimir el aire dentro del inflador se realiza un trabajo sobre el gas y ese trabajo se transforma en energía interna, aumentando la temperatura del aire y del cilindro, es una compresión adiabática,.*	*No sabe* pasa a *Correcta completa*
A24	*No se*	*al aumentar la presión aumenta la temperatura*	*No sabe* pasa a *Correcta Incompleta*
A28	*si, por el rozamiento de la bomba del inflador con las paredes del cilindro.*	*aumenta la presión del aire, disminuye el volumen, la temperatura aumenta.*	*Incorrecta* (fricción) pasa a *Correcta incompleta*
A1	*Al inflar provocamos una fricción en ese cilindro lo que genera calor.*	*El aumento de temperatura del inflador se debe al trabajo mecánico realizado sobre el aire, lo que incrementa su energía interna*	Incorrecta pasa a correcta completa

La *Cuestión P2* mostró que los estudiantes presentan dificultades para interpretar una transferencia isotérmica de energía por el proceso de calor y el signo de la misma, ya que no se observaron diferencias significativas entre pre y postest ($\chi 2=0{,}78125$; $p \approx 0{,}38$).

La *Cuestión P3* tiene como noción principal la identificación de la relación que existe entre temperatura y energía interna de un sistema y con el proceso de transferencia de energía a un sistema por trabajo y calor (tabla 3). Esta pregunta mostró una mejora significativa en la fundamentación de los procesos adiabáticos ($\chi^2 \approx 18{,}2$; $p < 0{,}01$) y una mayor comprensión de la cadena de razonamiento completa

$Q=0 \Rightarrow \Delta U=W \Rightarrow U\uparrow \Rightarrow T\uparrow$ (test de McNemar, $p < 0{,}01$).

Tabla 3: Para la Cuestión P3 frecuencias absolutas y relativas en pretest y postest

Categoría	Fa Pretest	Fr Pretest	Fa Postest	Fr Postest	Observaciones
Correcta doble explícita	16	0,21	22	0,29	Mejora en fundamentación con Primera Ley y proceso adiabático.
Correcta doble parcial/ vaga	13	0,17	20	0,26	Aumenta el reconocimiento de ambas, pero con explicaciones incompletas.
Parcial U explícita	4	0,05	3	0.04	Se mantiene bajo, algunos logran fundamentar con Q=0.
Parcial U vaga/escasa	21	0,28	7	0,09	Gran reducción: menos estudiantes se quedan solo en energía interna sin justificar.
Parcial T explícita	1	0,01	2	0.03	Muy pocos logran fundamentar solo con temperatura de manera correcta.
Parcial T vaga/escasa	21	0,28	22	0,29	Se mantiene estable: persiste la idea alternativa de *más presión entonces más temperatura*.
Total	76	1	76	1	—

La *Cuestión P4* tiene como finalidad la determinación del aprendizaje de conceptos relacionados con la termodinámica (tabla 4).

Tabla 4: Comparación para P4 de frecuencias absolutas de aciertos por ítem en pretest y postest

Ítem	Fa pretest (aciertos por ítem)	Fa postest (aciertos por ítem)	ΔFa
a) Sistema cerrado puede intercambiar energía	39	46	+7
b) Calor y trabajo son formas de energía	15	23	+8
c) Paredes de sistema adiabático dejan pasar calor	57	64	+7
d) En proceso isocórico, el calor es función de estado	41	47	+6

Luego de la intervención existe un avance global en la comprensión de las definiciones termodinámicas, aunque se mantienen algunas confusiones. Se observó una mejora moderada en el entendimiento de que en un sistema cerrado se limita la transferencia de materia, pero no de energía. Sin embargo, la concepción alternativa sobre trabajo y calor como formas de energía es resistente al cambio. Esto podría explicarse por las tradiciones de enseñanza que han definido estos conceptos desde esa perspectiva. Por último, el reconocimiento de que el calor no es función de estado sigue un concepto difícil de comprender.

Aunque la intervención produjo avances en la identificación y fundamentación de procesos adiabáticos, el cuestionario permitió detectar errores conceptuales sobre la naturaleza de calor y trabajo desde la perspectiva termodinámica, problemas para comprender la noción de función de estado y dificultades para identificar y relacionar las variables termodinámicas implicadas en procesos de transferencia de energía. Otros conceptos de difícil comprensión corresponden a la diferenciación entre sistema cerrado y sistema aislado, probablemente vinculados a una falta de claridad entre los procesos de transferencia de materia y energía.

Los resultados mostraron que la propuesta de enseñanza contribuye a los procesos de comprensión de los conceptos de termodinámica, aunque ciertas ideas previas vinculadas principalmente con el lenguaje cotidiano y concepciones alternativas construidas a lo largo de la escolaridad, resultan resistentes al cambio. Esto implica un desafío para los docentes a la hora de diseñar actividades, problemas y secuencias didácticas que promuevan un aprendizaje significativo.

Por otra parte, el cuestionario resultó un instrumento de gran utilidad para la detección de errores conceptuales persistentes que ofrecen pistas para repensar el diseño de nuevas secuencias didácticas.

CONCLUSIONES

Este trabajo contribuye a visibilizar las dificultades persistentes en la apropiación de los conceptos de la Primera Ley de la Termodinámica, particularmente en la formación universitaria de carreras científico-tecnológicas, mostrando que los obstáculos responden a la complejidad de articular distintos niveles de representación, diversos modelos teóricos y superar concepciones alternativas arraigadas.

El desafío es mejorar la comprensión de la Primera Ley y su aplicación a fenómenos situados que involucren procesos de transferencia de energía mediante actividades que conecten las relaciones entre variables macroscópicas (presión, temperatura y volumen) con las nociones abstractas de trabajo, calor y energía interna de la Primera Ley.

Desde la perspectiva de la IBD, el estudio no solo diagnostica las dificultades, sino que abre un camino para la construcción de secuencias de enseñanza más robustas y sostenidas en el tiempo, orientadas a lograr una comprensión profunda y transferible de los principios termodinámicos en la formación de futuros ingenieros.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por los siguientes proyectos de investigación: UBACYT N° 20020220100116BA, FONCYT-PICT-2021-295 y PPI-UNRC (2024-2026)-C586-2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brundage, A., Meltzer, D. E., & Singh, C. (2024). Student difficulties in learning thermodynamics: A review of research. *American Journal of Physics, 92*(1), 45–56. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010115

González, M. (2022). *Análisis y detección de errores conceptuales básicos en la comprensión del Primer Principio de la Termodinámica en Bachillerato*. Trabajo Fin de Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas. Universidad de Valladolid.

Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., & Gutiérrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. Physical Review Physics Education Research, 13(2), 020139. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139

Gutiérrez-Berraondo, J., Guisasola, J., & Zuza, K. (2018). Students' conceptual difficulties in thermodynamics: A review. Journal of Science Education and Technology, 27(5), 409–421. https://doi.org/10.1007/s10956-018-9734-2

Gutiérrez-Berraondo, J., Zuza, K., & Guisasola, J. (2022). Students' intermediate frameworks in thermodynamics learning. International Journal of Science Education, 44(3), 345–364. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.2012345

Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2005). Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective. *American Journal of Physics, 73*(11), 1064–1071. https://doi.org/10.1119/1.2049286

Meli, K., Koliopoulos, D., & Lavidas, K. (2022). A model-based constructivist approach for bridging qualitative and quantitative aspects in teaching and learning the First Law of Thermodynamics. *Science & Education, 31*(3), 451–485. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00262-7

Quintero, T., Gutiérrez-Berraondo, J. & Lorenzo, M. G. (2025). Uso de conceptos de termodinámica en estudiantes de un primer curso de Física para Ingeniería Agronómica. En Bengochea Martínez, L., Meziat Luna, D., García Astete, M. y Zúñiga Meléndez, A. (editores, 2025) *Educación científica y ciencia ciudadana en la era digital*. *CIEDUC 2025*. Ed. Universidad de Alcalá. (pp. 377-381).

La IA en el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje en ciencias: Exploración de sesgos didácticos

Francisco José Castillo Hernández [1], Èlia Tena Gallego [2] y Miquel Pérez Torres [1]

[1] Centre for Learning and Teaching, University of Groningen, Paises Bajos

[2] Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona, España

* Correspondencia: f.j.castillo.hernandez@rug.nl

RESUMEN: Cada día parecen emerger nuevas herramientas de inteligencia artificial (IA) generativa que prometen mayor eficiencia y objetividad en diversas tareas docentes, como el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, la investigación muestra que estas herramientas no son neutrales y pueden reproducir sesgos. El objetivo de este estudio es, por tanto, analizar los sesgos didácticos emergentes de las herramientas de IA generativa al diseñar SEAs en educación científica, y examinar cómo estos varían según la IA generativa, el idioma del prompt y su estructura. En este estudio, de enfoque cualitativo, se generaron SEAs sobre contaminación del aire para alumnado de 10-12 años utilizando distintas IA generativas (ChatGPT, Mistral Le Chat y DeepSeek), tres idiomas (inglés, español y catalán) y tres formas de elaboración del prompt. En total, se obtuvieron 108 respuestas. Los resultados preliminares indican un predominio de enfoques de enseñanza centrados en el docente, que limitan la agencia del alumnado y una presencia limitada de evaluación formativa. Asimismo, la estructura del prompt parece tener cierta influencia en la calidad didáctica de las SEAs. No obstante, la variabilidad de las respuestas generadas por la IA generativa subraya la necesidad de una evaluación crítica y continua de sus resultados en contextos educativos.

PALABRAS CLAVE: inteligencia artificial generativa; diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje; sesgos didácticos

ABSTRACT: Every day, new generative artificial intelligence (AI) tools seem to emerge, promising greater efficiency and objectivity in various teaching tasks, such as the design of teaching and learning sequences. However, research shows that these tools are not neutral and can reproduce biases. The aim of this study is, therefore, to analyze the didactic biases that emerge from generative AI tools when designing teaching and learning sequences (TLS) in science education, and to examine how these vary depending on the AI tool, the language of the prompt, and its structure. The study follows a qualitative approach in which TLS on air pollution for students aged 10–12 was generated using different generative AI tools (ChatGPT, Mistral Le Chat, and DeepSeek), three languages (English, Spanish, and Catalan), and three prompt design formats. In total, 108 responses were obtained. Preliminary results indicate a predominance of teacher-centred teaching approaches, which limit student agency and show a limited presence of formative assessment. Likewise, the structure of the prompt seems to have some influence on the didactic quality of the TLSs. Nevertheless, the variability of the responses generated by generative AI highlights the need for a critical and continuous evaluation of its outputs in educational contexts.

KEYWORDS: generative artificial intelligence; design of teaching and learning sequences; pedagogical biases

INTRODUCCIÓN

La aparición de la inteligencia artificial (IA) generativa ha llevado a docentes, investigadores y responsables políticos a reconsiderar los paradigmas educativos, las estrategias y los marcos de

gobernanza en las sociedades digitales contemporáneas (OECD, 2025; UNESCO, 2024). En muchos casos, la IA generativa se presenta como una herramienta capaz de aumentar la eficiencia de la enseñanza y el aprendizaje mediante la automatización de tareas rutinarias. En particular, se pone el foco en la reducción de la carga de trabajo del profesorado, la personalización del aprendizaje y en ofrecer apoyo didáctico de manera inmediata (Fan et al., 2025; Karpouzis et al., 2024learners nowadays can obtain a variety of supports from agents such as teachers, peers, education technologies, and recently, generative artificial intelligence such as ChatGPT. In particular, there has been a surge of academic interest in human-AI collaboration and hybrid intelligence in learning. The concept of hybrid intelligence is still at a nascent stage, and how learners can benefit from a symbiotic relationship with various agents such as AI, human experts and intelligent learning systems is still unknown. The emerging concept of hybrid intelligence also lacks deep insights and understanding of the mechanisms and consequences of hybrid human-AI learning based on strong empirical research. In order to address this gap, we conducted a randomised experimental study and compared learners' motivations, self-regulated learning processes and learning performances on a writing task among different groups who had support from different agents, that is, ChatGPT (also referred to as the AI group).

Este potencial ahorro de tiempo parece estar impulsando una rápida adopción de estas tecnologías por parte del profesorado, contribuyendo a una reconfiguración de los roles profesionales: de docentes entendidos como diseñadores de propuestas didácticas hacia roles que enfatizan la mediación pedagógica, el juicio crítico y la gestión de recursos generados por la IA generativa (Makwana, 2025personalised feedback in large classrooms. Utilising the Write & Improve (Cambridge). Sin embargo, la investigación indica que los modelos de lenguaje de gran tamaño (*LLM*, por sus siglas en inglés) no son herramientas pedagógicamente neutrales (Avraamidou, 2024) y que, por tanto, pueden reproducir sesgos. Dichos sesgos influyen en el contenido, la estructura y los supuestos pedagógicos presentes en los materiales educativos generados por la IA generativa, reproduciendo con frecuencia normas dominantes y patrones de enseñanza ya superados, en lugar de promover prácticas basadas en la investigación o de carácter transformador (Lee et al., 2025). En los contextos educativos, estas dinámicas resultan especialmente relevantes, ya que afectan no solo a lo que se enseña, sino también a cómo se entiende el aprendizaje, qué conocimientos se consideran legítimos y qué formas de participación se promueven en el aula.

Aunque la IA generativa se presenta como una tecnología con potencial para apoyar múltiples procesos educativos – como la evaluación, la retroalimentación, la personalización y las tareas administrativas – su uso en el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) representa una de sus aplicaciones pedagógicamente más relevantes (Gonçalves Costa et al., 2024). En este contexto, el creciente uso de la IA generativa para el diseño de SEAs abre nuevas preguntas para la investigación en educación científica: ¿Qué principios de diseño sustentan las SEAs producidas por herramientas de IA generativa? ¿En qué medida estos diseños se alinean con enfoques basados en la investigación (p.ej. las prácticas científicas como elementos fundamentales para el aprendizaje de las ciencias)? ¿Cómo influyen las características de los prompts en las orientaciones pedagógicas presentes en las SEAs generadas por IA generativa

Con el fin de abordar estas preguntas, en este estudio analizamos los sesgos didácticos que emergen cuando se utilizan herramientas de IA generativa para diseñar SEAs dirigidas a estudiantes de 10-12 años sobre el tema de la contaminación del aire. En concreto, investigamos si estos sesgos varían en función de: a) el *LLM* empleado (ChatGPT, Mistral Le Chat, y DeepSeek); b) el idioma del prompt (inglés, español y catalán); y c) su estructura. Para ello se comparan tres tipos de prompts: 1) un prompt diseñado por un experto en didáctica de las ciencias experimentales que actualmente investiga sobre IA en educación científica; 2) un prompt elaborado siguiendo las estrategias de prompting recomendadas por las propias compañías desarrolladoras de herramientas de IA generativa; y 3) un prompt diseñado por maestras de educación primaria. El estudio adopta un marco de diseño en educación científica y realiza un análisis cualitativo de contenido de las SEA generadas por IA generativa, apoyándose en marcos consolidados de educación científica, como las prácticas científicas, y en una perspectiva de investigación basada en el diseño (IBD) (DBR Collective, 2003; Tena & Couso, 2023).

MARCO TEÓRICO Y FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

Diseño de SEA en educación científica

El diseño de SEAs ha sido uno de los focos centrales de investigación en educación científica en las últimas décadas (DBR, 2003; Guisasola et al., 2017). Los estudios en este ámbito muestran un amplio consenso en torno a ciertos principios de diseño, especialmente aquellos fundamentados en teorías socioconstructivistas del aprendizaje, que destacan el papel de la interacción social, las ideas previas del alumnado y los procesos de construcción de significado (NRC, 2012).

Sin embargo, Jiménez-Liso et al (2023) señalan que las orientaciones teóricas generales requieren una especificación progresiva en marcos de diseño más operativos que guíen la práctica docente. Entre los ejemplos se encuentran los marcos centrados en la participación del alumnado en prácticas científicas. A pesar del consenso a nivel de principios generales, sigue existiendo un acuerdo limitado sobre cómo estos principios deben concretarse en elementos de diseño específicos y en herramientas didácticas (Jiménez-Liso et al., 2023). Esta situación pone de relieve la importancia de la transparencia en las decisiones de diseño y la necesidad de desarrollar criterios analíticos en el profesorado para evaluar propuestas didácticas (Jiménez-Liso et al. 2023).

Desde esta perspectiva, la capacidad de diseñar y evaluar críticamente SEAs desarrolladas por otros (o por IA generativa) constituye una competencia profesional clave para el profesorado (Delgado et al. 2025). Esta experiencia en diseño resulta especialmente relevante en los contextos educativos actuales, donde las herramientas de IA generativa participan cada vez más en los procesos de diseño.

La IA generativa como apoyo al diseño de SEA en educación científica

La IA generativa se presenta cada vez más como una herramienta de apoyo para el diseño de SEAs (Gonçalves Costa et al., 2024). Desde la perspectiva de la IBD, estas herramientas ofrecen nuevas posibilidades para generar y adaptar propuestas didácticas. Sin embargo, al mismo tiempo, la literatura ha señalado de manera reiterada que los sistemas de IA generativa no son neutrales (Avraamidou, 2024). Diversos estudios empíricos muestran que los contenidos generados por IA generativa pueden reproducir diferentes formas de daño social, como el racismo, el sexismo o los estereotipos, con implicaciones que van más allá del ámbito educativo y afectan también al medio ambiente y a las condiciones laborales (Tacheva et al., 2023)..

En el contexto específico de la educación, investigaciones recientes indican que los diseños didácticos generados por IA generativa tienden a reproducir patrones didácticos que la investigación lleva tiempo tratando de superar, como el predominio de enfoques centrados en el profesorado y la marginación de prácticas de evaluación formativa (Chen et al., 2025; Dornburg et al., 2025). Estas tendencias sugieren que un uso acrítico de la IA generativa para el diseño de la enseñanza podría socavar los esfuerzos por avanzar hacia enfoques de educación científica más equitativos y fundamentados en la investigación (Guest et al., 2025)

El diseño y la evaluación como dimensiones centrales del rol profesional docente en la era de la IA

La integración de la IA generativa en la práctica educativa ha reconfigurado los roles profesionales del profesorado, intensificando su responsabilidad a la hora de evaluar críticamente los diseños didácticos generados por la IA generativa (Makawana, 2025). En este contexto, se espera cada vez más que el profesorado ejerza un juicio profesional para valorar la calidad didáctica, las implicaciones éticas y los supuestos implícitos presentes en los materiales generados por IA.

Este cambio se alinea con perspectivas sobre la enseñanza ambiciosa que destacan el juicio de diseño, la capacidad de responder a las ideas del alumnado y la reflexión ética como competencias profesionales fundamentales (Delgado et al. 2025), así como con enfoques pedagógicos críticos que abogan por una adopción reflexiva y cautelosa de la IA en educación (Guest et al., 2025). Sin embargo, todavía existe una evidencia empírica limitada sobre qué aspectos didácticos debería priorizar el profesorado al analizar SEAs generadas por IA, una laguna empírica que el presente estudio busca abordar directamente.

PREGUNTAS DE INVESTIGACION

Partiendo de las lagunas identificadas en la literatura, este estudio tiene como objetivo examinar críticamente los sesgos didácticos presentes en las SEAs generadas por IA generativa en educación científica. En concreto, se propone analizar cómo se manifiestan estos sesgos y en qué medida varían en función del modelo utilizado, el idioma del prompt y su estructura.

Las siguientes preguntas de investigación guían el estudio:

1. ¿Qué sesgos didácticos emergen en las SEAs diseñadas mediante IA generativa para estudiantes de 10–12 años sobre el tema de la contaminación del aire?

2. ¿En qué medida difieren estos sesgos didácticos en función del modelo de lenguaje utilizado, el idioma del prompt y su estructura?

    2.1 ¿Existen diferencias en los sesgos didácticos según el modelo de lenguaje empleado (ChatGPT, Mistral Le Chat y DeepSeek)?

    2.2 ¿Existen diferencias en los sesgos didácticos según el idioma del prompt?

    2.3 ¿Existen diferencias en los sesgos didácticos según la estructura del prompt?

MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio sigue un enfoque metodológico cualitativo, en línea con investigaciones previas sobre LLMs en didáctica de las ciencias (López-Simó & Rezende, 2024). El diseño de investigación se estructura en tres fases: 1) definición y clarificación de las características de la SEA y del prompt; 2) recogida de datos; y 3) análisis de los resultados generados por la IA generativa.

1) Definición y clarificación de las características de la SEA y del prompt

La primera fase se centró en definir las características generales de las SEAs, pues esta información es clave de acuerdo con Jiménez Liso et al. (2023) para la creación del prompt. En este caso particular, las SEAs debían contar, al menos, con las siguientes características: a) la contaminación del aire como tema central, planteado como una cuestión sociocientífica relevante en contextos urbanos; b) estudiantes de 10–12 años como población objetivo; c) la alineación con el currículo español de sexto curso de educación primaria. La selección de la contaminación del aire se justificó tanto por su relevancia como cuestión sociocientífica como por la experiencia investigadora previa de los autores en el diseño y análisis de SEAs sobre este tema, incluyendo principios de diseño documentados y las ideas alternativas del alumnado (Tena & Couso, 2020).

2) Recogida de datos y procedimiento de prompting

A partir de las características previamente descritas, se diseñaron diversos prompts considerando las siguientes dimensiones: 1) la herramienta de LLM utilizada (ChatGPT, Mistral Le Chat, y DeepSeek), 2) la estructura del prompt, elaborado por diferentes actores (un prompt diseñado por un experto en didáctica de las ciencias experimentales que investiga sobre IA, un prompt elaborado siguiendo las estrategias de prompting recomendadas por las compañías desarrolladoras de herramientas de IA, y un prompt diseñado por maestras de educación primaria), y 3) el idioma del prompt (inglés, español y catalán).

Tras definir los prompts, la recogida de datos se llevó a cabo en diciembre de 2025. Se utilizaron el prompt y sus distintas transformaciones, y cada prompt se envió diez veces consecutivas (ensayos T1–T10) a cada LLM por parte de cada investigador. Cada envío se realizó en una sesión independiente de "nuevo chat", manteniendo la misma cuenta de usuario. Para garantizar la consistencia entre los ensayos, no se proporcionaron prompts adicionales ni instrucciones de orientación. En la práctica, el procedimiento consistió en copiar y pegar cada prompt en la interfaz correspondiente de cada LLM, generando así respuestas independientes para cada ensayo y recopilando los resultados obtenidos. En total, se recogieron 108 respuestas.

3) Análisis de los resultados

El análisis siguió un procedimiento de análisis cualitativo de contenido en tres etapas. En primer lugar, todas las respuestas generadas por la IA generativa fueron seleccionadas como corpus de análisis. En segundo lugar, los textos se segmentaron en frases y unidades de significado más pequeñas. En tercer lugar, se utilizó el método de comparación constante para construir un sistema de codificación que combinó categorías deductivas, procedentes de la adaptación de la rúbrica para evaluaciones STEM (que incluye prácticas científicas, ideas clave, etc.) (Pérez-Torres et al., 2020), con categorías inductivas emergentes de los datos (Jiménez-Liso et al., 2023; Chen et al., 2025). El software Atlas.ti se utilizó como apoyo para el proceso de análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados preliminares de este estudio indican que las SEAs generadas mediante IA generativa tienden a reproducir modelos convencionales de enseñanza y aprendizaje, lo que coincide con evidencias recientes sobre sesgos didácticos en contenidos educativos generados por LLMs (Chen et al., 2025). En las SEAs analizadas se observó un predominio consistente de enfoques de enseñanza centrados en el profesorado, acompañado de oportunidades limitadas para la agencia del alumnado y de un escaso énfasis en el diálogo en el aula y en la construcción colectiva del conocimiento. Asimismo, las prácticas de evaluación - especialmente la retroalimentación formativa y el feedforward - estuvieron en gran medida ausentes en los diseños generados por IA.

A pesar de estas limitaciones, los análisis comparativos indican que aquellos prompts diseñados por expertos en didáctica tienden a generar SEAs más alineadas con principios fundamentados en la investigación en didáctica de las ciencias. Sin embargo, la variabilidad observada en las respuestas generadas por la IA generativa pone de manifiesto la necesidad de una evaluación crítica y continua de sus resultados en contextos educativos. Estos hallazgos sugieren que la calidad pedagógica de los diseños generados está estrechamente vinculada al tipo de conocimiento pedagógico incorporado en el proceso de elaboración del prompt (López-Simó & Rezende, 2025; Chen et al., 2025).

IMPLICACIONES Y RELEVANCIA PARA LA DIDÁCTIVA DE LAS CIENCIAS

Los resultados preliminares plantean interrogantes sobre el valor pedagógico del diseño didáctico apoyado por la IA generativa y sobre hasta qué punto el tiempo invertido en la elaboración de prompts se justifica en función de la calidad de las SEAs resultantes. Si bien el prompting experto parece mitigar ciertos sesgos didácticos, también desplaza la responsabilidad de la calidad de la enseñanza nuevamente hacia la experiencia profesional del profesorado, cuestionando así las narrativas que presentan la IA como una solución destinada a ahorrar tiempo (Heeg & Avraamidou, pre-print).

Desde una perspectiva sociocultural, el escaso énfasis en el diálogo en el aula y en el aprendizaje colaborativo identificado en las SEAs generadas por IA corre el riesgo de reforzar concepciones individualistas del aprendizaje, lo que podría debilitar el papel de la comunidad, la participación y la aculturación en el aprendizaje de las ciencias (Heeg & Avraamidou, 2023). Estos resultados también contribuyen a los debates actuales sobre alfabetización en IA, apoyando un desplazamiento desde enfoques tecno-positivistas hacia perspectivas críticas y centradas en lo humano que ponen en primer plano la reflexión ética, la intencionalidad pedagógica y los valores del profesorado (Guest, 2025).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha hecho en el marco de los proyectos PID2022-138166NB-C22 financiado por el MICIN (Gobierno de España) y de los grupos de investigación reconocidos Centre for Learning and Teaching (University of Groningen) y SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya)

REFERENCIAS

Avraamidou, L. (2024). Can we disrupt the momentum of the AI colonization of science education? *Journal of Research in Science Teaching*, *61*(10), 2570–2574.

Chen, B.; Cheng, J.; Wang, C.; Leung, V. (2025). Pedagogical biases in AI-Powered Educational Tools: The Case of Lesson Plan Generators. *Social Innovation Journals*, 30.

DBR Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. Educational Researcher, 32(1), 5–8.

Delgado-Mayoral, L., García-Ruiz, J., González-Herrera, M., Villalobos, L. H., Jiménez-Liso, M., Lucio-Villegas, R. L., Sánchez, L. M., Martínez-Chico, M., & Rodríguez-Arteche, I. (2025). Acciones docentes clave para desarrollar el enfoque de indagación: rúbrica y red sistémica para su análisis. *Ápice Revista de Educación Científica*, *9*(1).

Fan, Y., Tang, L., Le, H., Shen, K., Tan, S., Zhao, Y., Shen, Y., Li, X., & Gašević, D. (2025). Beware of metacognitive laziness: Effects of generative artificial intelligence on learning motivation, processes, and performance. *British Journal of Educational Technology*, *56*(2), 489–530.

Gonçalves Costa, G., J. D. Nascimento Júnior, W., Mombelli, M. N., & Girotto Júnior, G. (2024). Revisiting a Teaching Sequence on the Topic of Electrolysis: A Comparative Study with the Use of Artificial Intelligence. *Journal of Chemical Education*, *101*(8), 3255–3263.

Guest, O., Suarez, M., Müller, B., van Meerkerk, E., Oude Groote Beverborg, A., de Haan, R., Reyes Elizondo, A., Blokpoel, M., Scharfenberg, N., Kleinherenbrink, A., Camerino, I., Woensdregt, M., Monett, D., Brown, J., Avraamidou, L., Alenda-Demoutiez, J., Hermans, F., & van Rooij, I. (2025). *Against the Uncritical Adoption of "AI" Technologies in Academia*. Zenodo.

Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., y Gutierrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research,* 13(2), 1–14.

Heeg, D. M., & Avraamidou, L. (2023). The use of Artificial intelligence in school science: A systematic literature review. *Educational Media International*, *60*(2), 125–150.

Jiménez Liso, M. R., Martínez Chico, M., & López-Gay Lucio-Villegas, R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. Revista Eureka. Ciencias, 20(3), 3801.

Karpouzis, K., Pantazatos, D., Taouki, J., & Meli, K. (2024). *Tailoring Education with GenAI: A New Horizon in Lesson Planning* (arXiv:2403.12071). arXiv.

Lee, H.; Sarkar, A.; Tankelevitch,L.; Drosos, I.; Rintel, S.; BA¡anks, R.: Wilson, N. (2025). The impact of Generative AI on Critical Thinking: Self-Reported Reductions in Cognitive Effort and Confidence Effects from a Survey of Knowledge Workers. Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Science, Japan.

López-Simó, V., & Rezende, M. F. (2024). Challenging ChatGPT with Different Types of Physics Education Questions. *The Physics Teacher*, *62*(4), 290–294.

Makwana, V. (2025). A Comparative Analysis of AI-Powered and Teacher-Led Feedback: Investigating Student Perceptions and Writing Performance. *Journal of English Language Teaching*, *67*(1), 3–12.

NRC. (2012) A framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington DC: The National Academies Press.

Pérez Torres, M., Couso, D., & Márquez, C. . (2020). ¿Cómo diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka*, *18*(1), 1301.

Tacheva, J., & Ramasubramanian, S. (2023). AI Empire: Unraveling the interlocking systems of oppression in generative AI's global order. Big Data & Society, 10(2).

Tena, È. & Couso, D. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño. *Revista Eureka*, *20*(2), 2801.

Diseño y evaluación de una propuesta didáctica innovadora basada en role-playing, aprendizaje cooperativo e IA en un laboratorio de Química Orgánica

Montoya-Durá, Noemí[1,2], García-España, Laura[3], Soriano, María Desamparados[4], Hangun-Balkir, Yelda[5], Montoya-Durá, José Martín[6]

[1] Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades, Universidad Internacional de la Rioja (UNIR), España

[2] Departamento de Veterinaria y Ciencias Experimentales, Universidad Católica de Valencia (UCV), España

[3] Departamento de Biología Vegetal, Universitat de València (UV), España

[4] Departamento de Producción Vegetal, Universitat Politècnica de València (UPV), ESpaña

[5] Departamento de Química y Bioquímica, Universidad de Manhattan, USA

[6] Harry S Truman College, Instituto Cervantes Chicago, USA

* Correspondencia: noemi.montoya@uv.es

RESUMEN: Este trabajo presenta el diseño, implementación y evaluación de una propuesta didáctica innovadora desarrollada en el laboratorio de Química Orgánica de primer curso del Grado en Biotecnología. La intervención integra role-playing, aprendizaje cooperativo y recursos digitales apoyados por inteligencia artificial con el objetivo de mejorar la contextualización de los contenidos, la implicación del alumnado y el desarrollo de competencias transversales. La propuesta se aplicó en cinco sesiones presenciales de laboratorio en las que el alumnado trabajó desde roles profesionales simulados y elaboró productos diversos, como informes, vídeos, pósteres y pódcast. La evaluación combinó heteroevaluación, autoevaluación y coevaluación, así como un cuestionario final con ítems Likert y preguntas abiertas. Los resultados muestran una percepción favorable de la contextualización del aprendizaje (82,1 %), del desarrollo de competencias transversales (82,1 %), de la implicación activa (76,8 %) y de la valoración global de la propuesta (91,1 %). El análisis cualitativo sugiere que los escenarios profesionales, la diversidad de productos y el espacio compartido de trabajo reforzaron el sentido de la tarea. Como limitación, la evidencia disponible informa sobre viabilidad, pertinencia y aceptación, pero no permite establecer con suficiente solidez el impacto en el aprendizaje conceptual. Se concluye que la propuesta es prometedora para laboratorios universitarios si se reduce la carga, se amplían los tiempos para análisis y comunicación y se incorporan medidas directas de aprendizaje disciplinar.

PALABRAS CLAVE: role-playing; aprendizaje cooperativo; inteligencia artificial; laboratorio de ciencias; educación superior

ABSTRACT: This paper presents the design, implementation, and evaluation of an innovative teaching proposal developed in a first-year Organic Chemistry laboratory within the Biotechnology degree program. The intervention integrates role-playing, cooperative learning, and digital resources supported by artificial intelligence with the aim of improving content contextualization, student engagement, and the development of transversal competences. The proposal was implemented in five face-to-face laboratory sessions in which students worked through simulated professional roles and produced a variety of outputs, such as reports, videos, posters, and podcasts. The assessment combined teacher assessment, self-assessment, and peer assessment, as well as a final questionnaire including Likert-scale items and open-ended questions. The results show a favourable perception of learning contextualization (82.1%), the development of transversal competences (82.1%), active engagement (76.8%), and the overall appraisal of the proposal (91.1%). Qualitative analysis suggests

that the professional scenarios, the diversity of outputs, and the shared workspace reinforced the sense of purpose of the tasks. As a limitation, the available evidence provides information on feasibility, relevance, and acceptance, but does not allow the impact on conceptual learning to be established with sufficient robustness. It is concluded that the proposal is promising for university laboratories, provided that workload is reduced, more time is allocated for analysis and communication, and direct measures of disciplinary learning are incorporated.

KEYWORDS: role-playing; cooperative learning; artificial intelligence; science laboratory; higher education

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales persiste una tensión entre la adquisición de destrezas técnicas y la comprensión significativa de para qué y en qué contextos se moviliza ese conocimiento. En muchos laboratorios el alumnado ejecuta protocolos con corrección, pero sin llegar a conectar los procedimientos con problemas profesionales reales ni con situaciones de toma de decisiones fundamentadas. Esta limitación reduce la motivación, empobrece la transferencia y dificulta el desarrollo de competencias transversales, como la comunicación científica, el trabajo en equipo y la argumentación basada en pruebas (Petritis et al., 2022).

Diversos estudios han mostrado que el aprendizaje cooperativo favorece la interdependencia positiva, la responsabilidad compartida y la mejora del rendimiento cuando existe una estructura clara de roles, metas y evaluación (Gillies, 2016; Johnson y Johnson, 2019). Del mismo modo, el role-playing puede actuar como estrategia de contextualización, ya que sitúa al alumnado en escenarios verosímiles donde debe interpretar información, justificar decisiones y comunicar resultados desde una perspectiva profesional (Craciun, 2010). Desde la didáctica de las ciencias, estas metodologías resultan especialmente valiosas cuando permiten vincular la práctica experimental con problemas auténticos, promover la indagación y diversificar las formas de participación (Sancho Fernández, 2016).

La literatura reciente entiende la autenticidad como un constructo multidimensional que no depende solo del "parecido con la realidad", sino también del tipo de prácticas, fines y formas de participación que la tarea hace posibles. En paralelo, la investigación sobre aprendizaje cooperativo en estudios universitarios de ciencias y matemáticas señala que el uso de roles, metas compartidas y estructuras cooperativas puede favorecer el rendimiento, las actitudes y el desarrollo de habilidades genéricas (Møgelvang y Nyléhn, 2023). En el ámbito específico del laboratorio de Química Orgánica, también se ha mostrado que el encuadre de la actividad, el tipo de datos disponibles y el andamiaje ofrecido afectan a la calidad de la argumentación escrita del alumnado (Ajjawi et al., 2023).

En paralelo, el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) ha subrayado la necesidad de ofrecer múltiples formas de implicación, representación y acción/expresión para atender a la diversidad del alumnado (CAST, 2018; Meyer et al., 2013). En contextos de laboratorio, ello implica no solo variar materiales y andamiajes, sino también ampliar las formas mediante las cuales el alumnado demuestra lo aprendido. En este marco, la inteligencia artificial (IA) generativa puede utilizarse como apoyo al diseño docente para producir escenarios, rúbricas o materiales iniciales, siempre que exista revisión crítica por parte del profesorado.

Sobre estas bases, la propuesta analizada en este trabajo combinó role-playing, cooperación estructurada y productos multimodales. La inteligencia artificial generativa se empleó como apoyo inicial al diseño de escenarios y borradores de instrumentos, siempre sometidos a revisión docente. Esta precaución resulta especialmente pertinente en un momento en el que la literatura sobre evaluación en educación superior insiste en que la integración de la IA requiere diseños auténticos, criterios transparentes y oportunidades para que el alumnado demuestre pensamiento propio y autorregulación (Xia, 2024; Montoya-Dura et al., 2023).

DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Contexto y finalidades

La intervención se desarrolló en el laboratorio obligatorio de Química Orgánica de primer curso del Grado en Biotecnología. Participaron 60 estudiantes distribuidos en equipos de dos o tres integrantes. La propuesta se diseñó con cuatro finalidades principales: a) contextualizar los contenidos experimentales en marcos profesionales reconocibles; b) reforzar la cooperación y la corresponsabilidad en el trabajo de laboratorio; c) diversificar los productos de aprendizaje y de evaluación; y d) favorecer la conexión entre saber hacer experimental, comunicación científica y toma de decisiones.

Estructura de la secuencia

La propuesta se articuló en cinco sesiones presenciales de dos horas. En cada una, el alumnado asumía un rol profesional distinto vinculado a una tarea experimental concreta. Así, el trabajo práctico dejaba de presentarse como una mera ejecución de un protocolo y pasaba a enmarcarse en una situación que requería interpretar datos, justificar procedimientos y comunicar hallazgos. Los escenarios fueron generados inicialmente con apoyo de ChatGPT y posteriormente revisados y ajustados por el profesorado en función de los resultados de aprendizaje de la asignatura.

Las cinco prácticas se organizaron del siguiente modo: 1) personal investigador que debía analizar acidez y basicidad para resolver un problema de neutralización; 2) equipo industrial de I+D encargado de sintetizar polímeros y seleccionar el "polímero del futuro"; 3) personal investigador en química verde que debía optimizar la síntesis sostenible de aspirina y comunicarla mediante un póster científico; 4) equipo de química forense que analizaba muestras anónimas y elaboraba un informe técnico; y 5) equipo de divulgación científica que sintetizaba ftaleínas y producía un pódcast sobre indicadores de pH. En la tabla 1 se muestra la información detallada de cada sesión.

Tabla 1. Secuencia, práctica científica y producto evaluado durante las sesiones.

PRÁCTICA	ROL	PRÁCTICA CIENTÍFICA TRABAJADA	PRODUCTO FINAL
1. Acidez y basicidad	Personal investigador	Interpretar resultados y justificar una neutralización	Informe basado en ciencia en contexto
2. Polímeros	Equipo industrial de I+D	Comparar opciones y defender una decisión de diseño	Vídeo con discusión oral
3. Aspirina sostenible	Química verde	Relacionar procedimiento, sostenibilidad y comunicación científica	Póster científico
4. Análisis forense	Química forense	Analizar muestras, seleccionar pruebas y redactar un dictamen	Informe forense de compuestos químicos
5. Ftaleínas e indicadores	Divulgación científica	Sintetizar resultados y traducirlos a un formato divulgativo	Pódcast divulgativo

Principios didácticos de la innovación

La lógica didáctica de la innovación se apoyó en tres principios. Primero, autenticidad: cada práctica se vinculó a una finalidad profesional explícita, de modo que el trabajo experimental no apareciera como mera ejecución de un guion. Segundo, cooperación estructurada: los equipos compartían la producción final y distribuían responsabilidades, con momentos de autoevaluación y coevaluación. Tercero, evaluación auténtica: los productos no se limitaron a un informe escrito tradicional, sino que incorporaron formatos coherentes con distintos usos sociales del conocimiento químico. Esta diversificación se concibió además como una medida de accesibilidad y participación, en consonancia con el Diseño Universal para el Aprendizaje (Vlachopoulos y Makri, 2024).

Como soporte común se utilizó un Padlet organizado por secciones, donde se alojaban guías visuales,

instrumentos de evaluación, ejemplos y productos finales. Este espacio actuó como repositorio y escaparate de aprendizaje, favoreciendo la visibilidad, la comparación entre pares y la retroalimentación continua.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Diseño e instrumentos

Se llevó a cabo un estudio de caso evaluativo de una innovación didáctica. El interés no fue comparar grupos ni estimar causalmente el efecto de la propuesta, sino documentar su lógica de diseño, su implementación y la respuesta del alumnado en un contexto real. La recogida de información combinó: a) heteroevaluación del desempeño en laboratorio y de los productos finales mediante rúbricas, escalas y listas de cotejo; b) autoevaluación y coevaluación con ítems Likert y preguntas abiertas; y c) un cuestionario final de valoración de la experiencia. La tasa de respuesta al cuestionario fue del 93,3 %.

Los instrumentos se revisaron manualmente para asegurar coherencia con los resultados de aprendizaje y con las prácticas científicas que se querían promover. El análisis se organizó en cuatro dimensiones: contextualización del aprendizaje, implicación activa, desarrollo de competencias transversales y valoración global de la secuencia. Las respuestas abiertas se sometieron a una lectura temática orientada a identificar fortalezas percibidas, tensiones de diseño y sugerencias de mejora. Conviene subrayar que esta comunicación no incorpora una medida pretest-postest ni un análisis sistemático de ganancias conceptuales; por tanto, sus conclusiones se limitan a la viabilidad, pertinencia y aceptación de la propuesta, no a su eficacia causal sobre el aprendizaje disciplinar.

Criterios de análisis

El análisis se centró en cuatro dimensiones: a) contextualización del aprendizaje; b) implicación activa; c) desarrollo de competencias transversales; y d) valoración global de la propuesta. En las preguntas abiertas se realizó una lectura temática orientada a identificar fortalezas percibidas, limitaciones y sugerencias de mejora. La tasa de respuesta al cuestionario final de 8 preguntas fue del 93,3 %, lo que permite considerar los resultados como representativos del conjunto participante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valoración global de la propuesta

Los resultados sobre el cuestionario de 8 preguntas indicaron una valoración claramente positiva de la innovación. El 82,1 % del alumnado consideró que la propuesta mejoró la contextualización de los contenidos y el mismo porcentaje afirmó que favoreció el desarrollo de competencias transversales. Además, el 76,8 % señaló que aumentó su implicación activa y el 75,0 % valoró que la diversidad de productos finales facilitó el aprendizaje. La claridad de las instrucciones y el acompañamiento docente obtuvieron un 89,3 % de acuerdo o mucho acuerdo, mientras que la valoración global alcanzó el 91,1 %. Finalmente, un 76,8 % expresó que le gustaría encontrar esta metodología en otras asignaturas. Para ilustrar gráficamente la distribución de respuestas, se incluye a continuación un gráfico de barras en la Figura 2.

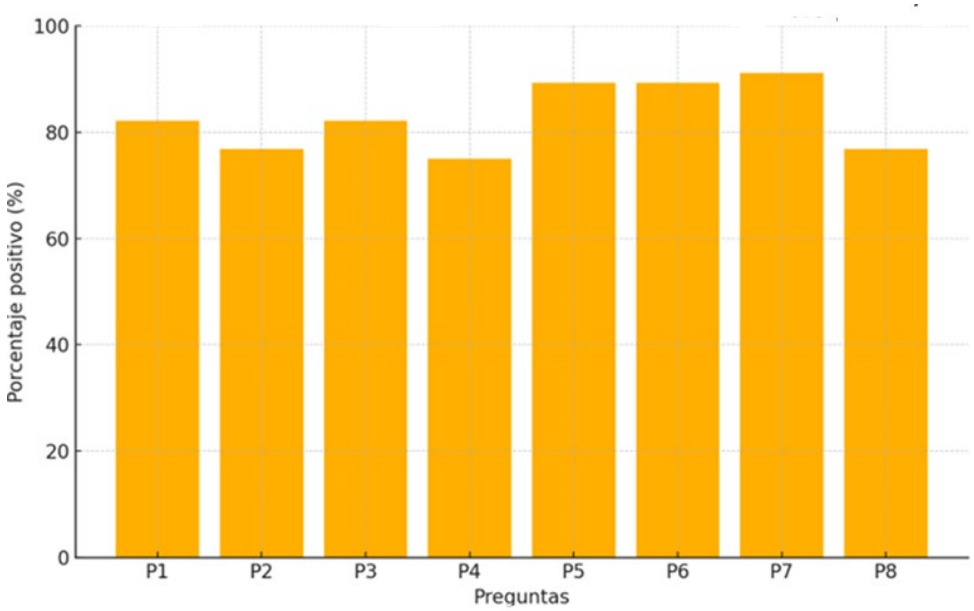


Figura 2. Valoración positiva de los estudiantes sobre la metodología Role-playing.

Estos datos sugieren que la innovación no solo fue bien aceptada, sino que respondió al problema didáctico de partida: convertir el laboratorio en un espacio de aprendizaje situado y no exclusivamente procedural. La mejora percibida en la contextualización es especialmente relevante, ya que el principal propósito de la intervención era vincular la práctica experimental con problemas de naturaleza profesional.

Aportes del análisis cualitativo

Las respuestas abiertas reforzaron esta interpretación. El alumnado destacó la autenticidad de los escenarios, la originalidad de la propuesta y la variedad de productos como factores que incrementaban el interés y evitaban la repetición entre sesiones. También valoró positivamente que la evaluación atendiera tanto al contenido científico como a la calidad comunicativa de los productos. El Padlet compartido fue percibido como un recurso útil para visualizar el trabajo del grupo-clase y aprender a partir de producciones ajenas.

Desde una perspectiva didáctica, estos resultados son coherentes con la literatura sobre aprendizaje cooperativo y role-playing: cuando el alumnado comprende el sentido de la tarea, percibe una finalidad externa al mero cumplimiento del protocolo y dispone de espacios de interacción estructurados, aumenta su compromiso y mejora la calidad de la participación (Craciun, 2010; Gillies, 2016). Asimismo, la diversidad de formatos producidos parece haber favorecido una evaluación más inclusiva y una mayor percepción de autonomía, en línea con los planteamientos del DUA (CAST, 2018).

Limitaciones y mejoras

El análisis cualitativo también identificó límites relevantes. El tiempo de dos horas por sesión se percibió como escaso para explicar el contexto, ejecutar la práctica y producir el producto final. Además, parte del alumnado consideró que la carga de trabajo no siempre se correspondía con la ponderación de la asignatura. Otra dificultad fue la coincidencia de algunas sesiones con periodos próximos a exámenes, lo que pudo afectar a la calidad final de ciertos productos.

Estas observaciones apuntan a posibles mejoras en futuras implementaciones: incorporar materiales previos en formato de aula invertida, reajustar la secuenciación temporal del bloque de laboratorio, explicitar mejor la relación entre carga y evaluación y reservar tiempos específicos para la comunicación

de resultados. En todo caso, las limitaciones detectadas no cuestionan la pertinencia de la propuesta, sino que ayudan a afinar su diseño.

CONCLUSIONES

El trabajo muestra que es posible diseñar e implementar una propuesta didáctica innovadora en laboratorio universitario que combine role-playing, aprendizaje cooperativo y recursos apoyados en IA con resultados positivos. La innovación permitió contextualizar contenidos, incrementar la implicación del alumnado y reforzar competencias transversales vinculadas a la comunicación científica, la cooperación y la toma de decisiones fundamentada.

La fortaleza principal del estudio reside en presentar una secuencia didáctica claramente definida, aplicada en un contexto real y evaluada mediante pruebas cuantitativas y cualitativas. Su transferibilidad a otras asignaturas experimentales de educación superior es elevada, siempre que se adapten los escenarios, los productos finales y la planificación temporal.

Como proyección futura, se propone profundizar en el análisis del impacto de cada tipo de producto sobre el aprendizaje disciplinar y comparar esta propuesta con otras modalidades de innovación en laboratorio. En suma, la experiencia aspira a contribuir no solo como innovación práctica, sino también como un caso de diseño didáctico susceptible de ser refinado y transferido a otros laboratorios universitarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajjawi, R., Tai, J., Dollinger, M., Dawson, P., Boud, D., & Bearman, M. (2023). From authentic assessment to authenticity in assessment: broadening perspectives. *Assessment & Evaluation in Higher Education, 49*(4), 499-510. https://doi.org/10.1080/02602938.2023.2271193

CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. CAST.

Craciun, D. (2010). Role-playing as a creative method in science education. *Journal of Science and Arts, 1*(12), 175-182.

Gillies, R. M. (2016). Cooperative learning: Review of research and practice. *Australian Journal of Teacher Education, 41*(3), 39-54. https://doi.org/10.14221/ajte.2016v41n3.3

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2019). Cooperative learning: The foundation for active learning. In S. M. Brito (Ed.), *Active learning—Beyond the future. IntechOpen*. https://doi.org/10.5772/intechopen.81086

Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2013). Universal design for learning: Theory and practice. *CAST Professional Publishing.*

Montoya-Durá, J. M., García-España, L., Soriano, M. D., Hangun-Balkir, Y., & Montoya-Durá, N. (2023). Artificial intelligence, ethics and climate change: A collaborative approach to sustainable innovation in education. *In AI* (pp. 63-71). Tirant lo Blanch.

Møgelvang, A., & Nyléhn, J. (2023). Co-operative learning in undergraduate mathematics and science education: A scoping review. *International Journal of Science and Mathematics Education, 21*(6), 1935-1959. https://doi.org/10.1007/s10763-022-10331-0

Petritis, S. J., Kelley, C., & Talanquer, V. (2022). Analysis of factors that affect the nature and quality of student laboratory argumentation. *Chemistry Education Research and Practice, 23*(1), 257-274. https://doi.org/10.1039/D1RP00298H

Sancho Fernández, M., García-Fayos, B., & Arnal Arnal, J. M. (2016). Análisis de la mejora del aprendizaje tras la incorporación de metodologías activas en sesiones prácticas de Química Orgánica. En *IN-RED 2016. Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Universitat Politècnica de València.

Vlachopoulos, D., & Makri, A. (2024). A systematic literature review on authentic assessment in higher education: Best practices for the development of 21st century skills, and policy considerations. *Studies in Educational Evaluation, 83*, 101425. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2024.101425

Xia, Q., Weng, X., Ouyang, F., Lin, T. J., & Chiu, T. K. F. (2024). A scoping review on how generative artificial intelligence transforms assessment in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*, 40. https://doi.org/10.1186/s41239-024-00468-z

Pensamiento computacional para aprender sobre epigenética en Educación Secundaria

Javier Guembe[1], *María Isabel Zudaire*[2], *María Napal*[2*]

[1] Máster Universitario de Profesorado de Educación Secundaria. Universidad Pública de Navarra (España)

[2] Departamento de Ciencias, Universidad Pública de Navarra, España

* Correspondencia: maria.napal@unavarra.es

RESUMEN: El conocimiento sobre genética del alumnado de Secundaria viene marcado por el determinismo genético y la complejidad de los mecanismos moleculares. El Pensamiento Computacional (PC) puede resultar de ayuda para aprender sobre temas complejos, multifactoriales y dinámicos. El objetivo de este trabajo es analizar cómo la introducción del PC, mediante la programación por bloques en Scratch del mecanismo de regulación epigenética de la expresión, facilita la modelización y la comprensión de estos conceptos. Se implementó una secuencia didáctica de cuatro sesiones con 85 alumnos y alumnas de 4.º de ESO que incluía una introducción teórica y la modelización autónoma de casos prácticos (genes supresores de tumores y oncogenes). Se obtuvieron evidencias de los esquemas previos, proyectos en Scratch y un cuestionario final. Los hallazgos muestran una eficacia notable en la asimilación conceptual: la mayoría del alumnado logró identificar la metilación como un mecanismo de silenciamiento reversible y superar visiones deterministas. El alumnado percibió la tecnología como algo motivador, y argumentó que "reconstruir" el funcionamiento del gen obligaba a una mayor atención conceptual y ayuda a profundizar en el conocimiento. Se concluye que el PC actúa como un andamio cognitivo que transforma la relación del estudiante con el contenido científico. La programación por bloques reduce las barreras técnicas, permitiendo que el foco se mantenga en la lógica del fenómeno biológico.

PALABRAS CLAVE: epigenética; Scratch; pensamiento computacional; Educación Secundaria

ABSTRACT: Secondary school students' knowledge of genetics is often characterized by genetic determinism and the complexity of molecular mechanisms. Computational Thinking (CT) can be helpful for learning about complex, multifactorial, and dynamic topics. The aim of this study is to analyze how introducing CT, through block-based programming in Scratch of the epigenetic regulation of gene expression, facilitates the modeling and understanding of these concepts. A four-session learning sequence was implemented with 85 fourth-year secondary school students. The intervention included a theoretical introduction and independent modeling of practical cases (tumor suppressor genes and oncogenes). Evidence was obtained from prior diagrams, Scratch projects, and a final questionnaire. The findings show remarkable effectiveness in conceptual assimilation: most students were able to identify methylation as a reversible silencing mechanism and overcome deterministic views. The students perceived the technology as motivating, arguing that "reconstructing" the gene's function required greater conceptual attention and helped deepen their understanding. It was concluded that the computer acts as a cognitive scaffold that transforms the student's relationship with scientific content. Block-based programming reduces technical barriers, allowing the focus to remain on the logic of the biological phenomenon.

KEYWORDS: epigenetics; Scratch; Computational Thinking; Secondary Education

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el campo de la epigenética se ha consolidado como un área importante de la investigación biológica con implicaciones para la salud humana, los estudios de evolución y la educación (Gericke & Mc Ewen, 2023). Se denomina epigenética al conjunto de mecanismos que regulan la expresión génica a través de modificaciones que no alteran la secuencia de ADN. Aunque la expresión

de los genes es un mecanismo que se explica en las asignaturas de Biología de secundaria, el modelo presentado en el aula es muy limitado, principalmente centrado en el Dogma Central de la Biología en 4º de la ESO, y en el conocimiento de algunos mecanismos reguladores clásicos como el Operon lac en 2º de Bachillerato. De hecho, la epigenética como saber básico solo está presente en el currículo en la asignatura optativa de Cultura Científica de 1º de Bachillerato, que no todos los centros educativos ofrecen.

Incorporar la epigenética a la enseñanza de la genética proporciona múltiples beneficios: En primer lugar, permite luchar contra el determinismo genético mostrando que los genes no funcionan de forma aislada, sino interactuando con factores ambientales internos y externos (Faraji & Metz, 2026). Además, permite mostrar en el aula el efecto a nivel molecular de algunos estilos de vida (mala alimentación, falta de ejercicio, tabaco, etc.), estrategia que puede ser más eficaz para promover un cambio actitudinal que la mera transmisión de mensajes generalistas del tipo "es malo para la salud".

Sin embargo, su enseñanza no está exenta de dificultades y obstáculos; una comprensión superficial de los procesos genéticos básicos, basada fundamentalmente en la memorización más que en la comprensión profunda, la complejidad de las interacciones que ocurren en múltiples niveles biológicos de organización (molecular-celular-tisular-fenotípico) (Thyberg et al., 2024) e incluso la falta de formación docente en esta área de conocimiento, son alguno de ellos.

Para ayudar a solventar esas dificultades de comprensión, la programación y el lenguaje computacional pueden resultar herramientas muy útiles para el aprendizaje.

De hecho, la programación, en tanto que involucra el Pensamiento Computacional (PC), alberga un gran potencial para ayudar a la comprensión de conceptos abstractos, mediante procesos de abstracción y descomposición orientados a la resolución de problemas. El hecho de programar exige descomponer la realidad (dividir problemas complejos en partes más pequeñas y manejables, permitiendo resolver cada componente por separado antes de integrarlos en una solución completa), mediante la abstracción (que permite centrar la atención en elementos fundamentales) y el reconocimiento de patrones (o identificación de regularidades). Además de recoger, analizar y representar datos (para la obtención de información relevante), el PC implica la creación de algoritmos (instrucciones secuenciales o lógicas), que implica ordenar las secuencias, priorizar las acciones esenciales, con el fin de poder generalizarlas (o aplicar soluciones y estrategias a situaciones nuevas) y diseñar algoritmos (Ezeamuzie & Leung, 2022). Durante este proceso de síntesis, el programador se ve obligado a identificar las relaciones clave y las jerarquías que rigen un sistema, lo que fomenta un análisis profundo de la estructura de los datos, facilitando una visión clara de cómo interactúan las partes de un constructo entre sí.

Llevar estos principios a la práctica educativa no requiere del uso de tecnologías avanzadas. Del mismo modo que Sigmund Papert diseñó LOGO para hacer la programación accesible desde las primeras edades, programas como Scratch (o similares de programación por bloques) se presentan como una alternativa ideal para democratizar el acceso al pensamiento computacional. Al eliminar la barrera técnica de la sintaxis compleja y los errores de escritura, estas interfaces permiten que el usuario se concentre exclusivamente en la resolución de problemas y en la lógica del contenido (Fagerlund et al., 2021).

De hecho, ya existen trabajos previos que han intentado aplicar la programación a la comprensión de procesos biológicos complejos, como la propia epigenética (Fussero et al., 2025).

Objetivos

Considerando todo lo anterior, el objetivo de este trabajo es analizar el efecto de la introducción del PC, en el contexto de una secuencia de programación con Scratch, en la comprensión de un tema complejo como es la epigenética.

Los objetivos específicos del trabajo son:

- Generar una situación didáctica que implica la modelización con Scratch de un caso práctico de regulación de la expresión genética.

- Verificar la adquisición de conceptos sobre regulación epigenética de la expresión genética.
- Analizar la contribución relativa al aprendizaje de la aplicación de la tecnología.

METODOLOGÍA

Contexto y participantes

El grupo participante estaba formado por 3 clases de 4º de la ESO, en total de 85 alumnos/as. El trabajo se realizó en grupos de 3 o 4 personas. La intervención se llevó a cabo tras la impartición de los temas de estructura de ARN y ADN, expresión génica, código genético, mutación, replicación y traducción. Por otro lado, el alumnado tenía nociones básicas de Scratch ya que habían trabajado con esta herramienta alguna vez anteriormente.

Diseño de la propuesta

La intervención consistió en 4 sesiones destinadas a introducir conceptos sobre epigenética y al estudio y modelización de dos casos prácticos, uno en común, a modo de ejemplo (sesión 2), y otro de forma autónoma (sesión 3). La sesión 4 se destinó a la evaluación.

El caso de ejemplo planteado se basó en el gen *GLUT4*, que codifica una proteína de membrana implicada en la captación de azúcar. El ejercicio físico provoca la acetilación de las histonas, promoviendo la expresión y por tanto aumentando la captación. Lo contrario mantiene niveles elevados de glucosa, aumentando el riesgo de diabetes.

Los casos planteados para el estudio incluían tres genes con mecanismos conocidos de regulación epigenética de la expresión: dos genes supresores de tumores (*P16* y *RASSF1A*, donde la metilación inactiva el supresor, favoreciendo la aparición de tumores) y un oncogén (*MAGE*, cuya expresión se ve favorecida por la desmetilación). Los grupos recibieron una ficha con la información básica sobre el gen (mecanismo de regulación), y un andamiaje para guiar la creación del programa.

Instrumentos de investigación

El cumplimiento de los objetivos del trabajo se evaluó por medio de tres instrumentos (Tabla 2):

Tabla 2. Instrumentos de evaluación

ELEMENTO	INSTRUMENTO	CRITERIOS
Modelo del mecanismo de acción del gen	Esquema previo (grupal)	Lista de cotejo, incluyendo: Presencia de las 4 fases: hábito, metilación, expresión y fenotipo Presencia de ambas circunstancias (activación y supresión) Inclusión de elementos de programación dentro del esquema (indicación de la sintaxis o bloques lógicos a programar)
Capacidad de reflejar en código el mecanismo de acción del gen	Proyecto en la plataforma Scratch (grupal)	Listas de cotejo para evaluar la representación del mecanismo coherente con el boceto y los elementos de programación (condicionales, variables…)
Aprendizaje de conceptos claves de genética	Cuestionario	Preguntas de opción múltiple (n=5)
Impresiones sobre rol de la tecnología en el proceso de aprendizaje		Preguntas abiertas (n= 1) y escala Likert (n=2)

RESULTADOS PRELIMINARES

Modelo sobre el mecanismo de acción del gen

21 de los 22 grupos entregaron los esquemas previos (Figura 1). 17 esquemas incluyeron la secuencia relativa al buen hábito, de los cuales 9 esquemas contuvieron la secuencia lógica completa con los 4 elementos (hábitos, expresión, metilación, fenotipo; Figura 2a). 20 esquemas incluyeron la secuencia relacionada con el mal hábito, de los cuales 9 contienen la secuencia lógica (Figura 2b). Existe una mayor predisposición del alumnado a asociar la epigenética con procesos negativos (20 frente a 17).

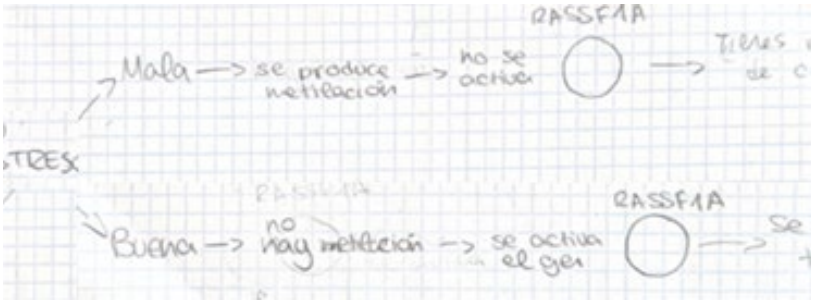


Figura 1. Ejemplo de un esquema que contiene la secuencia completa

Partiendo de los distintos bocetos que mencionaron los hábitos se observó una progresiva reducción en el número de esquemas que incorporaban conceptos relacionados con la regulación (expresión) o con los mecanismos moleculares que la determinan (metilación). Hay además un pequeño grupo que no relaciona la expresión fenotípica con la regulación de la expresión genética (Figura 2).

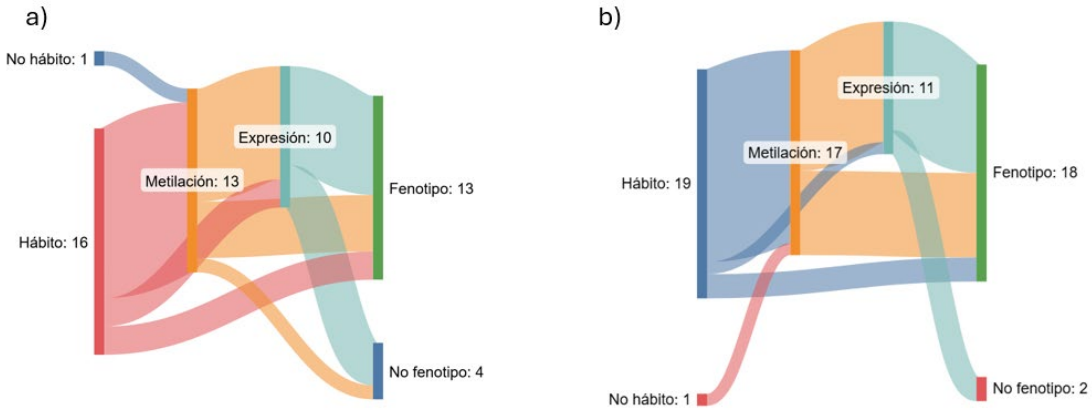


Figura 2. Diagrama de flujo relativo a los 4 elementos del modelo. a) Buen hábito. b) Mal hábito.

Todos los grupos, siguiendo la plantilla proporcionada, construyeron programas en los que la intensidad del hábito se traslada a un nivel de metilación del gen que, a su vez, resulta en un determinado fenotipo (o riesgo de desarrollarlo).

Impacto de la secuencia sobre el aprendizaje

La intervención ha demostrado una eficacia notable en cuanto a la asimilación de los conceptos teóricos. Los resultados indican que el alumnado ha superado el determinismo genético y ha comprendido la posibilidad de que la expresión genética puede ser modificada por el ambiente. El uso de analogías como los "post-its", como referencia a los cambios epigenéticos, utilizada en la sesión 1 ha sido fundamental

para que el alumnado identificara la epigenética como una capa externa que no altera la secuencia de bases del ADN.

Se ha observado una gran capacidad para identificar la metilación como mecanismo de silenciamiento reversible y, aunque se detectan dudas a la hora de diferenciar las mutaciones permanentes de cambios epigenéticos, la mayoría de los alumnos diferencian de manera correcta los cambios en la secuencia del ADN y las marcas químicas que van a actuar como "interruptores". En general se ha integrado la idea de que los hábitos (dieta, ejercicio, estrés…) tienen un impacto en la expresión génica (Figura 3).

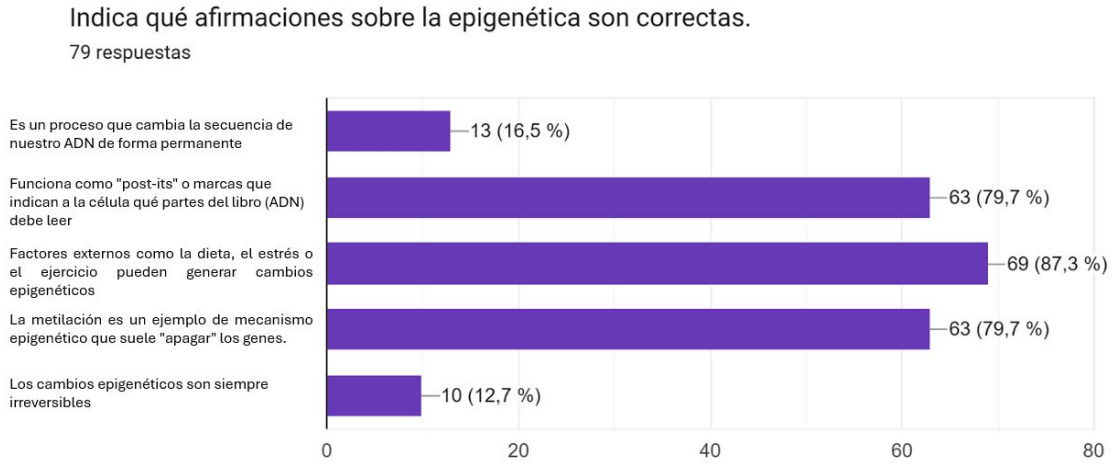


Figura 3. Evaluación del conocimiento conceptual sobre la epigenética.

Percepción del alumnado

La respuesta del alumnado hacia el uso de herramientas de programación en el aula ha sido muy positiva. Esta metodología se ha percibido más motivadora que las clases convencionales en el aula y así se ha visto reflejado en el hecho de que el 63,4% del alumnado manifieste haber tenido más o mucho más interés que en una clase convencional. El uso de Scratch no se ha percibido como un impedimento (2,5%) sino como una solución que facilita el aprendizaje; el hecho de tener que "construir" el funcionamiento del gen obliga a prestar más atención a los conceptos biológicos (98,7%), lo que permite una mejor comprensión de estos.

A pesar de que la programación y el concepto biológico supusieran un desafío, el 40,5% del alumnado afirmó ser capaz de realizarlo sin problemas y el 55,7% se sintió capaz de resolver los casos gracias a la ayuda de sus compañeros y compañeras. Un 64,6% declaró preferir entornos que combinen la teoría, casos reales y la programación de estos, considerándolos herramientas eficaces para el aprendizaje. Esta percepción común mostró una alta predisposición a repetir este tipo de actividades (78,5%), validando el pensamiento computacional como un aliado en la enseñanza en secundaria.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados recabados permiten afirmar que el uso del pensamiento computacional unido a la modelización de un caso real resulta motivador, interesante y ayuda a un aprendizaje más profundo. La clave no parece estar en la introducción de la tecnología *per se*, sino en su uso integrado y contextualizado en el estudio de un caso concreto real. De hecho, el alumnado dijo preferir los diseños que integraban ambas tecnologías, y no cada una de ellas por separado.

En última instancia, esta integración sugiere que el PC no solo funciona como una herramienta de soporte técnico, sino como un andamio cognitivo que transforma la relación del estudiante con el contenido científico. Al "traducir" procesos biológicos a algoritmos, el alumnado se ve obligado a

realizar una re-codificación del conocimiento, lo que fomenta una comprensión sistémica que va más allá de la memorización (Sengupta et al., 2013). Esta capacidad de modelización abre la puerta a una transferencia de competencias transversales, donde la lógica de programación se convierte en una nueva forma de alfabetización para entender y desglosar la complejidad del mundo natural.

Lo limitado de la intervención, de la evaluación del impacto y del tamaño de la muestra no permite establecer conclusiones categóricas. Sin embargo, parece razonable concluir que, en nuestro contexto, la tecnología no parece suponer una barrera ni un obstáculo para el aprendizaje. Esto confirma la validez de soluciones tecnológicas que, como Scratch u otros entornos de programación por bloques, están construidos para reducir las barreras de acceso (Resnick et al., 2009). Futuras líneas de investigación deberían verificar estos resultados preliminares en muestras más amplias y contextos diversos, así como analizar qué tipo de contenidos biológicos resultan más beneficiados por este tipo de aproximaciones, que integran el PC para la descomposición, jerarquización y organización de los conceptos clave.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ezeamuzie & Leung. (2022). Computational Thinking Through an Empirical Lens: A Systematic Review of Literature. *Journal of Educational Computing Research*, *60*(2). https://doi.org/10.1177/07356331211033158

Fagerlund, J., Häkkinen, P., Vesisenaho, M., & Viiri, J. (2021). Computational thinking in programming with Scratch in primary schools: A systematic review. *Computer Applications in Engineering Education*, *29*(1), 12-28. https://doi.org/10.1002/cae.22255

Faraji, J., & Metz, G. A. S. (2026). Environmental epigenetics: New horizons in redefining biological and health outcomes. *Environment International*, *208*, 110072. https://doi.org/10.1016/j.envint.2026.110072

Fussero, García, L., & Ocelli, M. (2025). Aprender epigenética y prácticas científicas programando con JavaScript. En *XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025: Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: Desafíos y necesidades de la sociedad democrática.* (pp. 247-250).

Gericke, N., & Mc Ewen, B. (2023). Defining Epigenetic Literacy: How to Integrate Epigenetics into the Biology Curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, *60*(10), 2216-2254. ERIC (2901458433; EJ1401534). https://doi.org/10.1002/tea.21856

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. Communications of the ACM, 52(11), 60–67. https://doi.org/10.1145/1592761.1592779

Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A learning performances perspective. *Science Education*, *97*(3), 451–480. https://doi.org/10.1002/sce.21070

Thyberg, A., Schönborn, K., & Gericke, N. (2024). Investigating students' meaning-making of multiple visual representations of epigenetics at different levels of biological organisation. *International Journal of Science Education*, *46*(14), 1405-1431. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2289175

Estudio exploratorio sobre la integración de "GeoGuessr" en el aula de ciencias para el desarrollo del pensamiento algorítmico en profesorado de secundaria en formación

Yolanda González Castanedo[1], Alejandro Carlos Campina López[1], Raquel Romero Fernández[1], Mireia Illescas Navarro[2], Yolanda García Marín[3], Sergio Sampedro Martín[2]

[1]Universidad de Huelva-COIDESO, [2]Universidad de Sevilla-COIDESO, [3]Universidad de Huelva

*Correspondencia: yolanda.gonzalez@ddcc.uhu.es

RESUMEN: Este estudio exploratorio analiza el desarrollo del pensamiento algorítmico en futuros docentes de ciencias. Participaron 30 estudiantes del Máster de Profesorado de Secundaria (MAES), distribuidos en 15 parejas de las especialidades de Biología y Geología (10 parejas) y Física y Química (5 parejas). Los estudiantes realizaron una tarea formativa con "GeoGuessr", juego en línea cuyo objetivo es adivinar en qué parte del mundo estás. El alumnado elaboró protocolos de resolución que fueron analizados mediante una rúbrica específica de pensamiento algorítmico con cuatro niveles. Los resultados muestran que la mayoría de los estudiantes alcanzó el nivel 3 con una secuenciación clara y operativa. Se observó una mayor complejidad algorítmica en los estudiantes de Biología y Geología frente a los de Física y Química. Los protocolos de los estudiantes de Física y Química, aunque igualmente claros, resultaron más lineales y se apoyaron en menor medida en variables del entorno. Se concluye que "GeoGuessr" constituye un recurso con gran potencial para trabajar el pensamiento algorítmico y el conocimiento científico en la formación docente, si bien resulta necesario profundizar en la incorporación de estructuras condicionales que permitan una mayor adaptabilidad en los procesos de resolución.

PALABRAS CLAVE: pensamiento computacional; pensamiento algorítmico; gamificación; formación inicial del profesorado; educación secundaria.

ABSTRACT: This exploratory study examines the development of algorithmic thinking among trainee science teachers. Thirty students from the Master's Degree in Secondary Education (MAES in Spanish) took part, divided into 15 pairs specialising in Biology and Geology (10 pairs) and Physics and Chemistry (5 pairs). The students completed a formative task using "GeoGuessr", an online game in which the aim is to guess where in the world you are. The students developed problem-solving protocols which were analysed using a specific four-level algorithmic thinking rubric. The results show that the majority of students reached level 3 with clear and effective sequencing. Greater algorithmic complexity was observed among Biology and Geology students compared to those in Physics and Chemistry. The protocols of the Physics and Chemistry students, although equally clear, were more linear and relied to a lesser extent on environmental variables. It is concluded that "GeoGuessr" is a resource with great potential for developing algorithmic thinking and scientific knowledge in teacher training, although further work is needed on incorporating conditional structures to allow for greater adaptability in problem-solving processes.

KEYWORDS: computational thinking; algorithmic thinking; gamification; teacher education; secondary education.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el pensamiento computacional se ha consolidado como una competencia fundamental para formar a ciudadanos en el siglo XXI, no solamente para los profesionales de la informática, sino para todos los ciudadanos, con la finalidad de adquirir un conjunto de habilidades

transversales útiles y eficaces (Bocconi et al., 2022; Wing, 2006). De hecho, este tipo de enfoque ha sido incorporado de manera progresiva en los currículos de educación obligatoria en muchos países europeos, haciendo hincapié en la integración de conceptos básicos de informática desde etapas tempranas (Bocconi et al., 2022; Wing, 2017).

Dentro de los procesos que forman parte del pensamiento computacional en ciencias, el pensamiento algorítmico es entendido como la capacidad de pensar en términos de secuencias y reglas como forma de resolver problemas o comprender situaciones (Csizmadia et al., 2015).

En este sentido, la resolución de problemas constituye una práctica fundamental en las aulas, donde el estudiante actúa creando y siguiendo procedimientos meticulosos para alcanzar una solución, convirtiéndose así en un pensador algorítmico (Bocconi et al., 2022; Ortega-Ruipérez, 2020). En este contexto, la gamificación emerge como una estrategia didáctica que posee un potencial significativo para el desarrollo del pensamiento computacional. Diversos estudios han demostrado que los juegos y las actividades lúdicas y dinámicas pueden constituir entornos privilegiados para la adquisición de conceptos computacionales, tanto en edades tempranas como en la formación inicial del profesorado (Cordenonzi & Del Pino, 2021; Ortega-Ruipérez, 2020).

Con la finalidad de desarrollar estas habilidades en la formación inicial del profesorado, es de vital importancia diseñar entornos de aprendizaje que combinen metodologías activas y contextualizadas. En esta línea, el enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), se presenta como un enfoque idóneo para fomentar el pensamiento computacional, la resolución de problemas y la creatividad de los estudiantes, adquiriendo no solo las competencias técnicas, sino también las disposiciones y la confianza necesarias para implementarlas en su práctica docente (Campina-López et al., 2023).

En consecuencia, el objetivo de este estudio exploratorio es analizar el desempeño de los estudiantes del Máster de Profesorado de Secundaria (MAES) al enfrentarse a una tarea de resolución de problemas utilizando "GeoGuessr" como recurso, con la finalidad de observar si su protocolo de resolución evidencia la formulación de una secuencia lógica y clara, desarrollando su pensamiento algorítmico. Así como, analizar los elementos antrópicos o naturales que el alumnado utiliza para interpretar el entorno.

MATERIALES Y MÉTODO

Participantes y contexto

La muestra no probabilística, de conveniencia, está formada por 30 participantes de la asignatura Enseñanza y aprendizaje de las especialidades de Biología y Geología y Física y Química del MAES. Se llevó a cabo una tarea formativa con el juego online "GeoGuessr" que pone a prueba el conocimiento geográfico y la capacidad de observación del alumnado. El juego sitúa al usuario en un lugar aleatorio del mundo usando imágenes tipo Google Street View donde puede moverse por el entorno. El objetivo del juego es averiguar el lugar del mapa donde se encuentra, interpretando el entorno.

Durante la tarea formativa el alumnado juega en pareja diferentes rondas. Un miembro de cada equipo anota en una ficha la descripción del proceso de búsqueda, al mismo tiempo que el otro miembro del equipo juega, cambiándose de roles en cada ronda. Para cada una de ellas, se recoge la siguiente información: ¿qué hago?, ¿por qué lo hago? y ¿en qué elementos y fenómenos naturales, sociales, culturales, económicos, patrimoniales, etc. me fijo?. Como producto final, a partir de sus anotaciones, cada pareja realiza un protocolo en el que detalla la estrategia que han ido diseñando y perfeccionando para conocer en qué lugar del mapa se encuentra.

Instrumentos y análisis de datos

Para el análisis de la propuesta se empleó una rúbrica adaptada de Ortega-Ruipérez (2020), cuyo objetivo principal es analizar si el protocolo de los estudiantes formula una secuencia lógica y limitada de acciones para resolver la tarea (Tabla 1). Dicha rúbrica fue sometida a un juicio de expertos, para consensuar la versión definitiva que contiene todas las aportaciones realizadas.

La rúbrica se organiza en cuatro niveles de desempeño para evaluar el pensamiento algorítmico a través de la tarea de localización en "GeoGuessr". Los niveles progresan desde un protocolo sencillo e irreproducible (nivel 1), pasando por una secuencia lineal básica de acciones (nivel 2), hasta una secuencia clara y operativa que permite llegar a una hipótesis (nivel 3), logrando el nivel máximo cuando el protocolo incorpora decisiones, bifurcaciones o subrutinas que se van modificando según el contexto (nivel 4). Cada uno de estos niveles están asociados a un descriptor operativo, a una evidencia mínima y a ejemplos interpretativos, lo que nos facilitará el análisis de los protocolos libres del alumnado.

Tabla 1. Rúbrica de análisis del pensamiento algorítmico para el protocolo elaborado durante la tarea formativa.

NIVEL	DESCRIPTOR OPERATIVO	EVIDENCIA MÍNIMA PARA ASIGNARLO	EJEMPLO INTERPRETATIVO
1	El protocolo no ofrece una secuencia reproducible; solo hay etiquetas generales o acciones demasiado vagas.	Se asigna cuando la respuesta no permite reconstruir bien qué hizo el alumnado para localizarse. Puede haber palabras como observación, análisis o búsqueda, pero no un procedimiento claro que otro pudiera seguir.	"observación / análisis / marcar"
2	El protocolo ofrece una secuencia lineal básica de pasos.	Se asigna cuando la respuesta presenta varios pasos en un orden sencillo. Hay una secuencia básica de acciones, aunque todavía es lineal y poco desarrollada.	"observar, moverse, buscar carteles, marcar"
3	El protocolo ofrece una secuencia clara, operativa y útil para llegar a una hipótesis.	Se asigna cuando la respuesta presenta una secuencia clara de pasos que sí permite entender cómo se pasó de observar el entorno a acotar una localización y tomar una decisión final.	"buscar información, acotar, decidir"
4	El protocolo incluye decisiones, bifurcaciones o subrutinas.	Se asigna cuando la respuesta, además de tener pasos claros, cambia de estrategia según lo que va encontrando. Por ejemplo, si dice qué hacer cuando hay una pista determinada y qué hacer cuando esa pista no aparece.	"si hay cartel hago esto; si no, hago otra cosa"

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describen los principales resultados obtenidos del análisis del protocolo de búsqueda elaborado por el alumnado durante la tarea formativa tras aplicar la rúbrica mostrada anteriormente.

Desde una perspectiva general, los resultados muestran que ningún grupo se situó en el nivel 1, lo que indica que todos los estudiantes fueron capaces de presentar, al menos, una secuencia básica de acciones. El nivel 2, correspondiente a una secuencia lineal básica, fue alcanzado por el 40% del alumnado. En estos protocolos se observa una lista ordenada de pasos, pero de forma sencilla y sin desarrollar estrategias alternativas. Por ejemplo, la pareja 1 de la especialidad Biología y Geología describió su proceso como "Mirar a mi alrededor para buscar algún cartel, observar el clima, la vegetación y sus características, vehículos y matrículas, edificios y personas", reflejando una estructura lineal que no contempla variaciones en función de lo que se encuentra en el entorno.

El nivel 3, que supone una secuencia clara, operativa y útil para llegar a una hipótesis, fue el más frecuente, alcanzando el 46,7% del futuro profesorado de secundaria. Estos protocolos presentan una estructura más elaborada que permite comprender cómo fue el procedimiento, desde la observación inicial hasta la toma de decisiones final. Un ejemplo representativo es el de la pareja 4 de la especialidad

Física y Química, que señaló: "observo y busco carteles, avanzo para buscar información (coches, letreros…), si no hay, observo vegetación y los paisajes, y, por último, marco el lugar". En este caso, los pasos se articulan de manera lógica y funcional, evidenciando un proceso de razonamiento ordenado.

El nivel 4, caracterizado por la inclusión de decisiones, bifurcaciones o subrutinas, fue alcanzado por el 13,3%. Estos protocolos destacan porque los estudiantes adaptan su estrategia según la información disponible en cada momento. Un ejemplo representativo es el de la pareja 6 de Biología y Geología, que explicó: "Si vemos carteles o señales de tráfico, nos fijamos en cómo son: si son europeas o distintas, quizá si están en otro idioma". Asimismo, la pareja 4 de la misma especialidad diferenciaba explícitamente su procedimiento según el entorno fuera natural o urbano, lo que evidencia una capacidad para construir algoritmos condicionados en función de las características del entorno. En cuanto a las diferencias por especialidad (Figura 1), se observó una tendencia a una mayor complejidad algorítmica entre los estudiantes de Biología y Geología. En concreto, el 90% de los futuros docentes de esta especialidad alcanzaron los niveles 3 o 4, mientras que en Física y Química este porcentaje fue del 60%.

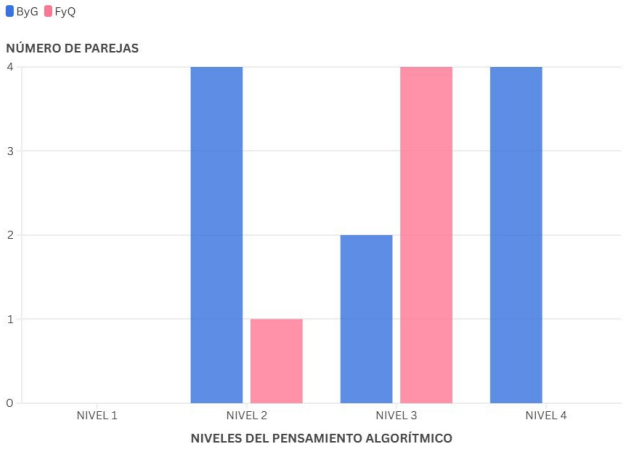


Figura 1. Distribución de los diferentes niveles de desempeño por especialidad.

Los grupos de Biología y Geología mostraron una mayor tendencia a incorporar elementos naturales como el clima, la vegetación o la geomorfología en sus protocolos, así como elementos antrópicos como carteles, elementos culturales, rasgos físicos o el idioma, lo que les permitió estructurar secuencias más ricas y, en algunos casos, introducir bifurcaciones basadas en el tipo de entorno. Por el contrario, los protocolos de los estudiantes de Física y Química, aunque igualmente claros, resultaron más lineales y se apoyaron en menor medida en variables del entorno para introducir alternativas en su procedimiento.

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados de este estudio exploratorio parecen mostrar que el profesorado de secundaria en formación inicial utiliza la construcción de secuencias lógicas para la resolución de problemas, en concreto, para averiguar su localización a partir de la interpretación del entorno. Sin embargo, se identifica una oportunidad de mejora en el desarrollo de procesos de pensamiento algorítmico más complejos, a partir de un mayor conocimiento científico del entorno que permita una mayor flexibilidad en la toma de decisiones.

La integración en la formación inicial de tareas formativas que impliquen el desarrollo del pensamiento algorítmico, como la desarrollada con "GeoGuessr" resultan necesarias, ya que permiten conectar de manera lúdica y significativa los procesos de pensamiento computacional con contenidos disciplinares y con el desarrollo de competencias didácticas (Nuzzaci, 2024). En esta línea, se sugiere que el uso de recursos de gamificación puede contribuir a mejorar la motivación del alumnado, favoreciendo una mayor participación e implicación en las tareas, así como el desarrollo de competencias profesionales en la formación del profesorado (Gómez-Carrasco et al., 2020) y favorecen el desarrollo del pensamiento computacional y algorítmico mediante problemas breves, desafiantes y con feedback inmediato (Wang et al., 2023).

AGRADECIMIENTOS Y FINANCIACIÓN

Este trabajo está desarrollado al amparo del grupo de investigación DESYM (HUM 168) y el centro de investigación COIDESO. Se enmarca en el Proyecto "Diseño e implementación de tareas para la construcción de conocimiento especializado integrado en la formación inicial docente a través de la inmersión en el entorno", de la Convocatoria de Proyectos de Innovación Docente e Investigación Educativa 2025/2026 de la Universidad de Huelva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bocconi, S., Chioccariello, A., Kampylis, P., Dagienė, V., Wastiau, P., Engelhardt, K., Earp, J., Horvath, M. A., Jasutė, E., Malagoli, C., Masiulionytė-Dagienė, V., & Stupurienė, G. (2022). *Reviewing computational thinking in compulsory education: State of play and practices from computing education*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/126955

Campina-López, A. C., Lorca-Marín, A. A., & de las Heras Pérez, M. Á. (2023). Análisis para la implementación conjunta de metodologías para el desarrollo de la investigación y la resolución de problemas en las aulas de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica, 7*(1), 75-91. https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.1.9493

Cordenonzi, W. H., & Del Pino, J. C. (2021). Método de evaluación del pensamiento computacional y alfabetización en código. *Praxis & Saber, 12*(31), e11750. https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11750

Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). *Computational thinking: A guide for teachers*. Computing At School. https://community.computingatschool.org.uk/resources/2324

Gómez-Carrasco, C. J., Monteagudo-Fernández, J., Moreno-Vera, J. R., & Sainz-Gómez, M. (2020). Evaluation of a gamification and flipped-classroom program used in teacher training: Perception of learning and outcome. *PLOS ONE, 15*(7), e0236083. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236083

Nuzzaci, A. (2024). Incorporating Computational Thinking into Education: From Teacher Training to Student Mastery. *Journal of Education and Training*, *11*, 70. https://doi.org/10.5296/jet.v11i2.21942

Ortega-Ruipérez, B. (2020). Pedagogía del Pensamiento Computacional desde la Psicología: Un Pensamiento para Resolver Problemas. Cuestiones pedagógicas. *Revista de Ciencias de la Educación, 2*(29), 130-144. https://doi.org/10.12795/CP.2020.i29.v2.10

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), 33-35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

Wing, J. M. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology, 25*(2), 7-14. https://doi.org/10.17471/2499-4324/922

Wang, X., Cheng, M., & Li, X. (2023). Teaching and learning computational thinking through game-based learning: A systematic review. *Journal of Educational Computing Research, 61*(7), 1505–1536. https://doi.org/10.1177/073563312311809

Intervención educativa STEAM a través de realidad aumentada: efectos sobre la emoción, implicación y motivación de docentes en formación

Ana Isabel Montero-Izquierdo [1], Jin Su Jeong [2] y David González-Gómez [3]*

[1] Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España.

[2] Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España.

[3] Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España.

* Correspondencia: ana_montero@unex.es

RESUMEN: El creciente interés por metodologías activas apoyadas en tecnologías emergentes justifica la necesidad de explorar cómo herramientas innovadoras pueden transformar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas. Este estudio analiza una intervención educativa basada en un enfoque STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics), apoyado en realidad aumentada (RA), con el objetivo de evaluar su impacto en las emociones, la implicación y la motivación del alumnado durante la enseñanza-aprendizaje de contenidos de ciencias y matemáticas. En este estudio participaron 45 maestros en formación, matriculados en el Grado en Educación Primaria. Los participantes completaron cuestionarios antes y después de la intervención. Los resultados evidencian un incremento significativo de emociones positivas y correlaciones favorables entre entusiasmo, implicación y motivación. Estos resultados sugieren que la incorporación de estrategias innovadoras y enfoques interdisciplinares STEAM, apoyados en la realidad aumentada, contribuyen a mejorar estas variables las cuales tienen una implicación en el aprendizaje de ciencias y matemáticas al fortalecer procesos cognitivos como la atención, la memoria de trabajo, y la resolución de problemas.

PALABRAS CLAVE: enseñanza de las ciencias; enseñanza de las matemáticas; educación STEAM; emoción; motivación; realidad aumentada (RA).

ABSTRACT: The growing interest in active methodologies supported by emerging technologies underscores the need to explore how innovative tools can transform the teaching and learning of science and mathematics. This study analyzes an educational intervention based on a STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) approach, supported by augmented reality (AR), with the aim of evaluating its impact on students' emotions, engagement, and motivation during the teaching and learning of science and mathematics content. Forty-five pre-service teachers enrolled in the bachelor's degree in Primary Education participated in this study. The participants completed questionnaires before and after the intervention. The results show a significant increase in positive emotions and favorable correlations between enthusiasm, engagement, and motivation. These results suggest that the incorporation of innovative strategies and interdisciplinary STEAM approaches, supported by augmented reality, contribute to improving these variables, which have an impact on science and mathematics learning by strengthening cognitive processes such as attention, working memory, and problem-solving.

KEYWORDS: science education; mathematics education; STEAM education; emotion; motivation; augmented reality (AR).

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha investigado ampliamente el potencial del enfoque educativo STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics), ya que fomenta el aprendizaje interdisciplinario en ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas. Este enfoque surgió de la necesidad de ayudar a comprender las conexiones entre diferentes asignaturas (Al-Mutawah et al., 2022; Hong, 2017). Además,

dicho enfoque permite el diseño de propuestas pedagógicas orientadas no solo a la asimilación de contenidos científicos, sino también al desarrollo de competencias esenciales para el siglo XXI (Steele & Ashworth, 2018). En la actualidad, la adquisición de conocimientos por parte del estudiante resulta insuficiente; por lo que surge la necesidad de diseñar experiencias de aprendizaje que fomenten a su vez el desarrollo de sus competencias y habilidades. Además, las asignaturas de ciencias y matemáticas han sido enseñadas siempre como disciplinas separadas (Quigley & Herro, 2016; Breiner et al., 2012). No obstante, en la actualidad los planes de estudio globalmente se inclinan hacia la incorporación de enfoques educativos interdisciplinarios. Por otro lado, la realidad aumentada (RA), se ha introducido en el ámbito educativo, y se están llevando a cabo investigaciones sobre sus efectos en los estudiantes. La aplicación de la RA puede transformar las estrategias educativas al establecer un entorno fácil de usar donde los objetos virtuales y reales interactúan, facilitando la comprensión de conceptos abstractos (Shamsudin & Talib, 2023; Volioti et al., 2023). Además, algunas investigaciones señalan que la introducción de la RA en las sesiones de clase despertó el interés de los estudiantes en STEAM (Hsu et al., 2017; Shamsudin & Talib, 2023). La aplicación de la tecnología de RA puede mejorar los métodos de enseñanza-aprendizaje al hacer que el aprendizaje sea más atractivo, simplificar ideas difíciles, fomentar el aprendizaje activo y mejorar la motivación de los estudiantes (Estapa & Nadolny, 2015; Garzón et al., 2019; Hsu et al., 2017) y el compromiso con las matemáticas (Estapa & Nadolny, 2015; Volioti et al., 2023). Estos hallazgos sugieren que la RA tiene el potencial de mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Además, los métodos de los estudiantes para estudiar y aplicar materias interdisciplinarias están cambiando con la incorporación de prototipos 3D que pueden aplicarse al enfoque STEAM. Incluir actividades de diseño 3D permite experiencias STEAM integradas para estudiantes en aulas de matemáticas (Ng, 2017). Además, al facilitar el aprendizaje práctico basado en proyectos, herramientas como Tinkercad ayudan a los estudiantes a obtener una comprensión más profunda de los conceptos científicos y matemáticos mediante su aplicación en el mundo real (Barbosa et al., 2024). Según la literatura, se necesita más investigación sobre la aplicación de la RA en materias STEAM en entornos de educación superior (Mystakidis et al., 2022). Además, dada la importancia de la emoción, la motivación y la implicación en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, es apropiado analizar su influencia. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue analizar el impacto de la intervención STEAM utilizando RA sobre la emoción, el compromiso y la motivación de aprendizaje de los estudiantes.

METODOLOGÍA

Un total de 45 estudiantes matriculados en el Grado en Educación Primaria participaron en este estudio. La participación fue voluntaria y las respuestas se recogieron de forma anónima. Asimismo, los participantes fueron informados sobre los objetivos y procedimientos de la investigación, siguiendo el protocolo establecido por el comité de bioética de la universidad para este estudio (protocolo 77/2023). En cuanto al género de la muestra, el 40% de los participantes son hombres, mientras que el 60% son mujeres. La edad media de los participantes era de 20,02 años. La mayoría de los participantes tenían formación académica en ciencias sociales (70%), ciencias (23%) y tecnología (7%).

El estudio se enmarca en un diseño de investigación cuantitativo, concretamente en un diseño cuasi-experimental de tipo pre–postest con un único grupo. El instrumento utilizado fue un cuestionario online con respuestas de una escala Likert de 5 puntos, que contenía 11 ítems, 7 relacionados con las emociones que les suscita la realización de la intervención y 4 ítems sobre el compromiso y la motivación para aprender usando RA para aprender conceptos matemáticos (Tabla 1). El cuestionario de emociones (Dunbar et al., 2016) y de RA han sido adaptados en base a estudios previamente publicados y validados (Chang et al., 2010). En primer lugar, se relizó la prueba alfa de Cronbach que sugiere la fiabilidad del instrumento para los contructos de emociones (α=0,940) y para los de realidad aumentada (α=0,871). El alfa de Cronbach para cada escala, garantizando consistencia interna adecuada ($\alpha > .70$) según criterios clásicos (Nunnally & Bernstein, 1994). La normalidad de la prueba de Shapiro-Wilk indicó una distribución de los datos de forma anormal. En consecuencia, se aplicó la prueba estadística de Mann-Whitney no paramétrica.

Tabla 1. Ítems del cuestionario: emociones, implicación y motivación hacia el aprendizaje mediado por la realidad aumentada (RA)

Emociones
EM1. Disfrute
EM2. Satisfacción
EM3. Entusiasmo
EM4. Diversión
EM5. Confianza
EM6. Esperanza
EM7. Orgullo
Implicación para aprender RA
RA1. Creo que disfrutaré de las actividades de aprendizaje usando la aplicación de RA
RA2. Creo que me implicaré en la actividad de aprendizaje debido a la interacción con la escena real y virtual que se ofrece mediante la RA
Motivación para enseñar-aprender con RA
RA3. Me interesa aprender contenido matemático a través de aplicaciones de RA
RA4. Quiero usar la RA para aprender temas relacionados con las matemáticas

La propuesta pedagógica consistió en varias tareas y se facilitó a los estudiantes una guía paso a paso para trabajar de forma autónoma. Primero, los estudiantes debían crear prototipos 3D de bloques multibase matemáticos usando la web de Tinkercad. Luego, tuvieron que transferir sus diseños 3D a una aplicación de realidad aumentada llamada Merge Cube. Finalmente, los alumnos tenían que realizar operaciones aritméticas visualizándolos en RA con el material creado a través del recurso Merge Cube y sus teléfonos móviles (Figura 1).

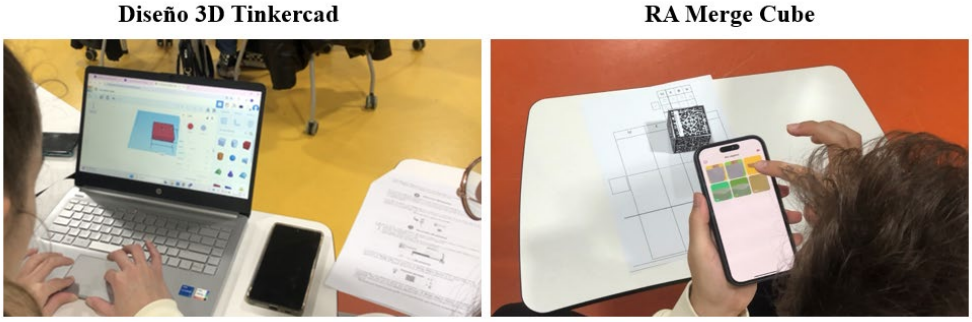


Figura 1. Proceso de diseño 3D y visualización en AR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados se calculó el valor-*p*, mostrando diferencias significativas entre los resultados del pre- y post-test ($p<0,001$) respecto a todas las emociones analizadas (véase la Tabla 2).

Tabla 2. U-Mann Whitney *p*-values de los ítems analizados

Ítems	U de Mann-Whitney	*p*
EM1	534	<0,001***
EM2	539	<0,001***
EM3	635	0,001***
EM4	449	<0,001***
EM5	444	<0,001***
EM6	562	<0,001***
EM7	551	<0,001***
RA1	874	0,217
RA2	905	0,294
RA3	954	0,596
RA4	924	0,411

En cuanto a los valores medios de los ítems de RA, se puede observar que los estudiantes tienen una predisposición inicial positiva a trabajar con RA, ya que la prueba previa mostró valores medios superiores a 4 puntos de 5 para todos los ítems de RA. Además, según los resultados posteriores a la prueba, se puede observar que los estudiantes perciben un aumento en la implicación y la motivación de aprendizaje al utilizar la RA (véase la Tabla 3 y la Figura 2).

Tabla 3. Media y desviación estándar antes y después de la prueba de los ítems de EM y RA.

		EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	RA1	RA2	RA3	RA4
Media	Pre-test	3,60	3,71	3,78	3,69	3,27	3,44	3,36	4,29	4,51	4,36	4,42
	Post-test	4,38	4,45	4,38	4,55	4,23	4,25	4,23	4,48	4,68	4,50	4,55
Desviación estándar	Pre-test	0,96	0,97	0,95	0,87	0,89	1,01	0,98	0,73	0,73	0,86	0,78
	Post-test	0,93	0,64	0,84	0,68	0,80	0,87	0,92	0,68	0,53	0,64	0,64

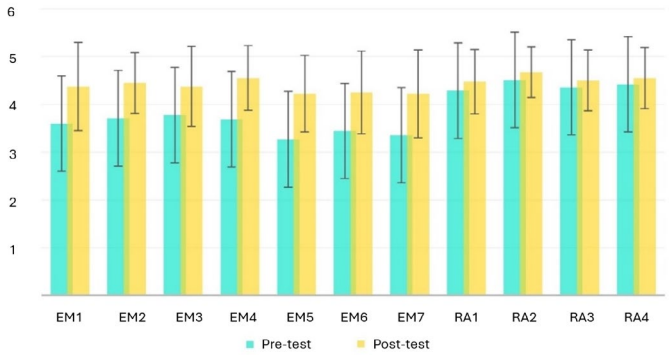


Figura 2. Valores medios de los ítems en el cuestionario pre-y post-test.

Estos resultados coinciden con investigaciones previas que señalan que las tecnologías inmersivas pueden potenciar emociones positivas, incrementar la motivación y favorecer la implicación en tareas de aprendizaje (Ibáñez & DelgadoKloos, 2018; Radu, 2014). En relación con los valores medios de los ítems de RA, los estudiantes mostraron una predisposición inicial positiva hacia el uso de esta

tecnología. Esta actitud favorable es coherente con estudios que destacan la aceptación inicial de la RA entre maestros en formación, especialmente cuando se percibe como una herramienta útil para visualizar conceptos complejos y facilitar la comprensión (Akçayır & Akçayır, 2017).

CONCLUSIONES

Diversas investigaciones señalan que un gran número de maestros en formación tienden a mostrar actitudes poco favorables hacia las asignaturas vinculadas al enfoque STEAM, lo que suele expresarse en emociones negativas, niveles reducidos de motivación y un menor compromiso con el aprendizaje. La literatura especializada ha documentado que estas actitudes pueden estar relacionadas con percepciones de baja autoeficacia, experiencias previas de dificultad o enfoques tradicionales de enseñanza (Bleicher, 2007; Chen et al., 2021). Las emociones positivas aumentan la motivación para aprender y promueven la interiorización del conocimiento. Por esta razón, este estudio exploró el efecto de un enfoque STEAM que incluye el uso de RA, mostrando un aumento significativo en las emociones positivas de los estudiantes y correlaciones entre el entusiasmo y la implicación en el aprendizaje y la motivación tras la implementación de la intervención. En cuanto a las implicaciones de este estudio se puede concluir que mediante la aplicación de estrategias innovadoras y enfoques interdisciplinarios STEAM apoyados por RA, se pueden mejorar las emociones de los estudiantes, así como su compromiso con el aprendizaje y la motivación en las asignaturas STEAM. Esta investigación puede servir como ejemplo de práctica interdisciplinar STEAM a través de la RA, promoviendo la aplicación de prácticas similares en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational research review*, *20*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002

Al-Mutawah, M. A., Thomas, R., Preji, N., Alghazo, Y. M., & Mahmoud, E. Y. (2022). Theoretical and conceptual framework for a STEAM-based integrated curriculum. *Journal of Positive School Psychology*, *6*(5), 5045-5067. https://doi.org/10.5281/zenodo.15081347

Barbosa, A., Vale, I., & Alvarenga, D. (2024). The use of Tinkercad and 3D printing in interdisciplinary STEAM education: A focus on engineering design. *STEM Education, 4*(3), 222-246. https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/steme.2024014

Bleicher, R. E. (2007). Nurturing Confidence in Preservice Elementary Science Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, *18*(6), 841–860. https://doi.org/10.1007/s10972-007-9067-2

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics, 112*(1), 3-11. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x

Chang, C. W., Lee, J. H., Wang, C. Y., & Chen, G. D. (2010). Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment. *Computers & Education, 55*(4), 1572-1578. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.023

Chen, Y. L., Huang, L. F., & Wu, P. C. (2021). Preservice preschool teachers' self-efficacy in and need for STEM education professional development: STEM pedagogical belief as a mediator. *Early Childhood Education Journal*, *49*(2), 137-147. https://doi.org/10.1007/s10643-020-01055-3

Dunbar, R. L., Dingel, M. J., Dame, L. F., Winchip, J., & Petzold, A. M. (2016). Student social self-efficacy, leadership status, and academic performance in collaborative learning environments. *Studies in Higher Education, 43*(9), 1507-1523. https://doi.org/10.1080/03075079.2016.1265496

Estapa, A., & Nadolny, L. (2015). The effect of an augmented reality enhanced mathematics lesson on student achievement and motivation. *Journal of STEM education, 16*(3), 40-48. https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/1981

Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality, 23*(4), 447-459. https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9

Hong, O. (2017). STEAM education in Korea: Current policies and future directions. *Science and Technology Trends Policy Trajectories and Initiatives in STEM Education, 8*(2), 92-102.

Hsu, Y. S., Lin, Y. H., & Yang, B. (2017). Impact of augmented reality lessons on students' STEM interest. *Research And Practice in Technology Enhanced Learning, 12*(2),1-14. https://doi.org/10.58459/rptel.2017.12%25p

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, *123*, 109-123. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002

Mystakidis, S., Christopoulos, A., & Pellas, N. (2022). A systematic mapping review of augmented reality applications to support STEM learning in higher education. *Education and Information Technologies, 27*(2), 1883-1927. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10682-1

Ng, O. L. (2017). Exploring the use of 3D computer-aided design and 3D printing for STEAM learning in mathematics. *Digital Experiences in Mathematics Education, 3*(3), 257-263. https://doi.org/10.1007/s40751-017-0036-x

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Pekrun, R. (2017). Emotion and achievement during adolescence. *Child Development Perspectives*, *11*(3), 215-221. https://doi.org/10.1111/cdep.12237

Quigley, C. F., & Herro, D. (2016). "Finding the joy in the unknown": Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology, 25*(3), 410-426. https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z

Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and ubiquitous computing, 18*(6), 1533-1543. https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y

Shamsudin, N. M., & Talib, C. A. (2023). Revolutionizing STEM Classroom through Augmented Reality on Student Learning and Engagement. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development, 12*(3), 1351-1361. http://dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i3/19174

Steele, A., & Ashworth, E. L. (2018). Emotionality and STEAM integrations in teacher education. *Journal of Teaching and Learning, 11*(2), 11-25. http://dx.doi.org/10.22329/jtl.v11i2.5058

Volioti, C., Orovas, C., Sapounidis, T., Trachanas, G., & Keramopoulos, E. (2023). Augmented reality in primary education: An active learning approach in mathematics. *Computers, 12*(10), 207. https://doi.org/10.3390/computers12100207

Paisajes mínimos: un proyecto de ciencia y arte para aproximar la biodiversidad en la formación inicial de maestros/as

Eugenio-Gozalbo, M.[1]; Ortega-Cubero, I.[1]; Suárez-López[2], R. y Dietrich, L.[3]

[1] Facultad de Educación de Soria, Universidad de Valladolid

[2] Facultad de Educación, Universidad de Salamanca

[3] Institut für Biologiedidaktik, Justus-Liebig-Universität Gießen

RESUMEN: Se presenta "Paisajes mínimos", un proyecto interdisciplinar de ciencia y arte que se implementó en la asignatura "Ciencias de la Naturaleza", de 3º curso de Grado en Educación Infantil (Facultad de Educación de Soria, Universidad de Valladolid). Sus objetivos eran promover el conocimiento y valoración de la biodiversidad, así como mejorar la agudeza visual en la distinción de plantas, mediante una experiencia directa con la naturaleza y materiales naturales, y empleando un enfoque artístico basado en fotografía y dibujo. A lo largo de un cuatrimestre, los estudiantes trabajaron por grupos sobre una porción de suelo y su comunidad biológica, que había sido obtenida por ellos mismos en un pastizal cercano, y trasladada al aula-laboratorio. Se les solicitó la elaboración de un inventario de elementos mediante fotografía y dibujo, así como clasificarlos científicamente e investigar su historia de vida. Finalmente, cada grupo produjo una pieza artística con el fin de reflexionar y construir significado simbólico, y todos juntos montaron una exposición final constituida por fotografías, dibujos y maquetas. La evaluación del proyecto se realizó mediante preguntas abiertas que fueron analizadas cualitativamente. La evaluación de la agudeza se hizo mediante una prueba visual. La experiencia fue valorada positivamente por los maestros/as en formación inicial, quienes destacaron los beneficios emocionales y el potencial educativo del aprendizaje basado en la naturaleza. Su capacidad de distinguir plantas mejoró. Aunar ciencia y arte constituye una estrategia eficaz para fomentar el aprecio por la biodiversidad y proporcionar recursos didácticos transponibles a la escuela.

PALABRAS CLAVE: biodiversidad; conciencia sobre las plantas; educación basada en la naturaleza; estrategia basada en las artes; formación inicial del profesorado.

ABSTRACT: This work presents "Miniature Landscapes", an interdisciplinary science and art project implemented within the course "Natural Sciences" in the third year of the Degree in Early Childhood Education (Faculty of Education of Soria, University of Valladolid). The objectives were to promote the knowledge and appreciation of biodiversity, as well as to improve visual acuity in plant identification, through direct experience with nature and natural materials, employing an artistic approach based on photography and drawing. Over the course of a semester, students worked in groups on a section of soil and its biological community, which they had collected from a nearby pasture and transferred to the teaching laboratory. They were tasked with developing an inventory of elements through photography and drawing, as well as classifying them scientifically and investigating their life histories. Finally, each group produced an artistic feature to foster reflection and the construction of symbolic meaning; subsequently, all groups collaborated on a final exhibition comprising photographs, drawings, and models. The project was evaluated using open-ended questions, which were qualitatively analyzed. Visual acuity was assessed through a visual identification test. The experience was positively valued by the pre-service teachers, who highlighted the emotional benefits and the educational potential of nature-based learning. Their ability to distinguish plants improved. Combining science and art constitutes an effective strategy for fostering an appreciation for biodiversity and providing pedagogical resources that are transferable to the classroom.

KEYWORDS: art-based strategy; biodiversity; initial teacher training; nature-based education; plant awareness.

MARCO TEÓRICO

Un objetivo clave de la educación biológica es promover el conocimiento y la valoración de la biodiversidad (Gaston y Spicer, 2004; Van Weelie y Wals, 2002), para cuya comprensión son necesarios conocimientos fundamentales sobre las especies, su identificación e historias de vida (Lindemann-Mathies, 2022; Randler, 2008). Para tal fin, se consideran fundamentales las experiencias directas con la naturaleza y los seres vivos (Hummel y Randler, 2012). Estas experiencias de enseñanza-aprendizaje de la biodiversidad mediante la naturaleza (*nature-based education*) deben comenzar desde edades tempranas, si su objetivo último es desarrollar vínculos afectivos positivos de los estudiantes con el entorno, así como comportamientos de respeto y protección hacia el mismo (Chawla, 1999; Evans et al., 2018). En consecuencia, resulta necesario incorporar este enfoque en la formación inicial del profesorado, proporcionando además estrategias y recursos que les resulten fácilmente transponibles a la escuela.

En el contexto de la educación sobre biodiversidad, las plantas tienen un papel destacado. El término "ceguera hacia las plantas" (*plant blindness*) se introdujo hace unos 25 años para referirse al hecho de que las personas tendemos a obviar las plantas en nuestra vida cotidiana, pese a que habitualmente están presentes, y pese a su importancia ecológica (Wandersee y Schusler, 1999). Actualmente se utiliza el término "conciencia sobre las plantas" (*plant awareness*) para referirse al nivel de atención, comprensión y valoración de las plantas que tiene una persona, que está influenciado por factores como su interés por ellas o sus experiencias personales, entre otros (Dünser et al., 2024; Pany et al., 2022). A su vez, la atención hacia las plantas engloba la capacidad de percibirlas conscientemente, de reconocerlas y distinguirlas de su entorno (Dünser et al., 2024). Estas cuestiones están relacionadas con un refinamiento perceptivo que naturalistas y artistas conocen bien (Eisner, 2004).

El arte se ha sentido siempre fascinado por la naturaleza, hallando en ella una fuente de inspiración (Attenborough et al., 2017). La mirada artística hacia la naturaleza permite una observación minuciosa (Tishman, 2018), formas alternativas de pensamiento sobre la realidad y un refinamiento perceptivo (Eisner, 2004). Cabe destacar que el arte no solo se ha aproximado a paisajes u organismos grandiosos y espectaculares, sino también a elementos naturales pequeños, discretos o incluso "feos", así como a procesos desagradables, representando así la variedad y complejidad de la vida (Marchán, 1997). El dibujo puede considerarse una herramienta epistémica (Anderson, 2019), mientras que la fotografía amplía el alcance de la mirada humana (Liittschwager, 2012) y documenta lo efímero.

OBJETIVOS

En esta comunicación se presenta el proyecto de arte y ciencia "Paisajes mínimos". El objetivo general de este proyecto fue plantear una investigación científico-artística sobre una porción de suelo y su comunidad biológica, para abordar la noción de biodiversidad de forma contextualizada en el entorno cercano, a la par que innovadora y en consecuencia sorprendente para los estudiantes. Como objetivos específicos, se pretendía desarrollar en el alumnado:

- la capacidad de observación y el refinamiento perceptivo a escalas pequeñas,
- el análisis de la forma en elementos naturales y la emisión de hipótesis relacionando forma y función,
- la comprensión de las relaciones entre los seres vivos y los elementos no vivos a escalas pequeñas,
- la reflexión sobre conceptos como el equilibrio ecológico, la interdependencia y el paso del tiempo,
- las actitudes de respeto hacia el entorno, partiendo de la implicación emocional
- el valor educativo de la naturaleza y de los elementos naturales como recursos didácticos en la educación infantil

METODOLOGÍA

Durante una asignatura cuatrimestral ("Ciencias de la Naturaleza", de 3º curso de Grado en Educación Infantil, Facultad de Educación de Soria, Universidad de Valladolid), 10 grupos de entre cuatro y cinco estudiantes (un total de 48 estudiantes) trabajaron de forma continuada sobre un "paisaje mínimo"; un bloque de suelo junto con su comunidad biológica que fue recolectado por ellos mismos en un pastizal cercano a la Facultad de Educación, y trasladado al aula-laboratorio ALICYA (Aula-Laboratorio Infantil de Ciencia y Arte) en una bandeja de plástico, a modo de objeto de aprendizaje vivo para la observación, la indagación y la representación artística (Figura 1).

Figura 1. De izquierda a derecha, un "paisaje mínimo", un grupo de estudiantes trabajando en su paisaje, y una imagen general del aula ALICYA durante el proyecto.

Cada grupo debía elaborar un inventario artístico de todos los elementos (incluyendo seres vivos y materiales inertes) mediante fotografía, y profundizar en la comprensión de la díada forma-función de los elementos mediante su dibujo. Así mismo, también debía clasificar científicamente cada uno de los elementos (vivo / inerte – planta / hongo / animal – material geológico / material antropogénico – etc.) e investigar su historia de vida y requerimientos ambientales mediante búsqueda bibliográfica (respondiendo a preguntas como: ¿Dónde viven? ¿De qué se alimentan? ¿Cómo lo hacen? ¿Qué funciones realizan en los ecosistemas? ¿Qué impactos tiene la actividad humana sobre ellos?). Finalmente, para cerrar el proyecto, cada grupo de trabajo debía producir una pieza artística, reflexionando y construyendo significado simbólico sobre la experiencia vivida, de forma que todos los grupos colaboraron para montar una exposición final titulada "Paisajes mínimos", que estuvo constituida por fotografías, dibujos y maquetas, y se mantuvo en la Facultad durante un mes en el cual fue visitada por la comunidad educativa y también por aulas de educación infantil y primaria (Figura 2).

Figura 2. De izquierda a derecha, montaje de la exposición, cartel, e imagen de una de las obras.

El proyecto se evaluó siguiendo un esquema de recogida de información pre/post, planteando:

1) preguntas de respuesta abierta orientadas a promover la reflexión, que debían discutirse en el grupo de trabajo y responderse mediante vídeos cortos. Estas preguntas permitirían evaluar la percepción de los estudiantes sobre la experiencia vivida, y sobre el valor educativo de la naturaleza y de los elementos naturales como recursos didácticos en la educación infantil. Las respuestas de los estudiantes a las preguntas fueron transcritas y analizadas teniendo en cuenta la frecuencia de aparición de respuestas. Para esta comunicación, se han considerado tres preguntas post, a saber: 1) ¿Qué piensas que puede aportar salir a la naturaleza en educación infantil?, 2) ¿Te parece que es interesante tener muestras de materiales naturales en el aula? y 3) ¿Cómo calificarías el proyecto en una escala del 1 al 10? Justifica tu respuesta.

2) una prueba de agudeza visual, que permitiría evaluar la capacidad de observación y el refinamiento perceptivo a escalas pequeñas, consistente en una fotografía de plantas de porte herbáceo donde los estudiantes debían numerar las plantas que fueran capaces de diferenciar (Figura 3). Esta prueba está en la misma línea de la publicada en Eugenio-Gozalbo et al., (2025) durante una investigación anterior en el ámbito del *plant awareness*, y nuestro objetivo es testar este tipo de imágenes para llegar a proponerlas como forma estándar de evaluar la dimensión de atención del constructo, o al menos una de ellas. La prueba de agudeza visual se evaluó mediante el número de aciertos registrados, evaluando las diferencias pre/post mediante una prueba *t* de Student para muestras relacionadas, a partir de las respuestas emparejadas de 28 estudiantes. Además, se calculó el tamaño del efecto mediante la corrección de Hedges para la *d* de Cohen, con el fin de estimar la magnitud del cambio.

Figura 3. Prueba de agudeza visual.

RESULTADOS

Respuestas a preguntas abiertas

Respecto a las salidas a la naturaleza, los participantes las valoraron positivamente, al considerar que:

A) Desarrollan el aprecio, el respeto (7 grupos), el cuidado (4) y el vínculo afectivo con la naturaleza (4).

B) Aportan sólidos beneficios psicofísicos: resultan estimulantes (6 grupos), restauradoras (5), proporcionan libertad (5), disfrute (3) y ejercicio físico (3).

C) Son valiosas para el aprendizaje experiencial y sensorial (6 grupos), la innovación (3) y el aprendizaje significativo (2).

D) Desarrollan competencias científicas como la exploración (5 grupos), la observación (3), la creatividad y la formulación de preguntas (3).

E) Fomentan las habilidades motoras (2 grupos), sociales (2) y la motricidad fina (1).

Por ejemplo:

> *"La naturaleza enseña mucho más que los libros. Ayuda a los niños a desarrollar respeto por el medio ambiente, a observar pequeños detalles y a comprender que formamos parte de algo más grande"* (Grupo El agua).

Otro aspecto destacado fue la interdisciplinariedad del proyecto: "Nos pareció muy interesante y significativo cómo pudimos relacionar dos campos tan diferentes, la ciencia y el arte, a través de un vínculo muy fuerte" (Grupo Las Flores).

De forma similar, también valoraron positivamente disponer de muestras de materiales naturales en el aula, porque promueven el contacto directo (5 grupos) y el aprendizaje experiencial (7); porque promueven el desarrollo de habilidades científicas como la observación (3 grupos), la exploración (2) y la clasificación (1); y porque promueven el interés (4 grupos) y el respeto y cuidado por el medio ambiente.

En términos generales, el profesorado en formación calificó el proyecto con una nota de 8,2. Las principales razones aducidas fueron que promovía el contacto con la naturaleza y los materiales naturales (8 grupos); que el aprendizaje se veía potenciado por la experiencia directa y las actividades prácticas (6); que se desarrollaron habilidades científicas como la observación y la clasificación (6); que fomentaba el aprendizaje significativo (5); que resultaba lúdico (4); y que es fácilmente adaptable a la educación preescolar (3).

En particular, los comentarios de algunos grupos se alinearon con uno de los propósitos del proyecto, fomentar la observación y la atención, en particular hacia las plantas, por ejemplo:

> *"...te das cuenta de que la naturaleza está llena de colores; aunque parezca que todo es del mismo color, en realidad hay diferentes tonos, y te fijas en detalles que no ves cuando vas por la calle; ¡te fijas en cosas que antes no veías!"* (Grupo Los Animales)

Prueba de agudeza visual

El número de especies de plantas señaladas por los estudiantes fue, inicialmente, de 5,93 especies en promedio. Tras la realización del proyecto, se observó un incremento significativo ($t(27) = 2{,}443$, $p = {,}011$), alcanzando un promedio de 6,54 especies. El tamaño del efecto fue moderado (g de Hedges = 0,449), lo que indica una mejora tras la intervención.

DISCUSIÓN E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La actual crisis de biodiversidad justifica sobradamente el diseño e implementación de propuestas didácticas destinadas a los maestros en formación inicial, para ellos, a su vez, puedan llevar la temática a las escuelas. La elección de la perspectiva desde la que abordar la biodiversidad no es banal; en nuestro caso, y siguiendo la línea de trabajos anteriores (Eugenio-Gozalbo y Ortega-Cubero, 2022), lo hacemos de forma contextualizada (al aire libre, promoviendo experiencias en el entorno, como recomienda la literatura (Hummel y Randler, 2012) y utilizando una aproximación artística que promueva la capacidad de observación y el refinamiento perceptivo de los estudiantes, además de los vínculos afectivos con lo vivo y el medio, que predisponen a la empatía, el respeto y la pro-ambientalidad (Chawla, 1999; Evans et al., 2018).

La evaluación del proyecto "Paisajes Mínimos" sugiere que efectivamente la experiencia ha resultado en un refinamiento perceptivo que resulta imprescindible para aproximarnos a la biodiversidad (la variedad de seres que nos rodea), en la línea de la atención hacia las plantas, que engloba la capacidad de percibirlas conscientemente, de reconocerlas y distinguirlas de su entorno (Dünser et al., 2024), y constituye una dimensión del constructo *plant awareness*.

También que involucrar al profesorado en formación inicial en experiencias en la naturaleza y con

elementos naturales en el aula puede fomentar su curiosidad, aprecio y respeto por la biodiversidad, y que la combinación de enfoques artísticos y científicos proporciona estrategias transponibles a la escuela para conectar a los niños con la naturaleza y enseñarles sobre ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, G. (2019). *Drawing as a way of knowing in Art and Science*. Intellect.

Attenborough, D., Owens, S., Clayton, M., & Alexandratos, R. (2017). *Naturaleza asombrosa en el arte: el arte en la historia natural de la era del descubrimiento*. Edimat.

Chawla, L. (1999). Life Paths Into Effective Environmental Action. *The Journal of Environmental Education*, *31*, 15-26. https://doi.org/10.1080/00958969909598628

Dünser, B., Navarro, F. J., y Pany, P. (2024). The Plant Awareness Inventory. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11271.61601

Eisner, E. (2004). *El arte y la creación de la mente: el papel de las artes visuales en la transformación de la conciencia*. Paidós.

Eugenio-Gozalbo, M. y Ortega-Cubero, I. (2022). Drawing our garden's insects: a didactic sequence to improve pre-service teachers' knowledge and appreciation of insect diversity. *Journal of Biological Education*. https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2081243

Eugenio-Gozalbo, M., Ortega-Cubero, I., y Suárez-López, R. (2025). Educando la mirada hacia las plantas: propuesta de instrumentos de evaluación. En: Revista Enseñanza de las Ciencias (Eds.), *Actas del XII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, pp. 75-78.

Evans, G. W., Otto, S., & Kaiser, F. G. (2018). Childhood Origins of Young Adult Environmental Behavior. *Psychological Science*, *29*(5), 679–687. https://doi.org/10.1177/0956797617741894

Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004). *Biodiversity*. Blackwell.

Hummel, E., & Randler, C. (2012). Living Animals in the Classroom: A meta-analysis on Learning Outcome and A treatment-control Study Focusing on Knowledge and Motivation. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(1), 95–105. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9285-4

Lindemann-Matthies, P. (2002). The Influence of an Educational Program on Children's Perception of Biodiversity. *The Journal of Environmental Education*, *33*, 22–31. https://doi.org/10.1080/00958960209600805

Liittschwager, D. (2012). *One cubic foot*. The University of Chicago Press.

Marchán, S. (1997). *Del arte objetual al arte de concepto*. Akal.

Tishman, S. (2018). *Slow looking: the art and practice of learning through observation*. Routledge.

Pany, P., Meier, F. D., Dünser, B., Yanagida, T., Kiehn, M., y Möller, A. (2022). Measuring students' plant awareness: A prerequisite for effective botany education. *Journal of Biological Education*. https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2159491

Randler, C. (2008). Teaching Species Identification – A Prerequisite for Learning Biodiversity and Understanding Ecology. EURASIA, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. *4*(3), 223–231. https://doi.org/10.12973/ejmste/75344

Van der Heijden, H.R.M.A., Geldens, J.J.M., Beijaard, D., & Popeijus, H.L. (2015). Characteristics of teachers as change agents. *Teachers and Teaching*, *21*(6), 681-699. https://doi.org/10.1080/13540602.2015.1044328

Van Weelie, D., & Wals, A. (2002). Making Biodiversity Meaningful through Environmental Education. *International Journal of Science Education*, *24*(11): 1143–1156. https://doi.org/10.1080/09500690210134839

Wandersee, J. H., y Schussler, E. E. (1999). Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher*, *61*(2), 82–86. https://doi.org/10.2307/4450624

¿Qué intervenciones educativas basadas en el enfoque STEM se están ejecutando en Educación Secundaria? Una revisión sistemática

Elena Megías-Núñez [1], David Aguilera [1] y José Miguel Vílchez-González [1]

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada, España

* Correspondencia: elenamegias17@correo.ugr.es

RESUMEN: La implementación de intervenciones educativas autodeclaradas STEM en Educación Secundaria ha generado una creciente diversidad de propuestas didácticas. El propósito de este estudio es caracterizar estas intervenciones. Para ello, se ha desarrollado una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA. Se incluyeron 47 intervenciones educativas STEM realizadas entre 2013 y 2025, analizándose mediante unidades de análisis como el año de publicación, el país, el diseño metodológico, el ámbito educativo, la duración de las intervenciones, las metodologías empleadas y las disciplinas STEM que integraban. Los resultados muestran un aumento progresivo del número de intervenciones STEM realizadas, predominando los contextos formales y los diseños metodológicos mixtos. Además, las metodologías más frecuentes son las que tienen enfoques activos, como el aprendizaje basado en proyectos o por indagación, y se observa diversidad en la duración de las intervenciones. Finalmente, el análisis de las disciplinas STEM presentes revela que menos de la mitad incorporan las cuatro disciplinas, predominando combinaciones parciales entre ellas. Estos resultados manifiestan la necesidad de unificar la conceptualización del enfoque STEM en aras de optimizar los recursos y facilitar la compilación de evidencias.

PALABRAS CLAVE: educación STEM; Educación Secundaria; revisión sistemática; integración disciplinar; intervenciones educativas

ABSTRACT: The implementation of self-declared STEM educational interventions in secondary education has led to a growing variety of teaching approaches. The aim of this study is to characterise these interventions. To this end, a systematic review was conducted in accordance with the PRISMA protocol. Forty-seven STEM educational interventions carried out between 2013 and 2025 were included and analysed using units of analysis such as year of publication, country, methodological design, educational setting, duration of the interventions, methodologies employed and the STEM disciplines involved. The results show a progressive increase in the number of STEM interventions carried out, with formal contexts and mixed methodological designs predominating. Furthermore, the most common methodologies are those with active approaches, such as project-based or inquiry-based learning, and there is diversity in the duration of the interventions. Finally, analysis of the STEM disciplines present reveals that fewer than half incorporate all four disciplines, with partial combinations of them predominating. These results highlight the need to clarify how this approach is conceptualised and applied in secondary education.

KEYWORDS: STEM education; Secondary Education; systematic review; interdisciplinary integration; educational interventions

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en inglés) se está expandiendo como un enfoque educativo para abordar problemas complejos que no pueden resolverse desde una única perspectiva disciplinar, promoviendo la convergencia de conocimientos de múltiples áreas y fortaleciendo el currículo (Bybee, 2010). Este enfoque ha experimentado múltiples interpretaciones (Martín-Páez et al., 2019; Vasquez, 2014), lo que ha dado

lugar a una amplia gama de propuestas didácticas que afirman adoptarlo. Por ello, resulta problemático unificar su conceptualización y determinar su contribución real a la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Toma y García-Carmona, 2021). Si bien lo deseable es incorporar las cuatro disciplinas sin que ninguna tenga carácter subsidiario, en la práctica muchas intervenciones solo abordan una, dos o tres de ellas (Martín-Páez et al., 2019). Esta ambigüedad conceptual y metodológica dificulta la evaluación de la calidad de las intervenciones y subraya la necesidad de estudios que analicen sistemáticamente cómo se aplica el enfoque STEM (Honey et al., 2014; Thibaut et al., 2018).

La Educación Secundaria es una etapa clave para intervenir con el alumnado, ya que es un periodo en el que desarrollan su personalidad, sus motivaciones, sus procesos cognitivos y sus aspiraciones futuras (Eccles & Wigfield, 2002). En este sentido, Sadler et al. (2012) explican que las experiencias en áreas STEM durante la Educación Secundaria desempeñan un papel decisivo en el desarrollo del interés del alumnado por estas disciplinas.

En este contexto, resulta necesario analizar en la literatura reciente qué intervenciones autodeclaradas STEM se están implementando en alumnado de Educación Secundaria. Para ello, nos planteamos el objetivo de caracterizarlas durante el periodo 2013-2025. Se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación: (P1) ¿Cómo ha evolucionado la producción científica sobre intervenciones educativas autodeclaradas STEM en Educación Secundaria?; (P2) ¿En qué ámbito suelen implementarse?; (P3) ¿Cuál es la duración de estas intervenciones?; (P4) ¿Qué metodologías se utilizan en las intervenciones educativas STEM?; y (P5) ¿Qué disciplinas STEM se integran en ellas?

MÉTODO

Se lleva a cabo una revisión sistemática según el protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) (Page et al., 2021).

Procedimientos

Se estableció el periodo de búsqueda entre 2019 a 2025 (Tabla 1). Martín-Páez et al. (2019) realizaron una revisión del sexenio 2013 a 2018, incluyéndose manualmente 27 artículos del total analizado en su trabajo, pues cumplían con los criterios de inclusión (Tabla 2) y permitían la comparación entre los dos sexenios.

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda

PERIODO DE BÚSQUEDA	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA
2019-2025	TS = (“STEM education” OR “STEM literacy” OR “STEM learning” OR “STEM teaching” OR “STEM competence”) AND TS = (“secondary school” OR “secondary education” OR “middle school” OR “high school”) AND SU = (Education & Educational Research)

Se identificaron 558 artículos entre los dos periodos: 2013-2018 (N = 27) y 2019-2025 (N = 531) (Figura 1). El cribado se realizó mediante la lectura del título y el resumen de cada artículo, excluyéndose 437 artículos mediante los criterios explicitados en la Tabla 2. De los 121 restantes, no se logró acceder al texto completo de 23 publicaciones, quedando 98 para su lectura completa.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Artículo de revista	Se excluyen estudios cuyo formato no sea artículo (capítulos de libros, material editorial, documentos de procedimientos…) (razón 1).
Inglés o español	Otro idioma (razón 2).
Estudios que desarrollan una intervención educativa STEM con estudiantes de Educación Secundaria	Se excluyen artículos cuyas intervenciones estén desarrollas en otras etapas (preescolar, primaria, universidad, docentes) (razón 3).

Para el análisis de las intervenciones se definieron diversas unidades de análisis, incluyendo: año de publicación, país, **ámbito educativo, duración de la intervención, metodologías didácticas empleadas y disciplinas STEM integradas.** La codificación de los artículos se realizó mediante un proceso de doble codificación independiente por parte de dos investigadores. Posteriormente, se calculó el grado de acuerdo entre las dos codificaciones, alcanzando un 86.17%. Las discrepancias fueron discutidas hasta alcanzar consenso, procediéndose finalmente al análisis descriptivo de los datos.

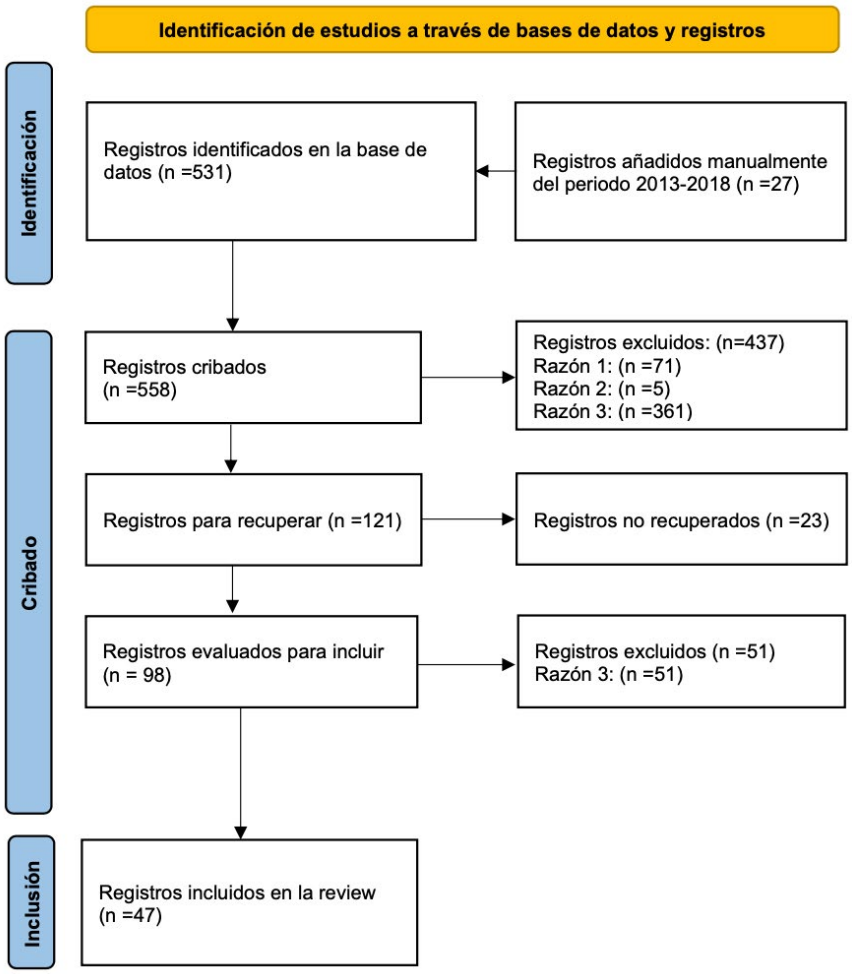


Figura 1. Diagrama de flujo (PRISMA) para la selección de artículos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, se analizó la cronología de las intervenciones autodeclaradas STEM desarrolladas en Educación Secundaria desde 2013 a 2025 (Figura 2). Los resultados muestran una producción estable entre 2013 y 2021 con un rango de una a cuatro publicaciones anuales. Sin embargo, se identifica un repunte significativo en la producción a partir de 2022. En concreto en el periodo 2022-2025 se concentran 28 intervenciones, lo que representa el 59.6% del total de estudios analizados (N = 47). Este aumento demuestra el interés de la comunidad científica por el desarrollo de intervenciones STEM en el ámbito internacional, como señalan en su estudio Li et al. (2020).

Para analizar la evolución de la producción científica, se incorporó una línea de tendencia polinómica (Figura 2). La evolución de la producción científica no parece responder a un incremento lineal constante, sino a una dinámica más compleja. Entre 2013 y 2015 se aprecia un crecimiento asociado, previsiblemente, al auge inicial del enfoque STEM y al interés por generar evidencias sobre su potencial educativo. Posteriormente, la producción muestra una estabilización, e incluso cierto retroceso, que podría relacionarse tanto con las dificultades inherentes a su implementación e investigación como con

Comunicaciones Estándar
Aprendizaje experiencial, interdisciplinariedad y actitudes en propuestas STEM innovadoras

el impacto de la pandemia de COVID-19, alcanzándose el mínimo en 2021. Desde ese mismo año se observa un crecimiento anual sostenido, posiblemente favorecido por la acumulación de evidencias previas y por la progresiva publicación de marcos de referencia para su desarrollo en contextos escolares. De confirmarse, la proyección del modelo invita a anticipar un incremento de la producción para el próximo sexenio. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0{,}786$) indica un ajuste descriptivo adecuado del modelo a la producción científica del periodo 2013-2025.

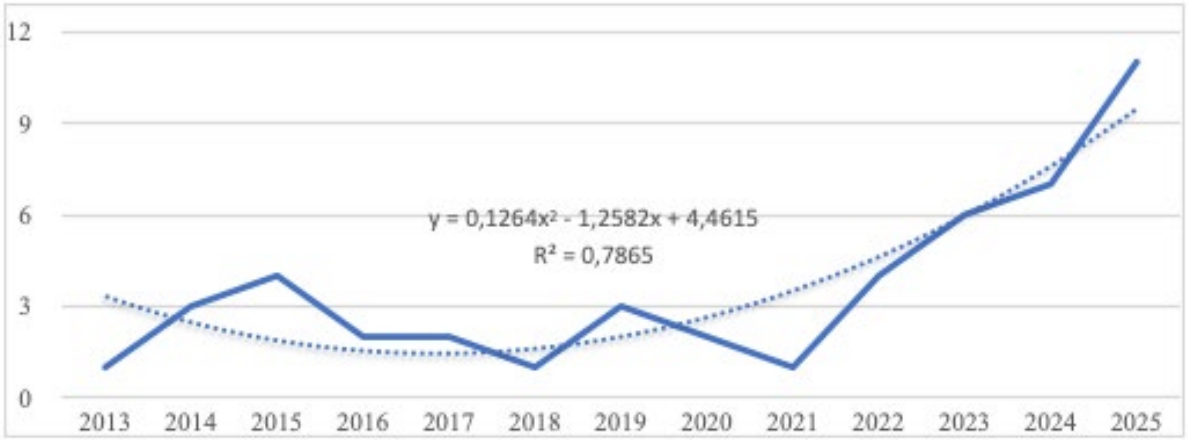


Figura 2. Intervenciones publicadas en el periodo 2013-2025

En cuanto a la procedencia geográfica de las intervenciones, estas se desarrollan en 15 países distribuidos en cinco continentes, lo que evidencia la expansión internacional de la educación STEM y su incorporación en distintos sistemas educativos (Li et al., 2020). Por continentes, Asia concentra el mayor número de intervenciones (N = 27; 57.4%), seguida de América (N = 14; 29.8%), Europa (N = 4; 8.5%), y, en menor medida, Oceanía y África (N = 1; 2.1% cada uno). Donde encontramos mayor cantidad de intervenciones autodeclaradas STEM en Educación Secundaria es en Estados Unidos (N = 14; 24.8%), seguido de China (N = 8; 17.0%), Turquía (N = 7; 14.9%), Taiwán (N = 6; 12.8%), Malasia (N = 2; 4.3%), y el resto de los países con N = 1 (2.1%) (España, Portugal, Italia, Alemania, Irán, Australia, Nigeria, Emiratos Árabes, Israel y Singapur). Esta distribución geográfica es coherente con lo señalado por Lin et al. (2019), quienes evidencian el liderazgo de Estados Unidos como principal generador en investigación de educación científica, así como la consolidación de países como Taiwán y la emergencia de China y Turquía en esta área del conocimiento.

La mayoría de las intervenciones analizadas se implementan en intitutos de Secundaria en el marco de las materias ordinarias (N = 34; 72.3 %). El resto se desarrollan en contextos no formales como: campamentos, programas de refuerzo y de ampliación. El predominio de contextos formales coincide con el hallazgo de Honey et al. (2014), quienes encontraron que la mayoría de intervenciones STEM se desarrollan en la escuela. No obstante, resaltan la importancia de realizar intervenciones en contextos no formales, donde la motivación y el interés del alumnado podría ser mayor.

Sobre la temporalización de las intervenciones, se clasifican en tres categorías: i) corta duración (≤ 4 semanas), ii) media duración (5–10 semanas) y iii) larga duración (> 10 semanas). En aquellos casos en los que la duración no se expresaba en semanas, se estimó su equivalencia a partir del número de sesiones u horas de intervención, considerando, de forma general, dos sesiones u horas por semana, con el fin de garantizar la homogeneidad de la clasificación. Los resultados muestran que un 30% de las intervenciones son de larga duración (N = 14), un 28%, de media duración (N = 13), y un 36%, de corta duración (N = 17). Un reducido número de estudios no pudo ser clasificado debido a la falta de información sobre su temporalización (N = 3; 6 %). La presencia de intervenciones tanto de corta, media y larga duración casi en la misma proporción refuerza la necesidad de analizar la dimensión de la temporalidad como una variable moderadora. De Loof et al. (2022) defienden que intervenciones más largas tienden a asociarse con efectos más robustos, aunque otros autores, como Chen et al. (2025), indican que las intervenciones que duran más de un trimestre no garantizan mejoras significativas respecto a las trimestrales, siendo el período óptimo entre uno y tres meses.

Todos los artículos incluidos en este estudio se vinculan al enfoque STEM. No obstante, se ha querido analizar la cantidad de disciplinas integradas en cada intervención educativa. Los resultados muestran que 21 (44.7%) de ellas integran las cuatro disciplinas, mientras que 26 (55.3%) incorporan tres o menos. De estas últimas, encontramos diferentes configuraciones, siendo la más frecuentes STE (N = 11; 23.4%), seguida de SE (N = 5; 10.6%), TEM, ST, STM y TE (N = 2; 4.3%, cada una), y SM y TM (N = 1; 2.1%). Este aspecto, que Chen et al. (2025) no controlaron en su meta-análisis, resulta fundamental para compilar las evidencias científicas obtenidas y establecer criterios claros para implementar el enfoque STEM en las aulas (Toma & García-Carmona, 2021).

Por último, se han analizado las metodologías didácticas empleadas en las intervenciones STEM. La mayoría se orientan a promover el aprendizaje activo del alumnado, lo que se reconoce adecuado para este tipo de intervenciones (Chen et al., 2025). Destaca el aprendizaje basado en proyectos como la metodología más utilizada (N = 11; 23.4%), seguido del aprendizaje basado en la indagación y los enfoques centrados en la ingeniería (N = 7; 14.9% en ambos casos). Asimismo, se identifican metodologías basadas en el diseño (N = 6; 12.8%), en el aprendizaje basado en problemas (N = 6; 12.8%) y enfoques colaborativos o cooperativos (N = 3; 6.4%). Además, se agrupan bajo otras metodologías específicas diversas intervenciones (N = 9; 19.1%). Cabe señalar que estas categorías no son excluyentes, ya que una misma intervención puede integrar varias metodologías, lo que pone de manifiesto la complejidad de las propuestas didácticas en el ámbito STEM. No obstante, en un número significativo de estudios no se especifica la metodología empleada (N = 15; 31.9%). Esta falta de concreción dificulta la comparación entre intervenciones, declarando la necesidad de una mayor precisión en la descripción de las propuestas didácticas en el ámbito STEM.

CONCLUSIONES

En esta revisión sistemática se caracterizan intervenciones autodeclaradas STEM en Educación Secundaria desde 2013 a 2025, pudiendo concluir que:

- Se aprecia un creciente interés por este enfoque educativo y se prevé para el próximo sexenio una madurez suficiente para esta línea de investigación. En cuanto a la distribución geográfica, las intervenciones se desarrollan en 15 países distribuidos en cinco continentes, evidenciando que la expansión del enfoque STEM es global.
- La amplia mayoría de las intervenciones se desarrollan en contextos educativos formales, lo que refleja la incorporación del enfoque STEM a la práctica docente, quizás impulsado por la orientación interdisciplinar de los currículos actuales.
- Con respecto a la duración, no se observa una preferencia clara. Si bien la integración de varias disciplinas en los procesos de enseñanza-aprendizaje podría aconsejar planificaciones educativas a medio o largo plazo, las evidencias se reparten casi equitativamente en las categorías establecidas (corta, media y larga).
- Si tratamos cada configuración de integración disciplinar como unitaria, pues a efectos de investigación así debería ser, los resultados apuntan a que la conceptualización imperante contempla la integración de todas las disciplinas del acrónimo STEM.
- La articulación del enfoque STEM en las aulas suele asociarse con metodologías activas, destacando el aprendizaje basado en proyectos, en indagación o el diseño de ingeniería.

Estos resultados subrayan la necesidad de, por un lado, reforzar la formación del profesorado para diseñar, implementar y evaluar propuestas didácticas basadas en el enfoque STEM, y por otro, precisar sus criterios de integración disciplinar, temporalización y concreción metodológica. Prospectivamente, la consolidación de este enfoque educativo podría depender en mayor medida del desarrollo de marcos conceptuales más sólidos y la unificación de principios básicos para su articulación en las aulas, lo que generaría resultados comparables y transferibles a contextos escolares diversos, que de la intensificación de la producción científica.

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación es parte del proyecto de I+D+i C-SEJ-055-UGR23 (STEMgame) cofinanciado por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación y por la Unión Europea con cargo al Programa FEDER Andalucía 2021-2027.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher, 70*(1), 30-35.https://www.proquest.com/scholarly-journals/advancing-stem-education-2020-vision/docview/853062675/se-2

Chen, B., Chen, J., Wang, M., Tsai, C.-C., & Kirschner, P. A. (2025). The effects of integrated STEM education on K-12 students' achievements: A meta-analysis. *Review of Educational Research*. https://doi.org/10.3102/00346543251318297

De Loof, H., Boeve-de Pauw, J., & Van Petegem, P. (2022). Integrated STEM education: The effects of a long-term intervention on students' cognitive performance. *European Journal of STEM Education, 7*(1), Article 13. https://doi.org/10.20897/ejsteme/12738

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology, 53*, 109–132. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18612

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education, 7*(11). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6

Lin, T. J., Lin, T. C., Potvin, P., & Tsai, C. C. (2019). Research trends in science education from 2013 to 2017: a systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education, 41*(3), 367–387. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550274

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education, 103*(4), 799–822. https://doi.org/10.1002/sce.21522

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., **…** Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., & Tai, R. H. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. *Science Education, 96*(3), 411–427. https://doi.org/10.1002/sce.21007

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education, 3*(1), 02. https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525

Toma, R. B., & García Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM»: Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias, 39*(1), 65–80. http://hdl.handle.net/10259/10112

Vasquez, J. A. (2014). STEM--Beyond the Acronym. *Educational leadership*, *72*(4), 10-15. https://www.ascd.org/el/articles/stem-beyond-the-acronym

Influencia de Escape Room–Break Out en línea y presencial en la autoeficacia y la actitud científico-matemática de docentes en formación

Alejandro Clemente-Montañés [1], Jin Su Jeong [2] y David González-Gómez [3]*

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

[2] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

[3] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: alejandrocm@unex.es

RESUMEN: El enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) se ha consolidado como un paradigma educativo destinado a fomentar competencias integradas a través de la resolución interdisciplinaria de problemas. Bajo este enfoque, las ciencias y las matemáticas constituyen elementos fundamentales, pero continúan observándose dificultades significativas en el desempeño y en las disposiciones emocionales de los estudiantes, particularmente en la etapa de formación de futuros docentes. Este estudio analiza y compara el impacto de dos implementaciones equivalentes de un Escape Room–Break Out (ERBO) gamificado, una versión en línea (ON) y una versión presencial (F2F), sobre la autoeficacia y las actitudes hacia contenidos científico-matemáticos en la formación inicial del profesorado. Se empleó un diseño cuasi-experimental pretest-postest con dos grupos independientes. Ambas modalidades mantuvieron una estructura narrativa y retos científico-matemáticos idénticos. Los datos se recopilaron mediante un cuestionario que evaluaba las dimensiones de autoeficacia y actitud. El ERBO en modalidad F2F mostró mejoras estadísticamente significativas y de gran magnitud en los indicadores de autoeficacia y actitud, mientras que la modalidad ON mantuvo niveles ya elevados en el pretest y solo experimentó pequeños incrementos adicionales, aunque en un sentido igualmente positivo. Estos hallazgos sugieren que los entornos gamificados, colaborativos y emocionalmente atractivos pueden reforzar la competencia docente percibida y fomentar actitudes más positivas hacia contenidos científico-matemáticos. Desde la perspectiva STEAM, mejorar tanto la autoeficacia como la actitud es especialmente relevante, ya que estos constructos influyen en las decisiones pedagógicas futuras y en la implementación de prácticas interdisciplinarias innovadoras.

PALABRAS CLAVE: Educación STEAM; Escape Room-Break Out; Aprendizaje científico-matemático; Formación inicial del profesorado; Autoeficacia; Actitud.

ABSTRACT: The STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) approach has established itself as an educational paradigm designed to foster integrated skills through interdisciplinary problem-solving. Under this approach, science and mathematics are fundamental components, yet significant challenges persist in students' performance and emotional attitudes, particularly among future teachers. This study analyzes and compares the impact of two equivalent implementations of a gamified Escape Room–Break Out (ERBO), an online (ON) version and a face-to-face (F2F) version, on self-efficacy and attitudes toward science and math content in initial teacher education. A quasi-experimental pretest-posttest design with two independent groups was employed. Both modalities maintained an identical narrative structure and scientific-mathematical challenges. Data were collected using a questionnaire that assessed the dimensions of self-efficacy and attitude. The F2F ERBO showed statistically significant and substantial improvements in self-efficacy and attitude indicators, while the ON modality maintained levels that were already high in the pretest and experienced only small additional increases, albeit in an equally positive direction. These findings suggest that gamified, collaborative, and emotionally engaging environments can enhance perceived teaching competence and

foster more positive attitudes toward science and mathematics content. From a STEAM perspective, improving both self-efficacy and attitude is particularly important, as these constructs influence future pedagogical decisions and the implementation of innovative interdisciplinary practices.

KEYWORDS: STEAM education; Escape Room-Break Out; Science and mathematics learning; Pre-service teachers; Self-efficacy; Attitude.

INTRODUCCIÓN

El enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) se ha consolidado como un paradigma educativo orientado al desarrollo de competencias integradas que combinan pensamiento crítico, resolución de problemas y transferencia interdisciplinar. En este marco, las matemáticas, junto con las ciencias, desempeñan un papel estructural que sustenta el razonamiento lógico y la toma de decisiones fundamentadas en contextos científicos y tecnológicos. Sin embargo, a pesar de su centralidad curricular, los informes internacionales evidencian dificultades tanto en el rendimiento como en las disposiciones afectivas hacia esta disciplina (Jeong y González-Gómez, 2025). Las creencias y disposiciones afectivo-motivacionales de los futuros docentes influyen directamente en su práctica pedagógica posterior, en la selección de estrategias metodológicas y en el clima de aprendizaje (Philipp, 2007). Estas variables condicionan la viabilidad real de implementar propuestas STEAM que exigen seguridad conceptual, apertura metodológica y predisposición hacia la interdisciplinariedad.

En este sentido, dos constructos resultan especialmente relevantes: la autoeficacia y la actitud hacia las ciencias y las matemáticas. En el ámbito educativo, la autoeficacia docente se ha vinculado con mayores niveles de compromiso, resiliencia ante dificultades y adopción de metodologías innovadoras (Tschannen-Moran y Hoy, 2001). En las asignaturas de ciencias, una percepción elevada de la competencia favorece la seguridad en la explicación de contenidos, la capacidad de respuesta ante preguntas inesperadas y la disposición a plantear desafíos al alumnado (Swars et al., 2007). Por el contrario, niveles bajos de autoeficacia pueden traducirse en evitación de contenidos complejos y una enseñanza más tradicional e imprecisa (Falco y Summers, 2019).

En consecuencia, la gamificación ha emergido como una aproximación pedagógica capaz de incrementar la implicación y la motivación del alumnado mediante la incorporación de mecánicas propias del juego en contextos educativos (Deterding et al., 2011). Dentro de este marco, las experiencias de Escape Room-Break Out (ERBO) han mostrado potencial para promover cooperación, pensamiento crítico y resolución de problemas en escenarios alineados con la lógica STEAM (Nicholson, 2018; Kinio et al., 2019). Estas propuestas combinan narrativa, desafío progresivo y trabajo colaborativo, generando entornos inmersivos que favorecen tanto la autopercepción de uno mismo como la activación emocional. No obstante, aunque la literatura ha documentado efectos positivos de los ERBO en variables motivacionales y actitudinales (Clauson et al., 2019), la evidencia comparativa sobre implementaciones equivalentes en modalidad en línea (ON) y presencial (F2F) en formación inicial del profesorado sigue siendo limitada. Por ende, el presente estudio propone analizar y comparar el impacto de dos implementaciones equivalentes de un ERBO, una en modalidad ON y otra F2F, sobre la autoeficacia y la actitud hacia las ciencias y matemáticas en futuros docentes de Educación Primaria.

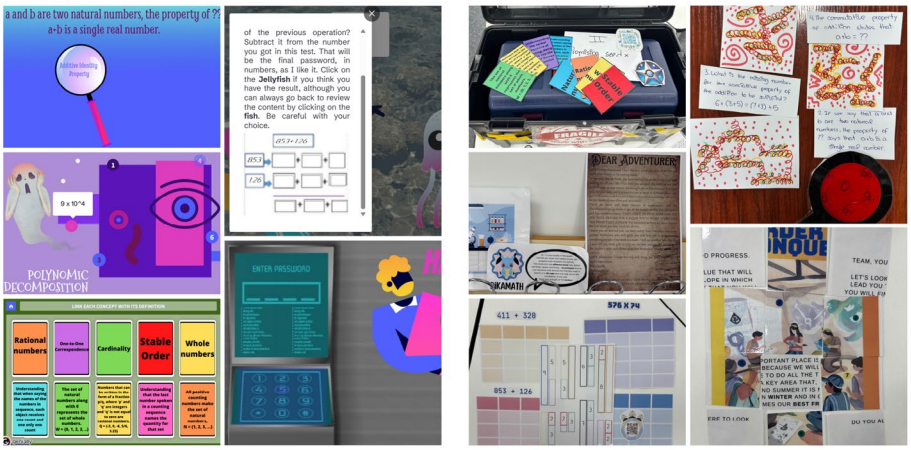
METODOLOGÍA

El estudio adoptó un diseño cuasi-experimental con medidas pretest–postest y comparación entre dos grupos independientes. Para ello, se implementaron dos experiencias equivalentes del ERBO (ON y F2F), manteniendo en ambos casos la misma estructura narrativa, los mismos contenidos científico-matemáticos y una secuencia idéntica de retos. Esta equivalencia estructural permitió centrar el análisis en las variaciones observadas en las variables de autoeficacia y actitud, minimizando la influencia de factores metodológicos diferenciales.

La muestra estuvo compuesta por 47 estudiantes (25 ON y 22 F2F) del Grado en Educación Primaria matriculados en las asignaturas de Matemáticas y su Didáctica y Materia y Energía, en la modalidad bilingüe. La asignación a modalidad respondió a criterios organizativos del curso académico, por lo que no se realizó una asignación aleatoria individual. No obstante, ambos grupos compartían características académicas.

Para la recogida de datos se empleó un cuestionario estructurado en escala tipo Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo), administrado en formato pretest y postest. Se analizaron específicamente dos dimensiones con seis ítems cada una. La dimensión de autoeficacia evaluaba la percepción de competencia para enseñar ciencias y matemáticas y el dominio de la competencia. Por otra parte, la dimensión de actitud analizó la valoración de la disciplina, el interés y la predisposición hacia metodologías como el ERBO. Ambas dimensiones fueron analizadas de forma independiente para cada modalidad. La administración de los cuestionarios se realizó de forma individual y anónima, previo consentimiento informado, conforme a la aprobación del comité ético universitario (35/2025). El acceso al test se facilitó mediante un código QR en el campus virtual (modalidad ON) y en la clase (modalidad F2F).

La experiencia ERBO fue diseñada como una actividad gamificada secuencial compuesta por cuatro retos científico-matemáticos progresivos. Cada reto implicaba la resolución colaborativa de problemas, integrando razonamiento lógico, análisis y aplicación conceptual. Además, en ambas implementaciones el ERBO se estructuraba con una narrativa contextualizada, retos encadenados, presión temporal y cooperación entre participantes (Figura 1). En la modalidad ON, la experiencia se realizó en un entorno digital completo, mientras que el ERBO F2F se desarrolló en el aula mediante materiales físicos y pequeños apoyos multimedia.



ERBO en línea ERBO presencial

Figura 1. Compilación de pruebas y mecánicas del ERBO ON y F2F

RESULTADOS

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante Microsoft Excel y el software Jamovi (versión 2.6.26). Con el fin de asegurar la consistencia interna de ambos cuestionarios, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach utilizando Jamovi, obteniéndose un índice de fiabilidad de 0,865 para el cuestionario ON y de 0,930 para el F2F, lo que indica niveles de fiabilidad altos respectivamente. La prueba de Shapiro-Wilk confirmó la ausencia de normalidad en las variables analizadas ($p < 0,05$), por lo que se emplearon pruebas no paramétricas, concretamente la U de Mann-Whitney. Finalmente, se calcularon los valores p y el tamaño del efecto fue evaluado a través del cálculo de la correlación rango-biseral (r_{rb}).

En cuanto a la autoeficacia (SE), los resultados muestran un patrón diferenciado entre modalidades (Tabla 1). En la modalidad ON, las medianas iniciales ya eran elevadas en la mayoría de los ítems, por lo que no se observan diferencias estadísticamente significativas y los tamaños del efecto son pequeños, indicando una estabilidad de la autoeficacia percibida más que una ausencia de competencia. En cambio, en la modalidad F2F todos los ítems presentan diferencias altamente significativas y tamaños del efecto grandes. Las medianas parten de valores más bajos que en el grupo ON y experimentan incrementos sustanciales (por ejemplo, SE_3 pasa de 1,00 a 5,00), lo que refleja un incremento en la percepción de competencia para enseñar matemáticas.

Tabla 1. Resultados del estudio en los ítems de autoeficacia en ambos ERBO

VARIABLE	MEDIANA				VALOR *p*		TAMAÑO DEL EFECTO (r_{rb})			
	ON		F2F		ON	F2F	ON	F2F	ON	F2F
	Pre	Post	Pre	Post						
SE_1: Comprensión suficiente para enseñar matemáticas	4,00	4,00	1,00	4,50	0,523	<0,001	|-0,182|	|-4,60|	Pequeño	Grande
SE_2: Capacidad para responder preguntas matemáticas	4,00	4,00	1,00	4,00	0,144	<0,001	|-0,420|	|-4,52|	Pequeño	Grande
SE_3: Percepción de habilidades para enseñar matemáticas	3,00	4,00	1,00	5,00	0,168	<0,001	|-0,396|	|-6,19|	Pequeño	Grande
SE_5: Disfrute en la resolución de problemas matemáticos	3,00	3,00	1,00	4,50	0,327	<0,001	|-0,280|	|-6,09|	Pequeño	Grande

En cuanto a la actitud (AT), los ítems muestran también patrones distintos según la modalidad (Tabla 2). En la modalidad ON no se observan grandes diferencias y los tamaños del efecto se sitúan entre muy pequeño y pequeño. No obstante, en varias variables la mediana final del grupo ON continúa siendo igual o superior a la del grupo F2F, lo que indica el mantenimiento de una actitud favorable hacia las matemáticas. En la modalidad F2F todas las variables presentan diferencias altamente significativas y tamaños del efecto grandes, con incrementos notables en el interés y la preferencia por metodologías activas (AT_6 pasa de 1,00 a 4,50). Por ello, el ERBO muestra cambios más pronunciados en el grupo que partía de actitudes menos favorables (F2F), mientras que la versión ON mantiene y mejora levemente unas actitudes ya positivas.

Tabla 2. Resultados del estudio en los ítems de actitud en ambos ERBO

VARIABLE	MEDIANA				VALOR *p*		TAMAÑO DEL EFECTO (r_{rb})			
	ON		F2F		ON	F2F	ON	F2F	ON	F2F
	Pre	Post	Pre	Post						
AT_1: Utilidad de las matemáticas en la vida cotidiana	5,00	5,00	1,00	4,00	0,815	<0,001	0,066	|-5,32|	Muy Pequeño	Grande
AT_4: Interés por las matemáticas y los números	4,00	4,00	2,00	4,50	0,812	<0,001	|-0,067|	|-3,52|	Muy Pequeño	Grande
AT_5: Interés en ERBO de matemáticas	5,00	5,00	2,00	4,00	0,256	<0,001	|-0,325|	|-3,20|	Pequeño	Grande
AT_6: Preferencia por ERBO frente a clase tradicional, dentro de un contexto STEAM	4,00	5,00	1,00	4,50	0,088	<0,001	|-0,492|	|-3,46|	Pequeño	Grande

DISCUSIÓN

El análisis de los datos pone de manifiesto que, aunque ambas implementaciones del ERBO comparten diseño y estructura, el impacto sobre la autoeficacia y la actitud no es uniforme y está condicionado por los niveles iniciales de cada. Nicholson (2018) destaca el potencial de la gamificación para generar mejoras en variables motivacionales y afectivas. Los resultados confirman el valor pedagógico del ERBO, si bien la magnitud de los efectos no es homogénea.

En términos de autoeficacia, los participantes incrementaron su confianza en la comprensión de los contenidos científico-matemáticos, en su capacidad para responder a preguntas y en su competencia para afrontar la resolución de problemas, aunque el ERBO F2F obtuvo puntuaciones más altas. Estos resultados son coherentes con estudios como el de Falco y Summers (2019) que señalan que la autoeficacia matemática se fortalece mediante experiencias de aprendizaje activo que promueven dominio, retroalimentación inmediata y participación significativa. La interacción directa, la regulación compartida y la experiencia emocionalmente inmersiva del entorno presencial pueden explicar esta consolidación más profunda de las creencias de competencia. Por el contrario, el ERBO ON se mantuvo con tendencia positiva y aunque el entorno virtual facilita el acceso y la flexibilidad, puede resultar menos eficaz para generar transformaciones profundas en la percepción de control y competencia, tal como sugieren Taraldsen et al. (2020).

En relación con la actitud, la modalidad F2F destaca especialmente el aumento en la valoración del ERBO como estrategia para trabajar contenidos científico-matemáticos y en la reafirmación del papel del docente en su enseñanza. Estos hallazgos coinciden con Tan (2011), quien subraya la relevancia del rol docente en la construcción de actitudes positivas hacia la disciplina, así como con estudios que evidencian que las metodologías activas y experienciales favorecen el compromiso y la motivación del alumnado. En esta línea, Kinio et al. (2019) muestran que los ERBO educativos pueden incrementar el interés y la implicación del estudiantado en contextos presenciales. Por su parte, el ERBO ON mantuvo puntuaciones de actitud ya muy positivas y mostró pequeños cambios adicionales en sentido favorable, lo que sugiere que, en este grupo, la experiencia ha contribuido principalmente a consolidar una disposición previa positiva hacia las matemáticas y las metodologías gamificadas, en consonancia con los resultados de Yıldırım y Şen (2019), quienes señalan que la gamificación puede sostener altos niveles de motivación y actitud.

Desde la perspectiva STEAM, estos resultados adquieren especial relevancia. La integración efectiva de las ciencias y matemáticas en proyectos interdisciplinarios exige docentes que no solo dominen los contenidos, sino que se perciban competentes para enseñarlos y mantengan una actitud positiva hacia su aplicación (Tan, 2011). El fortalecimiento simultáneo de la autoeficacia y la actitud observado en la modalidad F2F sugiere que el ERBO contribuye significativamente a formar docentes más seguros, motivados y predispuestos a diseñar propuestas STEAM integradoras, vinculándolo con metodologías activas, compromiso emocional y enfoques interdisciplinares (Nicholson, 2018). En síntesis, aunque ambas modalidades del ERBO presentan potencial formativo, en este estudio la experiencia F2F amplificó en gran medida los ítems de autoeficacia y actitud. No obstante, el formato ON sirvió como una intervención que no solo mantuvo los niveles positivos, sino que mejoró en la mayoría de los ítems analizados.

CONCLUSIÓN

En esencia, la investigación pone de relieve que el ERBO, tanto en modalidad ON como F2F, constituye una herramienta útil para trabajar la autoeficacia y la actitud científicomatemática en la formación inicial del profesorado. En el grupo F2F, el ERBO se asocia con incrementos marcados en ambas variables, especialmente cuando los niveles de partida son más bajos, lo que subraya el potencial de los entornos inmersivos, colaborativos y emocionalmente intensos para transformar las creencias de competencia y la disposición hacia las matemáticas y las ciencias. En el grupo ON, la experiencia contribuye principalmente a sostener y matizar al alza actitudes y niveles de autoeficacia ya positivos, lo que apunta a un papel complementario de los formatos virtuales en contextos donde el acceso flexible y la continuidad formativa son relevantes.

Desde una perspectiva STEAM, estos resultados sugieren que los ERBO pueden formar parte de un repertorio de estrategias metodológicas orientadas a fortalecer la seguridad profesional y la apertura hacia propuestas interdisciplinarias innovadoras en futuros docentes. La autoeficacia y las actitudes del profesorado de matemáticas y ciencias se relacionan con el tipo de prácticas que implementan y con el rendimiento del alumnado. Incorporar experiencias activas y gamificadas como los ERBO en los planes de estudio de formación del profesorado puede contribuir a reducir la brecha entre los

discursos de innovación curricular y las prácticas reales, y favorecer la consolidación de docentes capaces de diseñar propuestas científicas y matemáticas más integradas, motivadoras y socialmente relevantes. Finalmente, en investigaciones futuras, se considera prioritario profundizar en el análisis de combinaciones híbridas de modalidades, ampliar la muestra y explorar diseños longitudinales que permitan valorar la estabilidad de los cambios en autoeficacia y actitud, así como su traducción efectiva en prácticas de aula reales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Clauson, A. S., Hahn, L., Frame, T. R., Hagan, A. M., Bynum, L. A., Thompson, M. S. y Kiningham, K. K. (2019). An innovative escape room activity to assess student readiness for advanced pharmacy practice experiences (APPEs). *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, *11*(7), 723-728. https://doi.org/10.1016/j.cptl.2019.03.011

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. y Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification." En *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*. (pp. 9-15). https://doi.org/10.1145/2181037.2181040

Falco, L. D. y Summers, J. J. (2019). Improving career decision self-efficacy and STEM self-efficacy in high school girls: Evaluation of an intervention. *Journal of Career Development*, *46*(1), 62-76. https://doi.org/10.1177/0894845317721651

Jeong, J. S. y González-Gómez, D. (2025). Examining the impact of flipped classroom learning (FCL) and gamified-flipped classroom learning (G-FCL) on students' attitudes and emotions toward learning in a university course. Active Learning in Higher Education, 14697874251347184. https://doi.org/10.1177/14697874251347184

Kinio, A. E., Dufresne, L., Brandys, T. y Jetty, P. (2019). Break out of the classroom: The use of escape rooms as an alternative teaching strategy in surgical education. *Journal of Surgical Education*, *76*(1), 134-139. https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2018.06.030

Nicholson, S. (2018). Creating engaging escape rooms for the classroom. *Childhood Education*, *94*(1), 44-49. https://doi.org/10.1080/00094056.2018.1420363

Philipp, R. A. (2007). Mathematics teachers' beliefs and affect. In *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 257–315). Emerald Publishing Limited.

Swars, S., Hart, L. C., Smith, S. Z., Smith, M. E. y Tolar, T. (2007). A longitudinal study of elementary pre-service teachers' mathematics beliefs and content knowledge. *School Science and Mathematics*, *107*(8), 325–335. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2007.tb17797.x

Tan, M. (2011). Mathematics and science teachers' beliefs and practices regarding the teaching of language in content learning. *Language Teaching Research*, *15*(3), 325-342. https://doi.org/10.1177/1362168811401153

Taraldsen, L. H., Haara, F. O., Lysne, M. S., Jensen, P. E. y Jenssen, E. S. (2020). A review on use of escape rooms in education – touching the void. *Education Inquiry*, *13*(2), 169-184. https://doi.org/10.1080/20004508.2020.1860284

Tschannen-Moran, M. y Hoy, A. W. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, *17*(7), 783–805. https://doi.org/10.1016/s0742-051x(01)00036-1

Yıldırım, İ. y Şen, S. (2019). The effects of gamification on students' academic achievement: A meta-analysis study. *Interactive Learning Environments*, *29*(8), 1301-1318. https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636089

Bioconstrucción y Aprendizaje-Servicio en educación STEM: impacto cognitivo y afectivo de un proyecto de Superadobe en secundaria y diversificación curricular

R. Corral de la Torre[1], G. Martínez-Borreguero[*1], F.L. Naranjo-Correa[1], M. Mateos-Núñez[1]*

[1] Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Extremadura, España

* Correspondencia: mmarbor@unex.es

RESUMEN: La desafección hacia las disciplinas STEM constituye uno de los principales retos de la educación científica, especialmente en alumnado procedente de contextos psicosociales vulnerables o con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE). Este estudio analiza el impacto de una intervención didáctica híbrida basada en ApS, ABP e IBSE en tres grupos de Educación Secundaria Obligatoria (N = 81), incluidos dos grupos ordinarios y uno de Diversificación Curricular. La propuesta consistió en el diseño y construcción de prototipos a escala de viviendas de emergencia mediante la técnica de bioconstrucción Superadobe, contextualizada en el problema socio-científico de los refugiados en zonas áridas. Se aplicó un diseño cuasi-experimental con medidas pretest y postest para evaluar variables cognitivo-competenciales y afectivo-motivacionales. Los resultados muestran mejoras estadísticamente significativas en el rendimiento cognitivo del conjunto de grupos participantes, junto con tamaños del efecto elevados. Se observó un aumento de la motivación intrínseca y una reducción de la frustración y la ansiedad académica. De forma especialmente relevante, el alumnado de Diversificación Curricular, pese a partir de niveles iniciales más bajos, alcanzó ganancias comparables a las de los grupos ordinarios. Los hallazgos sugieren que la integración de metodologías activas con una finalidad social real favorece el aprendizaje científico y presenta un notable potencial inclusivo en contextos educativos diversos.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje-Servicio; educación STEM; inclusión educativa; bioconstrucción; emociones académicas

ABSTRACT: Disaffection toward STEM disciplines is one of the main challenges facing science education, particularly among students from vulnerable psychosocial contexts or with Special Educational Needs (SEN). This study analyses the impact of a hybrid teaching intervention based on Service-Learning (SL), Project-Based Learning (PBL) and Inquiry-Based Science Education (IBSE) in three groups of Compulsory Secondary Education students (N = 81), including two regular groups and one Curricular Diversification group. The intervention involved the design and construction of scale prototypes of emergency housing using the Superadobe bioconstruction technique, contextualised within the socio-scientific issue of refugees in arid areas. A quasi-experimental pretest-posttest design was implemented to assess cognitive-competence and affective-motivational variables. The results show statistically significant improvements in the cognitive performance of the participating groups, together with large effect sizes. Likewise, an increase in intrinsic motivation and a reduction in frustration and academic anxiety were observed. Particularly relevant is the fact that the Curricular Diversification group, despite starting from lower initial levels, achieved gains comparable to those of the regular groups. The findings suggest that the integration of active methodologies with a genuine social purpose promotes science learning and shows considerable inclusive potential in diverse educational contexts.

KEYWORDS: Service-Learning; STEM education; educational inclusion; bioconstruction; academic emotions

INTRODUCCIÓN

La educación científica se enfrenta al desafío de revertir la creciente desafección del alumnado hacia las disciplinas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), especialmente en la educación secundaria, donde numerosos estudiantes perciben las ciencias como abstractas, difíciles y desconectadas de su realidad cotidiana. Esta problemática se intensifica en alumnado procedente de contextos psicosociales vulnerables, en Programas de Diversificación Curricular o con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE), donde los procesos de desvinculación académica pueden aparecer con mayor frecuencia (OECD, 2023). En este escenario, el dominio afectivo desempeña un papel determinante, ya que las emociones condicionan la relación del alumnado con el conocimiento científico, su motivación y su disposición a participar en el aula. En esta línea, el estudio del dominio afectivo tiende a alejarse de una clasificación exclusivamente dicotómica entre emociones positivas y negativas, para atender también a su carácter activador o desactivador y al modo en que estas configuraciones emocionales median la implicación del alumnado en las tareas científicas (Pekrun, 2024). Desde esta perspectiva, emociones como el interés, el disfrute o el orgullo pueden actuar como facilitadoras del aprendizaje, mientras que otras como la ansiedad, la frustración o el aburrimiento pueden convertirse en barreras relevantes para la participación y la persistencia académica (Pérez-Bueno et al., 2024). Por ello, el diseño de experiencias educativas que integren tanto el componente cognitivo con el afectivo resulta fundamental para promover una enseñanza de las ciencias más inclusiva y significativa. Ante esta realidad, resulta necesario promover una educación científica transformadora que no se limite a la adquisición de contenidos, sino que favorezca también el pensamiento crítico y la capacidad de la ciudadanía para implicarse en situaciones sociales complejas y tomar decisiones fundamentadas (Franco-Mariscal et al., 2024). El abordaje de estos problemas permite al alumnado aplicar conocimientos científicos, conectar lo aprendido con su vida cotidiana y adoptar posturas responsables ante desafíos globales y de sostenibilidad. Dentro de este marco, el Aprendizaje-Servicio (ApS) se configura como una herramienta idónea para articular el currículo de áreas STEM con la acción social. El ApS combina de manera estructurada el aprendizaje académico con el servicio a la comunidad en un mismo proyecto, permitiendo al alumnado aprender y desarrollar competencias mientras responde a necesidades reales del entorno (Bringle & Hatcher, 1996; Martín-Sánchez et al., 2024). Su integración en la educación científica favorece que los estudiantes visualicen la aplicabilidad directa de lo que estudian, incrementando su motivación y fortaleciendo, al mismo tiempo, su responsabilidad social, cívica y ambiental. A ello se suma el potencial del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y de la Investigación Basada en la Indagación (IBSE), metodologías que promueven una participación activa del alumnado en la resolución de problemas, la experimentación y la construcción compartida del conocimiento científico. Estas prácticas se alinean además con la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), que plantea la necesidad de integrar distintos campos del conocimiento mediante un aprendizaje basado en la acción para afrontar los grandes retos ambientales y sociales contemporáneos (Bascopé et al., 2019; UNESCO, 2022). Desde esta perspectiva, la alfabetización científica no debe entenderse únicamente como dominio conceptual, sino también como la capacidad de aplicar el conocimiento a problemáticas reales y participar activamente en la construcción de soluciones sostenibles.

A partir de este marco teórico, el presente estudio diseña e implementa una intervención interdisciplinar a través de una misión con utilidad social directa: la bioconstrucción de prototipos a escala de viviendas de emergencia mediante la técnica de Superadobe para refugiados en zonas áridas. La propuesta se plantea desde una integración STEM de carácter funcional, en la medida en que articula de forma conectada conocimientos de física, matemáticas, tecnología y sostenibilidad en torno a la resolución de un reto auténtico, y no como una mera yuxtaposición paralela de contenidos (Kelley y Knowles, 2016). Esta aproximación resulta coherente con los enfoques actuales de educación STEM integrada, que subrayan la importancia de movilizar múltiples disciplinas para abordar problemas reales mediante procesos de indagación, diseño y modelización (Thibaut et al., 2018; Portillo-Blanco et al., 2024). De este modo, el alumnado aplica saberes diversos en un contexto significativo que vincula el aprendizaje científico con una problemática humanitaria de alcance global. Su interés radica no solo en el contenido STEM trabajado, sino también en su capacidad para generar experiencias de aprendizaje con sentido, emocionalmente significativas y potencialmente inclusivas.

En este contexto, la principal aportación de este trabajo al área de Didáctica de las Ciencias Experimentales consiste en explorar cómo una intervención STEM con utilidad social real puede actuar simultáneamente sobre tres dimensiones del aprendizaje, cognitiva, afectiva e inclusiva, en una muestra que incorpora tanto grupos ordinarios de secundaria obligatoria como alumnado de Diversificación Curricular. De este modo, el estudio pretende aportar evidencia empírica sobre el valor de las metodologías activas contextualizadas para mejorar el aprendizaje científico y, al mismo tiempo, reducir barreras emocionales y educativas en contextos de mayor vulnerabilidad. Desde esta perspectiva, la pregunta de investigación que guía el estudio es la siguiente: *¿En qué medida una intervención didáctica híbrida basada en ApS, ABP e IBSE, centrada en la construcción de domos de Superadobe con finalidad social, favorece mejoras cognitivas y afectivo-motivacionales en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria, incluidos estudiantes de Diversificación Curricular?*

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló mediante un diseño cuasi-experimental con medidas pretest–postest, analizando variables cognitivas y afectivo-motivacionales del alumnado en un contexto real de aula en tres grupos de trabajo. El objetivo general fue analizar el impacto de una intervención didáctica híbrida, basada en ApS, ABP e IBSE y contextualizada en un problema socio-científico, sobre el aprendizaje, el dominio afectivo y el potencial inclusivo en alumnado de educación secundaria. En base a ello, se plantearon las siguientes hipótesis referidas a que la intervención mejorará significativamente el rendimiento cognitivo del alumnado (H1), favorecerá una evolución positiva del dominio afectivo, incrementando la motivación y reduciendo la ansiedad y la frustración académicas (H2) y producirá mejoras comparables en el alumnado de Diversificación Curricular y en los grupos ordinarios (H3). La muestra, seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, estuvo compuesta por 81 estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria, distribuidos en tres grupos-clase. Un grupo ordinario 1 (GO1, n = 29), un grupo ordinario 2 (GO2, n = 31) y un grupo de Diversificación Curricular en el que se integran estudiantes con trayectorias académicas más vulnerables y NEAE (GDC, n = 21). La inclusión del grupo de diversificación permitió analizar el potencial inclusivo de la intervención en un contexto de mayor heterogeneidad y vulnerabilidad académica.

La intervención didáctica implementada integró metodologías activas y planteó a los estudiantes un desafío con utilidad social real, en concreto, diseñar y construir prototipos a escala de viviendas de emergencia para refugiados en zonas áridas (desierto sirio) utilizando la técnica de bioconstrucción conocida como *Superadobe*. El desarrollo de la intervención didáctica se estructuró en tres fases experimentales en el aula en 12 sesiones. En la Fase 1(Evaluación inicial), se aplicaron las pruebas pretest para establecer la línea base del alumnado en las dimensiones cognitiva y afectiva analizadas en el estudio. En la Fase 2 (Desarrollo del proyecto), los estudiantes asumieron el rol de investigadores e ingenieros, desarrollando diferentes tareas propias de un proceso de indagación y diseño como: caracterización de materiales mediante ensayos de sedimentación y tamización de áridos, análisis de propiedades de los materiales y su idoneidad para la construcción, aplicación de herramientas matemáticas para el cálculo de proporciones y escalas, diseño estructural y construcción de prototipos de domos mediante sacos rellenos de tierra y alambre de espino como elemento de tracción, entre otros. Estas actividades permitieron integrar conocimientos de física, matemáticas, tecnología y sostenibilidad en la resolución de un reto auténtico con utilidad social. En la Fase 3 (Reflexión y cierre), la intervención finalizó con exposiciones grupales y debates sobre el proceso de construcción y sobre la problemática humanitaria de los refugiados, favoreciendo procesos de metacognición, reflexión crítica y socialización del conocimiento.

Se definieron tres dimensiones de análisis de variables: cognitiva, competencial y afectiva. Para su evaluación se empleó una estrategia de triangulación, combinando instrumentos cuantitativos y cualitativos, validados por juicio de experto y sometidos a análisis psicométricos. Concretamente, se aplicaron un test cognitivo-competencial de 20 ítems y un cuestionario afectivo-motivacional de 20 ítems, ambos en formato pretest y postest. Como instrumentos cualitativos se utilizaron la observación directa, los diarios de trabajo y entrevistas semiestructuradas. Los datos cuantitativos se analizaron

mediante estadística descriptiva e inferencial. Se calcularon medias y diferencias pretest-postest por grupo, y posteriormente se aplicaron pruebas t para muestras relacionadas. Además, se estimó el tamaño del efecto mediante d de Cohen y la ganancia normalizada. La información cualitativa se empleó con fines de triangulación e interpretación. El análisis se realizó por grupos, lo que permitió comparar la evolución del alumnado de aulas ordinarias y del Programa de Diversificación Curricular.

RESULTADOS

El análisis de los datos obtenidos muestra que la implementación de la intervención didáctica desarrollada generó mejoras en las dimensiones cognitiva y afectivo-motivacional, así como indicios de un efecto inclusivo en el alumnado de Diversificación Curricular. El análisis comparativo de las puntuaciones obtenidas en el test cognitivo antes y después de la intervención muestra una mejora generalizada en los tres grupos participantes. La Tabla 1 presenta los estadísticos descriptivos y la evolución de las puntuaciones medias en el pretest y el postest.

Tabla 1. Evolución de los resultados cognitivos (pretest–postest)

Grupo	Media Pretest	Desviación Pretest	Media Postest	Desviación Postest	Diferencia Post-Pretest	t	Sig. (p)	d	g
GO1	0,52	0,12	0,80	0,11	+0,28	8,72	<0,001	1,62	0,58
GO2	0,52	0,15	0,78	0,13	+0,26	7,31	<0,001	1,33	0,54
GDC	0,41	0,26	0,69	0,16	+0,28	4,08	<0,001	0,93	0,47

Para determinar la significación estadística de estas diferencias se aplicaron, tras comprobar los supuestos de normalidad y la adecuación del análisis paramétrico, pruebas t para muestras relacionadas, cuyos resultados indican mejoras estadísticamente significativas ($p< 0,001$) en todos los grupos. Asimismo, el cálculo del tamaño del efecto mediante d de Cohen reveló valores elevados en los tres casos ($d_{GO1} = 1,62$; $d_{GO2} = 1,33$; $d_{GDC} = 0,93$), lo que indica un impacto educativo relevante de la intervención. Por otro lado, con el fin de estimar la magnitud del aprendizaje alcanzado se calculó también la ganancia normalizada (g). Los valores obtenidos fueron 0,58 (GO1), 0,54 (GO2) y 0,47 (GDC), lo que sitúa a los tres grupos en un rango de ganancia media y confirma que la intervención produjo un aprendizaje significativo. A nivel competencial, el alumnado logró un 100% de éxito en la ejecución y construcción física de las maquetas sismorresistentes y mejoró en un 43,2% la asimilación de los fundamentos técnicos. Este hallazgo resulta especialmente relevante que el grupo de Diversificación Curricular, pese a partir de niveles iniciales más bajos, alcanzó una ganancia comparable a la de los grupos ordinarios, reforzando así el potencial inclusivo de la propuesta,

Los resultados del cuestionario afectivo-motivacional evidencian una evolución favorable del dominio afectivo tras la intervención. En términos generales, se observa un incremento de disposiciones activadoras del aprendizaje científico y una reducción de barreras emocionales asociadas a la participación en tareas STEM. En relación con las variables que favorecen la implicación académica, el clima emocional positivo del aula aumentó un 17,5%, mientras que la curiosidad científica vinculada a la sostenibilidad creció un 10,94%. Asimismo, la motivación intrínseca alcanzó un 94,1% en el postest. De forma más específica, el entusiasmo pasó del 78,87% al 91,55%, la alegría asociada al proceso de aprendizaje aumentó del 80,70% al 94,29%, y el orgullo por el trabajo realizado se incrementó del 88,41% al 94,29%. De forma paralela, se registró una disminución notable de variables que pueden actuar como freno del aprendizaje. La frustración descendió del 35,21% en el pretest al 2,82% en el postest, mientras que la ansiedad y el miedo a fallar pasaron del 56,30% al 39,70%. Estos resultados sugieren que la intervención no solo favoreció la implicación cognitiva del alumnado, sino que también contribuyó a generar un entorno emocional más seguro para afrontar tareas científicas y matemáticas. La información cualitativa obtenida mediante observación de aula y entrevistas refuerza esta interpretación. En las verbalizaciones del alumnado aparece de manera recurrente la idea de que el propósito humanitario del proyecto ayudó a disminuir el miedo al error, especialmente en actividades vinculadas al cálculo, la medida y la toma de decisiones técnicas. En este sentido, la utilidad social de la tarea parece haber actuado como mediadora entre el compromiso emocional y la persistencia

académica. La tabla 2 muestra una síntesis de la evolución afectivo-motivacional (pretest–postest).

Tabla 2. Síntesis de la evolución afectivo-motivacional (pretest–postest)

Variable afectiva	Pretest (%)	Postest (%)
Motivación intrínseca	59,72	94,10
Entusiasmo	78,87	91,55
Alegría	80,70	94,29
Orgullo por el trabajo	88,41	94,29
Frustración	35,21	2,82
Ansiedad / miedo a fallar	56,30	39,70

Los resultados obtenidos respaldan las hipótesis H1 y H2 planteadas al inicio, y aportan evidencia a favor de la hipótesis H3, al mostrar que la intervención mejoró el rendimiento cognitivo, favoreció una evolución positiva del dominio afectivo y produjo ganancias comparables en el alumnado de Diversificación Curricular.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que la intervención didáctica basada en Aprendizaje-Servicio, Aprendizaje Basado en Proyectos e Investigación Basada en la Indagación produjo efectos positivos tanto en el aprendizaje cognitivo como en el dominio afectivo del alumnado. En el plano cognitivo, las mejoras observadas en los tres grupos participantes, junto con los valores elevados de tamaño del efecto y las ganancias normalizadas obtenidas, sugieren que la contextualización del aprendizaje científico en un reto auténtico favorece la comprensión conceptual y la transferencia del conocimiento. Estos resultados son coherentes con investigaciones que destacan el potencial de las metodologías activas para promover aprendizajes significativos en educación STEM cuando se articulan en torno a problemas reales y socialmente relevantes (Hmelo-Silver et al., 2007; Thibaut et al, 2018). La ganancia normalizada obtenida en los tres grupos se sitúa en el rango de ganancia media, lo que indica que la intervención produjo un impacto educativo relevante en el aprendizaje del alumnado. Este resultado coincide con estudios que han mostrado que las metodologías basadas en indagación y proyectos pueden generar mejoras sustanciales en la comprensión de conceptos científicos cuando el alumnado participa activamente en procesos de investigación, diseño y resolución de problemas (Pedaste et al, 2015).

Desde el punto de vista afectivo, los resultados muestran una evolución positiva del clima emocional del aula, caracterizada por un incremento de disposiciones activadoras del aprendizaje, como la motivación intrínseca, el entusiasmo o la curiosidad científica, y una disminución de variables que pueden actuar como barreras para el aprendizaje, como la frustración o la ansiedad académica. Estos hallazgos se alinean con la literatura reciente que subraya la importancia del dominio emocional en el aprendizaje de las ciencias y su influencia en la participación y persistencia del alumnado (Pekrun, 2024). En este sentido, el proyecto parece haber contribuido a generar un entorno emocional más seguro para la experimentación, el error y la toma de decisiones, elementos fundamentales en el aprendizaje científico. Uno de los aspectos más relevantes del estudio es el comportamiento del grupo perteneciente al Programa de Diversificación Curricular. A pesar de partir de niveles iniciales más bajos, este alumnado alcanzó ganancias cognitivas comparables a las de los grupos ordinarios y mostró una evolución coherente con la tendencia afectiva positiva observada en la muestra. Este resultado sugiere que las intervenciones basadas en proyectos contextualizados y con utilidad social pueden actuar como herramientas pedagógicas inclusivas, capaces de reducir barreras emocionales y favorecer la implicación de estudiantes con trayectorias escolares más vulnerables. Este hallazgo coincide con investigaciones recientes que destacan el potencial del Aprendizaje-Servicio para promover procesos de inclusión educativa y fortalecer el compromiso del alumnado con el aprendizaje científico (Martín-Sánchez et al., 2024).

Asimismo, el componente de utilidad social del proyecto parece haber desempeñado un papel clave en la implicación del alumnado. La conexión entre el aprendizaje científico y una problemática humanitaria real, el diseño de soluciones habitacionales para refugiados, permitió dotar de sentido al trabajo realizado en el aula. Este resultado coincide con investigaciones sobre Problemas Socio-Científicos que muestran que la contextualización del aprendizaje en situaciones reales favorece el desarrollo del pensamiento crítico y aumenta la motivación hacia la ciencia (Franco-Mariscal et al., 2024).Desde una perspectiva más amplia, la intervención también se alinea con los principios de la Educación para el Desarrollo Sostenible, al integrar contenidos científicos, tecnológicos y sociales en la resolución de un problema complejo relacionado con la sostenibilidad y la justicia social (UNESCO, 2022). La bioconstrucción mediante Superadobe permitió trabajar simultáneamente conceptos científicos, procesos de diseño y reflexión social, generando una experiencia educativa interdisciplinar con sentido. En base a lo anterior, los resultados de este estudio sugieren que la combinación de Aprendizaje-Servicio, Aprendizaje Basado en Proyectos e Indagación científica puede constituir una estrategia didáctica eficaz para promover simultáneamente el aprendizaje conceptual, el desarrollo emocional positivo y la inclusión educativa en la enseñanza de las ciencias. Futuras investigaciones podrían ampliar la muestra, analizar el impacto de este tipo de intervenciones en distintos niveles educativos y explorar con mayor profundidad la relación entre emociones académicas y aprendizaje científico en contextos STEM con utilidad social.

AGRADECIMIENTOS

PID2022-140601OA-I00 (AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bascopé, M., Perasso, P. y Reiss, K. (2019). Systematic review of education for sustainable development at an early stage: Cornerstones and pedagogical approaches for teacher professional development. *Sustainability, 11*(3), 719. https://doi.org/10.3390/su11030719

Bringle, R. G. y Hatcher, J. A. (1996). Implementing service learning in higher education. *The Journal of Higher Education, 67*(2), 221–239. https://doi.org/10.2307/2943981

Franco-Mariscal, A. J., Cano-Iglesias, M. J., España-Ramos, E. y Blanco-López, Á. (2024). The ENCIC-CT model for the development of critical thinking. En A. J. Franco-Mariscal (Ed.), *Critical thinking in science education and teacher training* (pp. 3–44). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78578-8_1

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. y Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist, 42*(2), 99–107 https://doi.org/10.1080/00461520701263368

Kelley, T. R. y Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*, 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Martín-Sánchez, A., González-Gómez, D. y Jeong, J. S. (2024). El Aprendizaje-Servicio en el sistema educativo: Evaluación del grado de implementación como herramienta para trabajar la sostenibilidad. *Ápice. Revista de Educación Científica, 8*(2), 37–52. https://doi.org/10.17979/arec.2024.8.2.10682

OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. y Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47–61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Pekrun, R. (2024). Control-value theory: From achievement emotion to a general theory of human emotions. *Educational Psychology Review, 36*, 83. https://doi.org/10.1007/s10648-024-09909-7

Pérez-Bueno, B., de las Heras Pérez, M. Á. y Jiménez-Pérez, R. (2024). Enfoques académicos de las emociones hacia la Física en maestros en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias, 42*(2). https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6011

Portillo-Blanco, A., Deprez, H., De Cock, M., Guisasola, J. y Zuza, K. (2024). A systematic literature review of integrated STEM education: Uncovering consensus and diversity in principles and characteristics. *Education Sciences, 14*(9), 1028. https://doi.org/10.3390/educsci14091028

Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W. y Depaepe, F. (2018). The influence of teachers' attitudes and school context on instructional practices in integrated STEM education. *Teaching and Teacher Education, 71*, 190–205. https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.12.014

UNESCO. (2022). *Education for sustainable development: A roadmap.* UNESCO. https://doi.org/10.54675/YFRE1448

Enfoques interdisciplinares y gamificados para la enseñanza-aprendizaje de contenidos científicos y matemáticos: análisis del impacto emocional en maestros en formación

Ana Isabel Montero-Izquierdo [1], Jin Su Jeong [2] y David González-Gómez [3]*

[1] Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España.

[2] Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España.

[3] Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura, España.

* Correspondencia: ana_montero@unex.es

RESUMEN: El presente estudio examina la influencia en las emociones en maestros en formación tras la implementación de un enfoque interdisciplinar desarrollada en un espacio innovador de aprendizaje caracterizado por promover dinámicas activas centradas en el estudiante, apoyadas en tecnologías emergentes y prácticas colaborativas para la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. Este estudio se llevó a cabo con en un total de 54 docentes en formación matriculados en el Grado de Educación Primaria. Los datos recabados, a través de cuestionarios online facilitados antes y después de la intervención, se analizaron de forma cuantitativa con objeto de determinar el impacto de aplicar la intervención en sus emociones. La participación fue anónima y voluntaria. Las actividades fueron diseñadas conforme a los principios de los enfoques interdisciplinares, haciendo uso de los distintos espacios de aprendizaje del Aula del Futuro (AdF) e incorporando herramientas digitales. Los resultados indican que la implementación de esta intervención didáctica en el espacio innovador de aprendizaje ha ejercido un impacto positivo en las emociones de los futuros maestros en formación, reflejándose en un aumento de las emociones positivas y una disminución de las negativas hacia el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas. Estos resultados sugieren que la implementación de esta intervención innovadora basada en enfoques interdisciplinares contribuyó a mejorar la respuesta emocional del alumnado la cual tiene una gran implicación en el aprendizaje. Asimismo, se pone de manifiesto que prácticas de este tipo pueden aplicarse para favorecer el aprendizaje de contenidos científicos-matemáticos.

PALABRAS CLAVE: Aula del Futuro (AdF); enseñanza de las ciencias; emociones; enseñanza de las matemáticas; gamificación; interdisciplinar.

ABSTRACT: This study examines the influence of an interdisciplinary approach on students' emotions in a science and mathematics courses, developed within the framework of an innovative learning space characterized by promoting active student-centered methodology supported by emerging technologies and collaborative practices. This study was conducted with a total of 54 trainee teachers enrolled in a Primary Education degree program. The data were analyzed quantitatively using online questionnaires administered before and after the intervention to analyze the impact of the intervention on their emotions. Participation was anonymous and voluntary. The activities were designed in accordance with the principles of interdisciplinary approaches, making use of different learning spaces of the Future Classroom Lab (FCL) and incorporating digital tools. The results indicate that the implementation of this teaching intervention in the innovative learning space has had a positive impact on the emotions of pre-service teachers, reflected in an increase in positive emotions and a decrease in negative ones. However, the sample size of the study could be considered small. Therefore, in future studies the number of participants will be expanded to increase the robustness and generalizability of the findings. These results suggest that the implementation of this innovative intervention, based on interdisciplinary approaches, helped improve students' emotional response, which has a significant impact on learning.

Furthermore, it is evident that practices of this kind can be applied to enhance the learning of science and mathematics content.

KEYWORDS: Future Classroom Lab (FCL); science education; emotions; mathematics education; gamification; interdisciplinary.

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios recientes cuestionan la eficacia de los enfoques tradicionales de enseñanza y destacan la necesidad de que el alumnado participe en la construcción de su propio conocimiento (Freeman et al., 2014). Diferentes investigaciones mencionan que los enfoques educativos interdisciplinares ayudan a promover conexiones significativas entre disciplinas y favorecer procesos creativos y de resolución de problemas de los estudiantes (Henriksen, 2017; Quigley et al., 2017). La educación interdisciplinar se ha consolidado como un enfoque clave para abordar problemas complejos y promover aprendizajes significativos, al integrar conocimientos, métodos y formas de pensar procedentes de distintas disciplinas, lo que permite, como resultado, una comprensión más completa y profunda de los temas y problemas que se presentan. En el ámbito educativo, este enfoque permite que los estudiantes establezcan conexiones profundas entre conceptos y desarrollen competencias transversales como la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico (Drake & Reid, 2020). Por otro lado, la gamificación constituye una de las metodologías activas empleadas en la actualidad para fomentar la motivación del alumnado y promover una participación más activa en la construcción de su aprendizaje. De acuerdo con Kapp (2012), este enfoque implica la incorporación de mecánicas propias del juego con el propósito de implicar al estudiantado, estimular su motivación, favorecer el aprendizaje y facilitar la resolución de problemas. En este sentido, la gamificación incentiva conductas positivas, potencia la colaboración entre los estudiantes, impulsa los procesos de aprendizaje y fortalece las habilidades vinculadas al pensamiento crítico y la resolución de problemas. La eficacia de esta metodología depende en gran medida de la mecánica lúdica seleccionada y de su adecuación al contenido trabajado, elementos que incrementan su atractivo. Asimismo, la narrativa constituye un componente esencial en el diseño gamificado (Giakalaras, 2016). Además, los entornos de aprendizaje innovadores permiten que el alumnado utilice dispositivos tecnológicos como recursos educativos que favorecen su implicación en el proceso formativo. Asimismo, incorporan diversas áreas de aprendizaje (investigar, crear, desarrollar, interactuar, presentar e intercambiar) que facilitan el trabajo colaborativo entre los participantes. Cada una de estas zonas dispone de mobiliario y equipamiento tecnológico específico. Dichos recursos incluyen pizarras digitales, pantallas táctiles, distintos dispositivos móviles y una cámara integrada en el estudio de grabación (European Schoolnet, 2017), proporcionando espacios físicos adecuados y tecnologías con un alto potencial motivador. El empleo de estas herramientas no solo contribuye al desarrollo de conocimientos, habilidades y competencias, sino que también incrementa la motivación del alumnado hacia el aprendizaje (Kruchinina et al., 2016). Asimismo, numerosos estudios destacan que las emociones influyen de manera decisiva en la motivación, la autoeficacia y el rendimiento en contextos científicos, lo que justifica su análisis en investigaciones educativas (Pekrun, 2017; Zembylas, 2004). Por tanto, en este estudio se llevó a cabo un análisis de las emociones de maestros en formación tras la implementación de un enfoque interdisciplinar desarrollada en el marco de un espacio innovador de aprendizaje para la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. Este análisis resulta pertinente, dado que las emociones desempeñan un papel fundamental en el aprendizaje al influir en la atención, la motivación y los procesos cognitivos del estudiantado.

METODOLOGÍA

La intervención consistió en una experiencia interdisciplinar y gamificada. Para el diseño de esta propuesta educativa, se tuvieron en cuenta las materias de ciencias y matemáticas, y los temas específicos tratados fueron el universo y el sistema de numeración. Se propusieron varias actividades en las diferentes áreas de aprendizaje. Estas áreas de aprendizaje están diseñadas para ser utilizadas según las necesidades de los alumnos y permiten al profesor actuar como facilitador, proporcionando

retroalimentación a los alumnos. Además, la configuración del aula fomenta el trabajo colaborativo y el desarrollo de competencias, como la resolución de problemas, la autonomía, la creatividad, la innovación, la competencia digital y la colaboración. La intervención incluye cuatro actividades principales: (1) Investigar el universo, (2) Crear un sistema de numeración, (3) Interactuar y desarrollar una bandera de realidad aumentada y una bandera de cámara lenta de exoplanetas con respecto al sistema de numeración diseñado, y (4) Intercambiar y presentar los hallazgos (Figura 1).

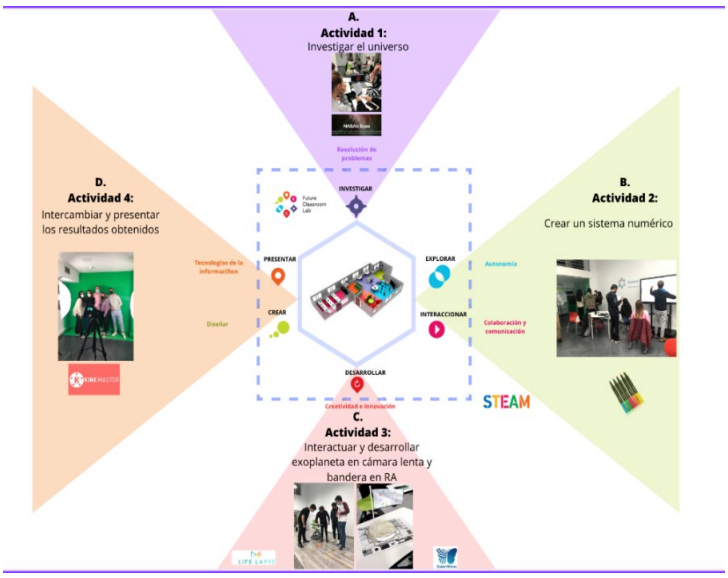


Figura 1. Diseño de la intervención.

Los participantes se dividieron en pequeños grupos de cinco estudiantes y las actividades se llevaron a cabo en diversas zonas de aprendizaje. En cuanto a la intervención, se crearon cuatro actividades principales en cada área (Figura 1). La duración total de la intervención fue de dos horas, con treinta minutos para cada una de las cuatro actividades. La actividad inicial se llevó a cabo en la zona de aprendizaje «investigar» (Figura 1A). Los estudiantes utilizaron ordenadores portátiles y teléfonos móviles para acceder al sitio web oficial de la NASA y aprender sobre los exoplanetas. A continuación, completaron un cuestionario denominado "Los ojos de los exoplanetas" y una tarjeta sobre el exoplaneta. La segunda actividad se llevó a cabo en la zona «crear». El objetivo era construir un nuevo sistema de numeración que pudiera expresar cualquier número de forma coherente mediante la creación de nuevos símbolos (Figura 1B). Al final, los estudiantes tuvieron que realizar diferentes operaciones aritméticas establecer una relación entre el sistema de numeración creado y el sistema numérico decimal. En resumen, esta actividad requería que los estudiantes esbozaran el sistema de numeración en una pizarra digital y/o en una pared de cristal. A continuación, en las áreas de «desarrollo» e «interacción», los estudiantes tuvieron que grabar un vídeo a cámara lenta de un exoplaneta (Figura 1C). El objetivo de esta actividad era ilustrar cómo un exoplaneta órbita alrededor de su luna. La siguiente actividad consistió en la creación de una bandera simbólica de realidad aumentada en relación con el sistema de numeración creado. Se utilizó la aplicación de realidad aumentada Quiver para obtener una imagen y un vídeo de realidad aumentada (Figura 1C). Por último, en las áreas de «presentación» e «intercambio», el objetivo era crear un vídeo utilizando el croma. Se pidió a los estudiantes que presentaran todos los descubrimientos realizados durante la intervención y describieran los resultados de cada actividad del proyecto (Figura 1D).

El estudio contó con la participación de un total de 54 estudiantes matriculados en el segundo curso del Grado en Educación Primaria. En la Tabla 1 se presenta la información demográfica de la muestra de estudio. La participación de los estudiantes fue completamente voluntaria y anónima. En todo momento se siguieron los protocolos establecidos para este estudio por el comité de bioética de la universidad de los autores (número de protocolo 77/2023).

Tabla 1. Información demográfica de la muestra de estudio

N	Edad	Género (%)		Formación educativa previa a la universidad (%)			
54	20,2	Masculino	Femenino	Ciencia	Ciencias Sociales o Humanidades	Tecnología	Otros
		40	60	37	52	7	4

El estudio se enmarca en un diseño de investigación cuantitativo, concretamente en un diseño cuasi-experimental de tipo pre- y post-test con un único grupo. El instrumento utilizado fue un cuestionario online con respuestas de una escala Likert de 5 puntos, que contenía 14 ítems relacionados con las emociones que les suscita la realización de la intervención. La recopilación de datos se llevó a cabo mediante cuestionarios administrados antes y después de la intervención, con el fin de evaluar las emociones positivas y negativas del alumnado. El instrumento empleado, adaptado y ha sido previamente utilizado y validado en investigaciones anteriores (Dunbar et al., 2016). En primer lugar, se aplicó el coeficiente alfa de Cronbach para determinar la fiabilidad del cuestionario, obteniéndose un valor de 0,827, lo que indica una consistencia interna adecuada. Posteriormente, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de los datos, lo que llevó a emplear pruebas estadísticas no paramétricas debido a la ausencia de distribución normal. Finalmente, se aplicó la prueba de Mann-Whitney para determinar la existencia de diferencias relevantes entre ambas mediciones y los tamaños del efecto se calcularon mediante la correlación biserial de rangos (*rrb*) para datos no paramétricos en los casos en que se encontraron diferencias significativas (Cureton, 1956; Kerby, 2014). El análisis estadístico se realizó utilizando Excel y el software Jamovi (versión 2.3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados relativos a las emociones positivas y negativas se presentan en la Table 2 y la Figura 2. En primer lugar, se obtuvo la media y desviación estándar de las puntuaciones obtenidos del pre- y post-test, identificando las variables con diferencias estadísticamente significativas. Tras la intervención, se observa una mejora generalizada en todas las emociones positivas, así como una disminución en la intensidad de las emociones negativas. En conjunto, el análisis emocional evidencia un progreso favorable en todas las variables evaluadas.

Tabla 2. Valores de la media (M) y desviación estándar (DS) de los items de emoción en pre-y post-test.

		EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7	EM8	EM9	EM 10	EM 11	EM 12	EM 13	EM 14
M	Pre-test	3,59	3,61	3,81	3,81	3,28	3,41	3,37	3,56	2,48	2,09	1,83	1,61	1,78	1,72
	Post-test	4,67	4,67	4,59	4,70	4,46	4,52	4,37	1,80	1,54	1,30	1,28	1,09	1,13	1,28
DS	Pre-test	1,19	1,23	1,12	1,10	1,19	1,14	1,20	1,22	1,28	1,20	1,02	0,94	1,02	1,00
	Post-test	0,67	0,70	0,79	0,63	0,97	0,88	1,14	1,34	0,95	0,69	0,74	0,29	0,39	0,63

Comunicaciones Estándar
Aprendizaje experiencial, interdisciplinariedad y actitudes en propuestas STEM innovadoras

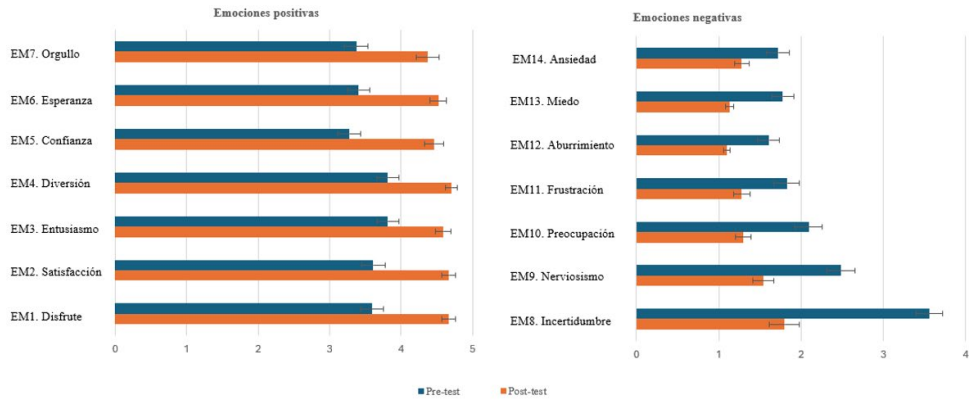


Figura 2. Valores de las medias de los ítems de emociones en el cuestionario pre- y post-test

La prueba de Mann-Whitney para determinar la existencia de diferencias relevantes entre ambas mediciones y los tamaños del efecto se calcularon mediante la correlación biserial de rangos (*rrb*). En la tabla 3 se especifica el tamaño de efecto para cada uno de los ítems, resultando todos ellos en un tamaño de efecto grande (*rrb* ≥*0.50*) y medio (*rrb*=0.30-0.49) (Cureton, 1956; Kerby, 2014).

Tabla 3. Resultados de la prueba de U Mann-Whitney: valor *p* y tamaño de efecto-correlación biseriada de rangos (*rrb*) en los ítems de emociones

Ítems	***p***	***Tamaño de efecto (rrb)***	
EM1. Disfrute	<0,001	0,531	Grande
EM2. Satisfacción	<0,001	0,533	Grande
EM3. Entusiasmo	<0,001	0,405	Medio
EM4. Diversión	<0,001	0,465	Medio
EM5. Confianza	<0,001	0,557	Grande
EM6. Esperanza	<0,001	0,553	Grande
EM7. Orgullo	<0,001	0,485	Medio
EM8. Incertidumbre	<0,001	0,656	Grande
EM9. Nerviosismo	<0,001	0,449	Medio
EM10. Preocupación	<0,001	0,404	Medio
EM11. Frustración	<0,001	0,340	Medio
EM12. Aburrimiento	<0,001	0,325	Medio
EM13. Miedo	<0,001	0,384	Medio
EM14. Ansiedad	0,004	0,266	Pequeño

Los resultados de este estudio evidencian la utilidad de integrar enfoques interdisciplinares y metodologías activas en la formación inicial del profesorado, especialmente en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. La intervención permitió a los participantes experimentar su aprendizaje en un entorno que integra diversas zonas de aprendizaje, recursos digitales y dinámicas colaborativas, elementos que potencian la implicación y el compromiso del alumnado (European Schoolnet, 2017). Asimismo, el estudio confirma la importancia de considerar las emociones en el aprendizaje científico-

matemático. Tal como subrayan Pekrun (2017) y Zembylas (2004), las emociones positivas desempeñan un papel decisivo en la motivación, la atención y los procesos cognitivos, por lo que su incremento tras la intervención constituye un indicador relevante del potencial pedagógico de los enfoques interdisciplinares apoyados en tecnologías emergentes. La disminución de emociones negativas refuerza esta idea y sugiere que este tipo de intervenciones pueden contribuir a reducir barreras afectivas hacia el aprendizaje científicomatemático.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que la implementación de una intervención basada en enfoques interdisciplinares dentro de un espacio innovador de aprendizaje, apoyado en tecnologías emergentes y dinámicas activas, ejerce un impacto positivo en las emociones de los maestros en formación. Estos hallazgos sugieren que las intervenciones innovadoras contribuyen a generar emociones más favorables hacia las disciplinas científicomatemáticas. Asimismo, se concluye que prácticas de este tipo pueden mejorar la respuesta emocional del alumnado y favorecer su motivación hacia las ciencias y las matemáticas, facilitando el desarrollo de competencias necesarias para desenvolverse en entornos colaborativos como el AdF y aplicando enfoques interdisciplinares en la formación inicial docente. Finalmente, este estudio aporta evidencia empírica que respalda la necesidad de innovar en intervenciones educativas en la formación inicial docente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cureton, E. E. (1968). Rank-biserial correlation when ties are present. *Educational and Psychological Measurement*, *28*(1), 77-79. https://doi.org/10.1177/001316446802800107

Dunbar, R. L., Dingel, M. J., Dame, L. F., Winchip, J., & Petzold, A. L. (2016). Student social self-efficacy, leadership status, and academic performance in collaborative learning. *Studies in Higher Education, 43*(9), 1507-1523. https://doi.org/10.1080/03075079.2016.1265496

Drake, S. M., & Reid, J. L. (2018). Integrated curriculum as an effective way to teach 21st century capabilities. *Asia Pacific journal of educational research*, *1*(1), 31-50. https://doi.org/10.30777/APJER.2018.1.1.03

European Schoolnet (2017). Transforming education in Europe. http://www.eun.org/about

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Journal of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410-8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Giakalaras, M. M. (2016). Gamification and storytelling. *University of Aegean, 8*, 1-7.

Henriksen, D. (2017). Creating STEAM with design thinking: Beyond STEM and arts integration. *The STEAM Journal*, *3*(1), 11. https://doi.org/10.5642/steam.20170301.11

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1145/2207270.2211316

Kerby, D. S. (2014). The simple difference formula: An approach to teaching nonparametric correlation. *Comprehensive Psychology*, *3*, 11. https://doi.org/10.2466/11.IT.3.1

Kruchinina, G. A., Tararina, L. I., Sokolova, E. E., Limarova, E. V., Muskhanova, I. V., Arsaliyev, S. M., Bazayeva, F. U., & Tagirova, N. P. (2016). Information and communication technologies in education as a factor of students' motivation. *International Review of Management and Marketing, 6*(2), 104-109. https://izlik.org/JA94XL38WM

Pekrun, R. (2017). Emotion and achievement during adolescence. *Child Development Perspectives*, *11*(3), 215-221. https://doi.org/10.1111/cdep.12237

Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School science and mathematics*, *117*(1-2), 1-12. https://doi.org/10.1111/ssm.12201

Zembylas, M. (2004). Emotion metaphors and emotional labor in science teaching. *Science Education*, *88*(3), 301-324. https://doi.org/10.1002/sce.10116

La Colmena: un espacio generador de aprendizajes sobre las abejas en 3, 4 y 5 años

Mª José Sáez-Bondía [1], Ester Mateo [1], Jorge Martín-García [1] y Sara Fernández-López del Moral [1]*

[1] Departamento Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza, España
* Correspondencia: msaezbo@unizar.es

RESUMEN: Este trabajo analiza y compara las ideas expresadas por niños de 3, 4 y 5 años tras el desarrollo de una secuencia enmarcada en ciclos de indagación basada en el juego iniciadas por momentos de juego libre en un Espacio de Ciencia Inclusivo de Libre Elección monotemático: el Espacio La Colmena. Para su análisis se realizaron transcripciones de grabaciones de vídeo y audio de las últimas sesiones de la secuencia, a partir de las cuales se extrajeron las ideas expresadas. Se identifican ideas interrelacionadas sobre la morfología y cambios de las abejas, su alimentación y sus consecuencias, la organización de la colmena y acciones asociadas al trabajo de los apicultores. Se observan diferencias sustanciales en las ideas de los niños de 3 años, no identificándose apenas diferencias entre las de 4 y 5 años. Estas diferencias se asocian a la necesidad de abstracción que requiere aprender algunos aspectos relacionados con esta temática.

PALABRAS CLAVE: espacios de ciencia de libre elección; juego; Educación Infantil; abejas.

ABSTRACT: This study analyses and compares the ideas expressed by 3-, 4- and 5-year-old children following the implementation of a sequence of play-based inquiry cycles, initiated during periods of free play in a single-theme inclusive free-choice science learning environment: The Beehive Space. For the analysis, transcriptions were made of video and audio recordings from the final sessions of the sequence, from which the ideas expressed were extracted. Interrelated ideas were identified regarding the morphology and changes in bees, their diet and their consequences, the organization of the hive, and actions associated with the work of beekeepers. Substantial differences were observed in the ideas of the 3-year-olds, with hardly any differences identified between those of the 4- and 5-year-olds. These differences are associated with the need for abstraction required to learn certain aspects related to this topic.

KEYWORDS: free choice science learning environments, play; early childhood education, bees.

INTRODUCCIÓN

Muchas de las actividades de ciencia que se desarrollan en las aulas de Educación Infantil (EI) parten de fenómenos que los más pequeños vivencian en su entorno próximo. En otras ocasiones parten de la fascinación que generan determinados temas que, aunque lejanos a su día a día, son tema de conversación y diálogo en el aula, como pueden ser los dinosaurios. Sin embargo, no siempre las decisiones de las temáticas a desarrollar en el aula parten de esos contextos, sino que surgen de la iniciativa de los y las docentes, los cuales deben plantear situaciones que impliquen al alumnado (Broström, 2015).

Es esta última situación de la que parte este trabajo. El centro educativo en el que se contextualiza esta investigación había decidido ese curso habilitar un aula nueva denominada “La Colmena”. A modo de símil con la organización de las abejas, la finalidad de este espacio era introducir la importancia del trabajo en equipo y la colaboración entre iguales. Así, la nueva aula, dio pie a las maestras de Educación Infantil para planificar y desarrollar una secuencia de enseñanza para aprender sobre las abejas melíferas y su entorno.

La problemática ecosocial asociada a la pérdida de insectos polinizadores, y en concreto de las abejas, se localiza en trabajos recientes que evalúan secuencias de enseñanza y aprendizaje en la etapa escolar (Portus et al., 2025; entre otros). Estas actividades plantean una diversidad de estrategias y acciones que suelen incluir aspectos relacionados con: (1) la morfología y taxonomía de las abejas; (2) la organización de las colmenas; (3) la alimentación de las abejas y el proceso de polinización; (4) las actividades que desarrollan los apicultores y apicultoras, y (5) valoración de las causas del decrecimiento de los polinizadores.

Para desarrollar en las aulas de infantil estas facetas relacionadas con las abejas, se pone en valor el uso de experiencias sensoriales que impliquen la manipulación y experimentación con materiales, tratando de incorporar salidas al entorno próximo (Nxumalo, 2018; Prieto y Torralba-Burrial, 2021). Asimismo, se propone el uso de cuentos basados en la acción, donde los más pequeños juegan haciendo representaciones teatralizadas de las acciones de las abejas (Weldernariam et al., 2020). El juego en el contexto de estas secuencias cobra especial importancia, ya que ayuda a implicar a los más pequeños en las actividades, desarrollar destrezas científicas y dotar de sentido a procesos que pueden parecer lejanos o abstractos (Portus et al. 2025; Weldernariam et al., 2020).

Siguiendo estas recomendaciones, en el presente trabajo se diseñó y aplicó una secuencia de enseñanza y aprendizaje en sinergia con docentes de la etapa de Educación Infantil. Para ello, y aprovechando el aula "La Colmena", se decidió desarrollar una secuencia de Indagación Basada en el Juego (Cabe-Trundle y Smith, 2017) que contenía un Espacio de Ciencia Inclusivo de Libre Elección monotemático: el espacio La Colmena.

Los Espacios de Ciencia Inclusivos de Libre Elección (ECILE) monotemáticos son espacios de bienestar y experimentación donde los niños y las niñas juegan libremente en propuestas que tienen como hilo conductor una misma temática. Los materiales que contienen las propuestas se seleccionan y disponen minuciosamente de manera que inviten a el desarrollo de acciones encaminadas a que los niños y las niñas pongan en juego destrezas científicas sobre aspectos relacionados con la temática sin necesidad de instrucción (Mateo et al., 2023). Los ECILE monotemáticos pueden ser utilizados como espacios de juego libre intencional, iniciadores de determinadas destrezas científicas y generadores de preguntas que pueden retomarse de forma guiada posteriormente (Mateo et al., 2023). Así, en el contexto de los ciclos de indagación basada en el juego (IBJ), iniciados con la interacción con materiales a través del juego, los ECILE pueden contemplarse como una fase inicial de este tipo de secuencias. Tras ello Cabe-Trundle y Smith (2017) plantean una fase de exploración, donde el profesorado puede orientar a las niñas y los niños para que planifiquen, hagan predicciones, observen y recojan datos para dar respuesta a las cuestiones que han emergido durante la fase del juego. Por último, se plantea una fase de discusión, donde se exteriorizan las ideas construidas a lo largo de la secuencia.

Las implicaciones para el aprendizaje del uso de este tipo de secuencias en las aulas están poco exploradas, y menos en los referido con las ideas que construyen a los niños y las niñas en su desarrollo (Özgül, 2021). Asimismo, tampoco se han localizado trabajos que contrasten las ideas expresadas por los niños de diferentes niveles de EI con el desarrollo de una secuencia que sigue la misma estructura. Por tanto, los objetivos del presente trabajo son: (1) conocer las ideas que expresan los niños y las niñas sobre las abejas melíferas y su entorno tras la realización de una secuencia de IBJ y (2) comparar las ideas que expresan los niños de 3, 4 y 5 años.

METODOLOGÍA

Contexto del estudio

El presente estudio se enmarca en una Investigación Basada en el Diseño, ya que tiene como finalidad generar principios de diseño fundamentados en torno al uso de ciclos de IBJ. En este sentido, se focaliza en la evaluación de las ideas exteriorizadas por niños y niñas tras el desarrollo de la secuencia. La secuencia diseñada y aplicada en colaboración con tres docentes de EI del CEIP Fernández Vizarra (Zaragoza) tuvo una duración de 11 sesiones distribuidas en tres momentos diferenciados: (1) juego en el ECILE, (2) exploración y discusión de las propuestas una a una y (3) exteriorización de lo aprendido (figura 1). Uno de los momentos iniciales de la misma, tal y como se ha comentado, incluía el juego en un ECILE monotemático sobre abejas (tabla 1).

Tabla 1. Descripción de las propuestas del ECILE La Colmena.

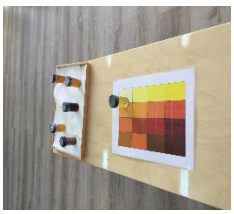
Fotografía	Reto, ideas clave y objetivos	Materiales
Propuesta 1	Reto: ¿Qué más puedo saber? Idea clave: Podemos encontrar información valiosa para resolver nuestras preguntas en los libros. Objetivos: Descubrir los libros como fuente de nuevos conocimientos. Fomentar el placer por la lectura.	-Cuentos con la temática de las abejas. -Alfombras y cojines.
Propuesta 2	Reto: ¿En qué orden van las diferentes fases de las abejas? Idea clave: Las abejas cambian su aspecto desde que nacen hasta que son adultas. Objetivos: Observar, comparar y secuenciar las fases de las abejas.	-Cubos de resina con diferentes fases de las abejas. -Plantilla para facilitar la secuenciación de las fases.
Propuesta 3	Reto: ¿Cómo huelen las plantas que le gustan a las abejas? Ideas clave: Hay plantas que tienen olores diferentes. Podemos usar el olfato para asociar los olores. Objetivos: Observar a través del olor las diferentes plantas, compararlos y asociar su olor con los botes el mismo olor.	-Plantas de romero, tomillo y lavanda. -Botes opacos con ramas de dichas plantas y con agujeros para poder oler. -Plantilla para facilitar la asociación entre las plantas y los botes
Propuesta 4	Reto: ¿Cómo son las abejas? ¿Cómo son otros insectos? Ideas clave: Las abejas tienen 6 patas. 4 alas y 2 antenas. Se diferencian de las avispas en que tienen pelillos y en los colores de su cuerpo. Objetivo: Utilizar las lupas para observar detalles de los insectos desde diferentes perspectivas y hacer representaciones.	-Abejas, celdas y avispas -Visores de insectos -Lupas de mano -Papel con un círculo dibujado simulando el visor de la lupa -Lapiceros y pinturas
 **Propuesta 5**	Reto: ¿De qué colores es la miel? Idea clave: Las mieles son de diferente color. Objetivos: Observar y comparar las diferentes mieles y clasificarlas según su color.	-Botes con mieles de diferentes colores. -Escala de colores amarillos, naranjas y marrones.
Propuesta 6	Reto: ¿Qué materiales relacionados con las abejas puedo tocar? Idea clave: Hay diferentes instrumentos que usan los apicultores para trabajar en las colmenas Objetivos: Observar a través del tacto los diferentes objetos, compararlos y asociarlos con la fotografía e identificar el objeto y su relación con las abejas.	-Caja sensorial opaca para introducir las manos. -Objetos: cuchara de madera, cuchara de madera para coger miel, cera, espátula, piña y guante.
Propuesta 7	Reto: ¿La miel es igual de fluida que otros líquidos? Idea clave: Las mieles tienen diferente viscosidad. Objetivos: Observar y comparar los diferentes líquidos y clasificarlos según su viscosidad.	-Botes con una canica y con agua, aceite y miel con diferente viscosidad. -Plantilla para ordenar los botes según la rapidez con la que se mueva la canica.

Figura 1. Secuencia desarrollada indicando las fases del ciclo IBJ que se trabajan en cada momento (enmarcadas) y la que se desarrolla predominantemente (azul).

Cada una de las propuestas presentes en el ECILE se retomaban posteriormente de forma guiada en el aula y de ellas surgían cuestiones que eran complementadas con actividades basadas en la representación teatralizada de acciones de las abejas o la lectura de cuentos informativos. En las dos últimas sesiones, con el objetivo de dar respuesta a cuestiones abiertas y exteriorizar los aprendizajes generados durante la secuencia, un apicultor visitó a los niños y las niñas.

Asimismo, dada la dificultad declarada durante esta sesión relacionada con la diferencia entre una abeja de una avispa, se planteó la utilización de una clave dicotómica como herramienta para ayudar a identificar las abejas y otros insectos. Esta última parte solo se aplicó en las aulas de 4 y 5 años, realizando en las aulas de 3 una sesión de comparación y clasificación de invertebrados.

Instrumentos y procedimiento de recogida y análisis de la información

Para recoger las ideas expresadas por los niños y las niñas se realizaron grabaciones de audio y video de las sesiones finales de puesta en común. Asimismo, se han utilizado grabaciones, producciones escritas del alumnado y materiales utilizados por las docentes durante el desarrollo de la secuencia para la interpretación de las ideas expresadas. Para analizar la información se realizaron las transcripciones de las grabaciones a partir de las que se extrajeron las ideas expresadas que fueron agrupadas atendiendo a los aspectos declarados sobre las abejas (tabla 2). Dicha tabla sirvió como plantilla de análisis sobre la que recoger y comparar las ideas en los diferentes niveles.

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Los niños y las niñas exteriorizan numerosas ideas relacionadas con las abejas y plantean nuevas preguntas respecto a: su clasificación, cambios y morfología ("¿Cómo tienen la boca por dentro las abejas?", "*El aguijón lo tienen en el trasero*", "*Las abejas tienen 5 ojos*"), su alimentación ("*El polen lo sacan del centro de las flores*", "¿Cuándo cogen el polen se apoyan en la flor?") y la organización de la colmena y manejo de una colmena ("*La abeja solo pica una vez porque solo tiene un pico y se va volando*"; "*La reina sale una vez en su vida a buscar machos*"; "*Las obreras cuidan a las crías*") relacionadas con lo trabajado a lo largo de la secuencia.

No obstante, se observa un cambio sustancial entre las ideas expresadas por niños y niñas de 3 años y los de 4 y 5 años. Mientras que en 3 años las ideas se asocian con aspectos más observables y sensoriales (por ejemplo, las características de la miel "*es pegajosa y dulce*" o el instrumental del apicultor "*se ponen un gorro para que no les piquen*"), en 4 y 5 años implican aspectos que requieren de mayor abstracción y establecimiento de relaciones ("*Del néctar se fabrica la miel*").

Tabla 2. Ideas identificadas en las tres aulas en las sesiones finales de la secuencia.

Agrupación	Ideas identificadas	3 años	4 años	5 años
Morfología, cambios y taxonomía de las abejas	Son seres vivos, en concreto animales.			
	Tienen 6 patas, son insectos.			
	Tienen alas con las que vuelan			
	Tienen 4 alas (dos grandes y dos pequeñas) con las que vuelan.			
	Tienen 5 ojos con los que ven, 2 principales y tres centrales.			
	Tienen un aguijón en el trasero con el que se defienden.			
	Por lo general, tienen pelitos y rayas marrones y negras.			
	Se diferencian de las avispas en el color de sus rayas.			
	Tienen dos antenas.			
	Las antenas les sirven para oler, orientarse y comunicarse.			
	Las abejas no son iguales a lo largo de su vida.			
	Cambian de huevo a larva y a abeja y lo hacen en las celdillas.			
	Tienen una trompa con la que cogen el alimento.			
	Tienen dos pinzas en la boca.			
Alimentación y sus consecuencias	Se alimentan de miel y polen.			
	El alimento lo cogen de las flores			
	La miel la hacen a partir del néctar de las flores.			
	Cuando visitan una flor llenan sus pelitos y patas con polen.			
	El polen puede ser de muchos colores.			
	El polen está en el “punto del medio” de las flores			
	Cuando cogen comida de una flor y van a otra, dejan polen en otra flor			
	Al dejar polen en la flor, la polinizan.			
	La flor se transforma en un fruto gracias a la polinización.			
	No se alimentan de lo mismo a lo largo de su vida.			
	De larvas comen polen y de adultas miel y polen.			
	La reina se alimenta de otra cosa.			
	Algunas de las plantas de las que obtienen su alimento tienen olores.			
	El romero, el tomillo o la lavanda son plantas con olores de las que las abejas obtienen alimentos.			
	El color de la miel puede ser diferente: amarillo, marrón, negro…			
	El color de la miel depende de la planta de la que obtienen el alimento.			
	La viscosidad de la miel puede ser diferente.			
	La miel es pegajosa, dulce y no líquida			
Organización de la colmena	Viven en una colmena.			
	Hay una reina, obreras y zánganos.			
	La reina pone huevos.			
	Los abejorros no son los machos, son otro animal			
	Los zánganos son los machos, fecundan a la reina.			
	Los zánganos fecundan a la reina una vez.			
	Las obreras hacen muchas tareas.			
	Las obreras limpian y defienden la colmena, van a buscar alimento y cuidan a la cría.			
	Las abejas se comunican para saber dónde está la comida.			
	Cuando se comunican hacen un ocho o una uve.			
	Las abejas sólo pican si se sienten amenazadas			
Oficios relacionados con las abejas	El apicultor es la persona que cuida a las abejas.			
	Para sacar la miel de las colmenas se protege: se pone guantes, una careta y otras cosas.			
	A veces hace humo para despistar a las abejas y que no se enfaden cuando se lleva su miel			
	Tiene un cepillo con el que aparta las abejas para llevarse la miel.			
Perdida de polinizadores	A veces ponen cosas en los campos que hacen que las abejas se mueran.			

Aunque en la tabla se muestran las ideas expresadas de forma separada, los niños y niñas las exteriorizan de forma interrelacionada. Por ejemplo, en el aula de 4 años, los niños y las niñas mostraron con el uso de una dramatización los cambios de una abeja desde que la reina pone el huevo hasta que nace una obrera adulta, conectando ideas relacionadas con la organización de la colmena, la alimentación que necesitan las abejas y de donde la obtienen. Estas ideas se relacionan con los momentos de juego asociados al desarrollo guiado de las propuestas 4 (insectos) y 2 (fases de las abejas), de las que emergieron preguntas que invitaron a conocer mejor los cambios de las abejas y el papel de la reina, los zánganos y las obreras en la colmena.

DISCUSIÓN

Este trabajo muestra las ideas identificadas en la fase final de una secuencia enmarcada en un ciclo de Indagación Basada en el Juego. A diferencia de otros trabajos relacionados con las abejas, plantea una fase inicial de juego con el uso de un ECILE que sirve como punto de partida para que los niños y niñas, al tratar de resolver los retos que se proponen, se planteen preguntas y amplíen el conocimiento sobre una temática que, cuando requiere de cierta profundización, se hace necesario ir más allá de la utilización de materiales tangibles (Portus et al., 2025).

El juego dirigido por las docentes con el uso de las propuestas contenidas en el espacio, junto con las representaciones teatralizadas apoyadas en lecturas, parecen haber ayudado a que los niños de 4 y 5 años profundicen en el conocimiento sobre las abejas melíferas. Este aspecto no se observa de forma tan evidente en el aula de 3 años, donde los niños y niñas expresan mayoritariamente ideas asociadas a los materiales utilizados en las propuestas, identificándose menor grado de abstracción. Estos resultados abren puertas a seguir profundizando sobre los aprendizajes que se pueden generar con el uso de ECILES en contextos de IBJ, no solo desde las ideas clave adquiridas, sino desde destrezas científicas y el papel del docente en su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Alicia, Amparo e Isabel y a sus niños y niñas. Proyecto PID2024-156735NA-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE. Grupo Beagle. Investigación en Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza (Gobierno de Aragón). Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Broström, S. (2015). Science in early childhood education. *Journal of Education and Human Development,* 4(2), 107-124. http://dx.doi.org/10.15640/jehd.v4n2_1a12

Cabe-Trundle, K.C., y Smith, M.M. (2017). A Hearts-on, Hands-on, Minds-on Model for Preschool Science Learning. *Young Children*, 72(1), 80-86.

Mateo, E., Sáez-Bondía, M.J., Martín-García, J., y Fernández-López del Moral, S. (2023). Algunos principios de diseño de espacios de ciencias de libre elección monotemáticos. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 45, 35-52.

Nxumalo, F. (2018). Stories for living on a damaged planet: Environmental education in a preschool classroom. *Journal of Early Childhood Research*, 16(2), 148-159. https://doi.org/10.1177/1476718X17715499

Özgül, S. (2021). Integration of inquiry and play: young children´s conceptual change in astronomy. J*ournal of Inquiry Based Activities (JIBA)*, 11(1), 1-15.

Portus, R., Williams, S.-J., Peklanska, E., Portus, R., y Walmsley, T. (2025). Buzzing about bees: Exploring action-based storytelling as a tool for children's environmental engagement and agency. *Environmental Education Research*, 31(5), 1048-1068. https://doi.org/10.1080/13504622.2025.2478430

Prieto, M.M, y Torralba-Burrial, A. (2021). Aprendiendo con las abejas en el primer ciclo de Educación Infantil. *Ápice. Revista de Educación Científica,* 5(2), 55-70. https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.8262

Weldemariam, K. (2020). 'Becoming-with bees': Generating affect and response-abilities with the dying bees in early childhood education. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 41(3), 391-406. https://doi.org/10.1080/01596306.2019.1607402

Diseño y puesta en práctica de una secuencia de enseñanza problematizada para el aprendizaje de los residuos en tercer ciclo de Educación Primaria

Isabel Luján Feliu-Pascual[1], Rubén Limiñana Morcillo[1], Asunción Menargues Marcilla[1] y Alejandra Abellán Llobregat[1]*

[1]Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Universidad de Alicante, España

*Correspondencia: isa.lujan@ua.es

RESUMEN: La gestión de los residuos constituye un desafío educativo de gran relevancia en el contexto de la actual emergencia planetaria. La mera transmisión de información sobre esta problemática resulta insuficiente si no se acompaña de procesos que fomenten cambios efectivos en los hábitos personales vinculados a la reducción de residuos. En este marco, el presente trabajo plantea y pone a prueba una propuesta didáctica basada en la investigación guiada para abordar dicha temática en el ámbito escolar para el tercer ciclo de Educación primaria. Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de esta secuencia didáctica permite al alumnado profundizar en esta temática cotidiana, sentirse más responsable de su uso y posterior valorización, así como establecer relaciones con otros contenidos CTSA en su vida diaria y ha favorecido la implicación del estudiantado, promoviendo la asunción de responsabilidades ante la problemática ambiental y la adopción de decisiones, colectivas y personales, orientadas a mejorar sus prácticas de consumo.

PALABRAS CLAVE: residuos, enseñanza de las ciencias, sostenibilidad, indagación, concienciación

ABSTRACT: Waste management constitutes an educational challenge of great relevance in the context of the current planetary emergency. The mere transmission of information regarding this issue is insufficient if it is not accompanied by processes that foster effective changes in personal habits linked to waste reduction. Within this framework, this paper proposes and tests a didactic approach based on guided inquiry to address this topic in the school environment for the third cycle of primary education. The results obtained show that the implementation of this didactic sequence allows students to deepen their understanding of this everyday subject, feel more responsible for its use and subsequent recovery, and establish connections with other STSE (Science, Technology, Society, and Environment) content in their daily lives. Furthermore, it has encouraged student involvement, promoting the assumption of responsibility toward environmental issues and the adoption of collective and personal decisions aimed at improving their consumption practices.

KEYWORDS: waste, science education, sustainability, inquiry, awareness

INTRODUCCIÓN

La incorporación de objetivos y contenidos relacionados con Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) en los currículos y programas educativos ha supuesto un avance significativo hacia una educación más comprometida con los problemas ambientales contemporáneos. Desde el ámbito de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, la problemática ambiental ha comenzado a adquirir relevancia al reconocerse su complejidad y la interdependencia de los factores que la conforman, con un nombre nuevo, la Ciencia de la Sostenibilidad, que integra conocimientos provenientes de campos como la economía, la biodiversidad o la eficiencia energética, todos ellos vinculados por su relación con las acciones humanas que afectan al entorno natural (Vilches y Gil Pérez, 2015; Vilches *et al*., 2021). Trabajar la sostenibilidad desde algo concreto, no con grandes problemáticas, permite precisión a la hora de aislar y analizar las causas del hecho científico y lo hace por consiguiente más tangible para el alumnado, fomenta su participación activa, promueve la creatividad e iniciativas propias e incentiva a

que pase de ciudadano pasivo a activo en materia medioambiental (Puig Mauriz *et al*., 2023). Uno de los problemas ambientales más cercanos al alumnado de Educación Primaria es el de los residuos que generamos (Gal, 2023). Pero, aunque es un problema cercano para el alumnado, no queda exento de obstáculos y dificultades para su comprensión (Jaén *et al*., 2019; López Fernández *et al*., 2021; Ortega Lasuen *et al*., 2024); por ejemplo, aunque la gran mayoría de los estudiantes, más del 90%, afirman conocer los residuos que se depositan en cada uno de los contenedores para su reciclado, al indagar sobre aspectos concretos se detectan algunos errores y confusiones, sobre todo, en los contenedores amarillos (Jaén García y Palop Navarro, 2011). En consecuencia, esta problemática suele abordarse de manera superficial en el aula o bien se delega la formación del alumnado en entidades externas, como ayuntamientos, asociaciones gestoras de residuos (por ejemplo, Ecoembes o Ecovidrio) y distintos SRAP (Sistemas de Responsabilidad Ampliada del Productor), dado que estas organizaciones incluyen programas educativos específicos sobre la temática (Luján Felíu-Pascual, 2023). Este trabajo constituye así una investigación enmarcada en la Educación para la Sostenibilidad y se presenta como un contexto propicio para relacionar el carácter social y cotidiano de una cuestión cercana y por lo tanto atractiva para el alumno y su carácter científico lo que lo vincula de forma natural con las ciencias experimentales. El objeto de esta investigación se dirige a cómo conseguir el cambio didáctico de manera efectiva para alfabetizar a los futuras ciudadanía en esta temática ambiental que exige de un mayor conocimiento y un cambio actitudinal consciente. Por lo tanto, las preguntas que han guiado esta investigación son:

1. ¿En qué medida es posible elaborar secuencias de enseñanza *por indagación* (secuencias "problematizadas") con relevancia didáctica y que sean efectivas (sobre el tema: "La problemática de los residuos") para ser desarrolladas en tercer ciclo de Educación Primaria?

2. Esta intervención educativa ¿sirve para mejorar significativamente los conocimientos del alumnado de Educación Primaria sobre los residuos y las problemáticas asociadas a la generación de estos residuos?

METODOLOGÍA

Diseño de la secuencia problematizada de actividades

Para elaborar la secuencia mediante investigación guiada o indagación sobre la problemática de los residuos (titulada "¿Qué hay en mi bolsa de basura?") se han seguido las directrices de distintas organizaciones a nivel mundial de educación científica sobre cómo debe llevarse a cabo una enseñanza de las ciencias mediante la indagación, así como las recomendaciones para diseñar secuencias de aprendizaje según la investigación en este campo (Fortus y Krajcik, 2012; Reiser, 2013). Las fases seguidas para elaborar esta secuencia de actividades ha sido: (a) se han identificado los indicadores de aprendizaje/comprensión del tema que son relevantes desde el punto de vista científico para constituir avances en la comprensión de los contenidos que se incluyen en la temática sobre los residuos y su problemática, así como el cambio de hábitos y adquisición de nuevas actitudes más respetuosas y acordes con los ODS; (b) seguidamente, se han determinado los obstáculos asociados, tanto conceptuales como epistemológicos), para poder alcanzar los indicadores de aprendizaje/comprensión. Estos obstáculos se han encontrado tanto en la bibliografía sobre la temática como en la experiencia profesional de la autora en el diseño y realización de actividades sobre los residuos en los centros educativos durante más de veinte años (c) con todo esto, se ha elaborado la estructura gruesa problematizada para abordar los contenidos identificados; y (d) finalmente, se ha elaborado una secuencia problematizada de actividades para el alumnado del tercer ciclo de educación primaria, teniendo en cuenta los indicadores de aprendizaje y los obstáculos asociados.

Estructura del tema y secuencia de actividades

Se ha elaborado una "estructura gruesa" del tema (Figura 1), a partir de la cual se elaboró la "estructura fina" o secuencia concreta de actividades que se les va a plantear al alumnado, utilizando la metodología de enseñanza problematizada para su organización y elaboración, con el fin de favorecer el cambio epistemológico.

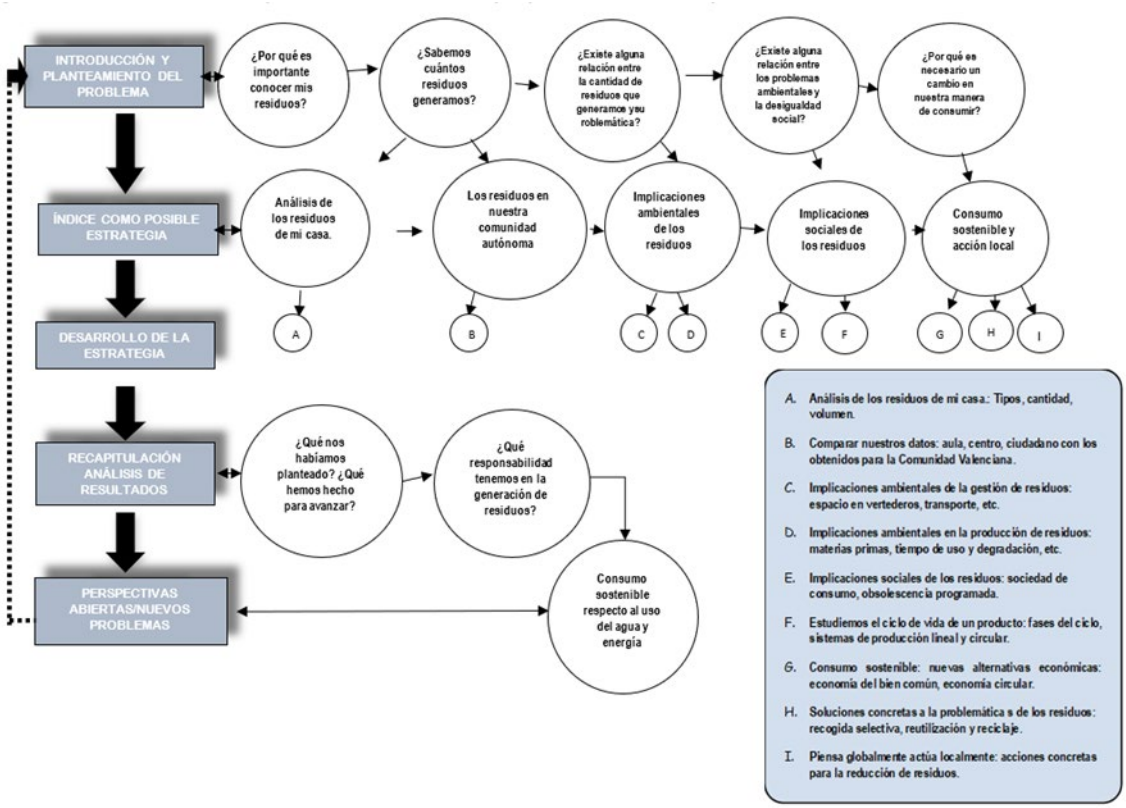


Figura 1. Gráfico de la estructura problematizada los residuos y su problemática *"¿Qué hay en mi bolsa de basura?"*.

La secuencia de actividades, comienza con una actividad generadora de interés y, posteriormente, y partiendo de una clasificación de los residuos intuitiva, el alumnado clasifica, mide, pesa y realiza diferentes aproximaciones matemáticas a los residuos que generan en casa, relacionándolos con los pesos y porcentajes de los residuos en la Comunidad Valenciana, de la actividad 1 a la 5 de la secuencia (A.1-A.5.), así como responsabilidad en la producción de residuos y espacio que ocupan en el territorio (A.6). Una vez manipulados los residuos se plantean preguntas sobre su procedencia, el tiempo de uso y el tiempo de degradación, para que relacionen el ciclo de vida de un residuo con el consumo sostenible y sus implicaciones éticas y morales (A.7. y A. 8.). Las últimas actividades de la secuencia permiten al alumnado reflexionar sobre sus hábitos respecto a la clasificación y separación de residuos, así como sobre la disminución de residuos que genera y aportar soluciones coherentes personal y colectivamente (A.9.-A.14.).

Evaluación de la efectividad de la secuencia en el aprendizaje

Se ha utilizado el cuestionario de 20 preguntas siguiendo la escala Likert (Tabla 1) como instrumento de medida, considerando algunos ítems que nos permiten medir conocimientos y otros que miden una evaluación conductual y cambios en los hábitos del alumnado. El cuestionario ha sido validado mediante caso único, prueba piloto y validación del contenido por parte de expertos. Para analizar el avance del alumnado en estos aspectos, se usó el cuestionario a modo de pre-test/post-test, comparando las respuestas antes y después de la intervención mediante un análisis ANOVA.

Participantes y puesta en práctica de la secuencia de actividades

La puesta en práctica de la intervención didáctica se llevó a cabo con 230 alumnos de tercer ciclo de Educación Primaria de cuatro centros educativos diferentes, tres aulas de 5º y cinco aulas de 6º de Educación Primaria, y fue llevada a cabo por los educadores de la campaña escolar "Recicla en Colores" que organiza el Ayuntamiento de Alicante y la empresa concesionaria de la limpieza Viaria, Recogida y Tratamiento de Residuos.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se pueden observar los valores de la media (X) y desviación típica (dt) para cada una de las preguntas del cuestionario para el pre-test y el post-test, así como los resultados del análisis ANOVA.

Tabla 1. Preguntas del cuestionario **y c**omparación pre-test/post-test. (*) Valores de **p** en **negrita** muestran los ítems donde aparecen diferencias significativas ($p<0.05$).

ÍTEMS	PREGUNTA	PRE- TEST		POST-TEST		$F_{1, 160}$	p
		X	**(dt)**	**X**	**(dt)**		
1	Yo pienso que en la naturaleza se recicla todo	3.47	1.32	3.16	1.48	4.893	**0.028***
2	Yo creo que el gran problema que causan los residuos es que ocupa mucho espacio y es difícil encontrar lugares para acumularlos	2.34	1.26	2.15	1.33	2.309	0.129
3	Cuando se compra un producto (bebida, comida) no pienso en qué tipo de envase tiene	3.07	1.28	2.47	1.24	22.122	**0.000***
4	Creo que las pajitas de los refrescos y los batidos cuestan poco de fabricar y casi no generan residuos	2.35	1.20	1.90	1.11	15.271	**0.000***
5	En mi casa separamos la basura en contenedores distintos	3.57	1.43	3.73	1.35	1.372	0.242
6	Creo que comprar muchas cosas no tiene que ver con que se produzcan residuos	2.32	1.22	2.07	1.25	4.131	**0.043***
7	Me parece que para que las calles y las escuelas estén limpias es necesario que se contraten a más personas que recojan la basura	2.55	1.41	2.17	1.37	7.231	**0.007***
8	Usamos tantas botellas de plástico porque se degradan fácilmente	2.10	1.15	1.94	1.20	1.892	0.170
9	Pienso que la mejor opción para celebrar una fiesta en casa es utilizar platos, cubiertos y vasos de plástico	2.86	1.42	2.05	1.32	34.671	**0.000***
10	Creo que en la escuela no producimos muchos residuos	1.90	1.15	1.72	1.03	2.935	0.087
11	Creo que los bricks se deben tirar al contenedor azul	2.72	1.58	1.86	1.31	35.118	**0.000***
12	Podemos tirar toda la basura junta porque luego hay personas que la separan	1.88	1.19	1.55	0.90	9.996	**0.020***
13	Creo que es mejor comprar bricks de batidos pequeños para el almuerzo	3.44	1.14	2.34	1.28	79.419	**0.000***
14	Utilizar varios cubos de basura distintos es mucho lío	2.29	1.27	1.78	1.09	19.045	**0.000***
15	No me doy cuenta si en el patio del colegio hay basura	2.37	1.26	2.08	1.13	6.146	**0.014***
16	Yo creo que las cajas de pizza se tiran al contenedor azul	3.91	1.47	2.60	1.61	71.812	**0.000***
17	El papel de aluminio es una buena opción para envolver el bocadillo porque cuando lo estrujo ocupa muy poco y así contamina menos	2.78	1.39	1.82	1.17	55.380	**0.000***
18	No sé qué se hace con la basura cuando la tiramos al contenedor	2.61	1.29	1.95	1.10	30.214	**0.000***
19	No creo que comer fruta en el almuerzo ayude a reducir la basura	2.33	1.23	2.16	1.31	1.667	0.197
20	Creo que en el contenedor amarillo es el del plástico	3.58	1.45	2.52	1.537	49.594	**0.000***

El análisis de la varianza ANOVA muestra diferencias significativas en 15 de los 20 ítems (1, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 20) y no existen diferencias significativas en los ítems 2, 5, 8, 10 y 19. Para estos ítems, aunque las diferencias no sean significativas, sí que se aprecian diferencias entre pre-test y post-test, puesto que en todos los ítems disminuye la media entre los dos cuestionarios (lo que indica una mejora en sus conocimientos), excepto en el ítem 5 (*"En mi casa separamos la basura en contenedores distintos"*), el único cuya respuesta correcta es afirmativa y que apenas tiene diferencias (aunque aparece un ligero aumento, pasando de 3.57 a 3.73); esta ausencia de diferencias en este ítem puede ser debida a que no ha podido detectarse un cambio en esta afirmación después de realizar la secuencia, puesto que separar la basura en casa no depende directamente del alumnado en estas edades.

DISCUSIÓN

Al realizar la secuencia problematizada hemos comprobado que el alumnado puede mejorar sus conocimientos sobre la problemática de los residuos de manera relevante y se han producido avances en las ideas obstáculo que tuvimos en cuenta para elaborar la secuencia. El alumnado ha podido conocer la cantidad de materiales necesarios para fabricar un producto y las implicaciones ambientales y sociales de su extracción, el tiempo que tardan en degradarse esos materiales de manera natural, la cantidad de energía y agua que se necesitan para su fabricación y el ahorro que supone su reciclaje, pone de

manifiesto la complejidad que supone el proceso de recuperación y reciclaje de los materiales y les ha hecho sentirse más responsable de su uso y posterior valorización. Otro punto a tener en cuenta ha sido la metodología utilizada para la realización de la secuencia, ya que la enseñanza por investigación guiada ha permitido a los participantes aprender mediante un proceso secuenciado y continuo a través de las diferentes actividades. Hemos comprobado cómo estas actividades de calcular los residuos que se generan en casa, en el colegio, en toda la ciudad, etc., mantenían su atención porque eran datos de su contexto y esto hacía que se interesaran y que les gustara más realizar esta actividad. La proximidad del problema y la relación directa con la propia responsabilidad hace que desde un primer momento aprendan desde la propia experiencia y al final conseguir que lo lleven a cabo en su vida diaria.

Cabe destacar la implicación del alumnado, ya que durante y en los días posteriores a la puesta en práctica de la secuencia, seguían nombrando conceptos y haciendo preguntas acerca de contenidos que habían aprendido y curiosidades que seguían queriendo investigar y darle una respuesta. Esto, en mayor o menor medida, también nos indica el interés sostenido acerca del tema tratado, dándonos a entender que no se ha tratado el proyecto de una forma alejada de la realidad, sino que siguen incorporando nuevos conocimientos voluntariamente dentro y fuera del ámbito académico. Interactuar con otras personas, ya sean compañeros o personas ajenas al aula (al contarles a amigos o familiares lo aprendido, y de esa manera, "instruirles") les motiva a seguir investigando y aprendiendo.

CONCLUSIONES

La metodología de enseñanza por indagación aplicada en la propuesta didáctica presentada para abordar la temática de los residuos y su problemática en este nivel educativo permite integrar numerosos contenidos de distintas áreas: ciencias naturales, ciencias sociales, matemáticas, lengua, educación artística, entre otras. Asimismo, acerca al alumnado realidades cotidianas de su entorno cercano, facilitando el establecimiento de relaciones con otros contenidos CTSA y su aplicación en la vida diaria.

Los estudiantes han sido capaces de reflexionar sobre el problema de los residuos desde un enfoque más cercano y personal, analizando la práctica de la separación, así como acciones cotidianas realizadas en casa, como la reparación de objetos, el conocimiento sobre los materiales de los residuos, su proceso de reciclaje y la relación de los materiales con el contenedor adecuado. Esta reflexión ha incrementado su conciencia sobre la pérdida de recursos y las posibilidades de reutilización, generando un cambio de actitud hacia los residuos y su gestión. Dicho cambio se ha evidenciado en los resultados de los cuestionarios post-test. Los alumnos han implementado modificaciones en el aula y durante el almuerzo para contribuir a la reducción de residuos y la mejora del entorno, comprendiendo además la relación entre conceptos como consumo y generación de residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fortus, D. y Krajcik, J. (2012). Curriculum Coherence and Learning Progressions. En B. J. Fraser, K. G. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education*, Springer, págs. 783-798..

Gal, A. (2023). From recycling to sustainability principles: the perceptions of undergraduate students studying early childhood education of an education for sustainability course. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *24*(5), 1082-1104. https://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2022-0165

Jaén García, M. y Palop Navarro, E. (2011). ¿Qué piensan y cómo dicen que actúan los alumnos y profesores de un centro de educación secundaria sobre gestión del agua, la energía y los residuos? *Enseñanza de la Ciencias*, *29*(1), 61-74. https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n1.310

Jaén, M., Esteve P. y Banos-González, I. (2019). Los futuros maestros ante el problema de la contaminación de los mares por plásticos y el consumo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(1), *1501*. DOI:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1501

López Fernández, MM., González García, F., Franco Mariscal, AJ (2021). ¿Qué ideas iniciales tienen los estudiantes de 1ºESO sobre la contaminación medioambiental por plásticos? *Actas 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales y 5as Escuelas de Doctorado*. Universidad de Córdoba. ISBN 978-84-09-28033-9, págs. 1031-1037.

Luján Felíu-Pascual, I. (2023). *Una propuesta didáctica de investigación por indagación sobre la problemática de los residuos en educación infantil, educación primaria y futuros docentes. Formando a las nuevas generaciones para dar respuesta a las necesidades de nuestro planeta.* Tesis doctoral. Universidad de Alicante. http://hdl.handle.net/10045/137581

Ortega Lasuen, U., Díez López, J. R., Esteve Guirao, P., y Baños González, I. (2024). Noticias en prensa sobre el problema de los residuos en el aula: concienciación frente a información. *Enseñanza de las Ciencias*, *42*(3), 203-222. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6064

Puig Mauriz, B., Blanco Anaya, P., y Mosquera Bargiela, I. (2023). Integrar el Pensamiento Crítico en la Educación Científica en la Era de la Post-verdad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *20*(3), 3301. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3301

Reiser, B.J. (2013). What professional development strategies are needed for successful implementation of the Next Generation Science Standards? Paper presented at the *Invitational Research Symposium on Science Assessment*, Washington DC, págs. 24-25.

Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2015). Ciencia de la Sostenibilidad: ¿Una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas? *Revista Iberoamericana de Educación*, *69*(1), 39-60. Recuperado de: http://www.rieoei.org/deloslectores/7025.pdf

Vilches Peña, A., Segarra, A., Redondo, L., López Alcantud, J., Gil Pérez, D., Ferreira Gauchía, C., y Calero, M. (2021). Respuesta educativa a la situación de emergencia planetaria: necesidad de planteamientos y acciones globales. *Investigación En La Escuela*, (63), 5–16. https://doi.org/10.12795/IE.2007.i63.01

Criterios para diseñar actividades de modelización crítica: Contexto sociocientífico, controversalidad y activismo

Ainoa Marzabal[1], Martín Pérgola[2], Franklin Manrique[3], Catalina Iturbe[4] y Yefrin Ariza[1]

[1] Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

[2] Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina

[3] Facultad de Química y de Biología, Universidad de Santiago de Chile, Chile

[4] Centro de Docencia Superior en Ciencias Básicas, Universidad Austral de Chile, Chile

* Correspondencia: amarzabal@uc.cl

RESUMEN: La desinformación científica representa un desafío urgente para la educación escolar. Este trabajo presenta resultados preliminares de un proyecto de investigación en curso orientado a explorar el potencial de la modelización crítica para fortalecer la alfabetización científica frente a discursos pseudocientíficos y quimiofóbicos. A partir de una revisión sistemática de literatura y del trabajo colaborativo con una comunidad de práctica de diez profesores de Química de educación media, hemos elaborado un conjunto de criterios didácticos para el diseño de actividades con potencial modelizador crítico. Estos criterios se articulan en torno a tres dimensiones: (1) el contexto, para el que se establecen como necesarios la situación sociocientífica y la adecuación empírica, siendo otros criterios deseables; (2) la apertura de la actividad, que no solo debe ser abierta sino de naturaleza controversial; y (3) el tipo de práctica epistémica, que debe extenderse más allá de las prácticas cognitivas tradicionales de la modelización hacia el activismo científico escolar. Se discuten implicaciones para el diseño de materiales educativos y para la formación del profesorado en el contexto latinoamericano.

PALABRAS CLAVE: modelización crítica; diseño de actividades; alfabetización científica crítica; desinformación; activismo científico escolar

ABSTRACT: Scientific misinformation represents an urgent challenge for school education. This paper presents preliminary results of an ongoing research project aimed at exploring the potential of critical modelling to strengthen scientific literacy against pseudoscientific and chemophobic discourses. Based on a systematic literature review and collaborative work with a professional learning community of ten secondary Chemistry teachers, we have developed a set of didactic criteria for designing activities with critical modelling potential. These criteria are articulated around three dimensions: (1) context, for which a socio-scientific situation and empirical adequacy are established as necessary conditions, while other criteria are considered desirable; (2) the openness of the activity, which must not only be open-ended but of a controversial nature; and (3) the type of epistemic practice, which must extend beyond the traditional cognitive practices of modelling towards school science activism. Implications for the design of educational materials and teacher education in the Latin American context are discussed.

KEYWORDS: critical modelling; activity design; critical scientific literacy; misinformation; school science activism

INTRODUCCIÓN

La proliferación de discursos pseudocientíficos en la esfera pública —desde la quimiofobia hasta el negacionismo climático— plantea a la educación científica escolar un desafío que va más allá de la transmisión de contenidos: formar ciudadanos capaces de analizar críticamente las explicaciones que circulan sobre fenómenos de relevancia social (Sjöström et al., 2024; Diéguez, 2024). En este contexto, la modelización ha sido reconocida como una práctica epistémica central para aprender ciencias (Giere,

2004; Marzabal et al., 2024), pero su desarrollo en las aulas ha estado orientado predominantemente a la comprensión conceptual, dejando poco explorada su dimensión crítica y ciudadana (Ke et al., 2021).

Este trabajo presenta resultados preliminares de un proyecto de investigación en curso —financiado por el Fondo Avanza UC de la Pontificia Universidad Católica de Chile— cuyo objetivo es diseñar y validar materiales educativos que promuevan prácticas de modelización crítica en la enseñanza de las ciencias, entendida como la capacidad de analizar, reconstruir y contrastar los modelos con que distintos discursos interpretan el mundo (Marzabal et al., 2024; Levinson, 2023). El proyecto involucra a un equipo interdisciplinario y a una comunidad de práctica de diez profesores de Química de educación media, con quienes se está co-diseñando e implementando secuencias didácticas orientadas a este enfoque.

En esta comunicación nos centramos en uno de los productos conceptuales emergentes del proyecto: un conjunto de criterios didácticos para el diseño de actividades con potencial modelizador crítico. Estos criterios constituyen una contribución original respecto de los marcos disponibles para el diseño de actividades modelizadoras, al incorporar explícitamente la dimensión crítica y ciudadana que exige enseñar ciencias en tiempos de desinformación.

MARCO CONCEPTUAL: DE LA MODELIZACIÓN ESCOLAR A LA MODELIZACIÓN CRÍTICA

La modelización científica escolar ha sido ampliamente estudiada como práctica epistémica que permite a los estudiantes construir, usar, evaluar y revisar representaciones funcionales de fenómenos (Giere, 2004; Garrido & Couso, 2025). Sin embargo, los marcos disponibles para el diseño de actividades modelizadoras se han centrado fundamentalmente en los procesos cognitivos de construcción y revisión de modelos, prestando menor atención a la naturaleza de los contextos en que se despliegan ni al tipo de participación ciudadana que pueden promover (Ke et al., 2021; Carroll & Park, 2024).

La modelización crítica, tal como la concebimos en este proyecto, amplía esta perspectiva al incorporar la capacidad de contrastar el modelo científico escolar con representaciones alternativas presentes en discursos pseudocientíficos o quimiofóbicos, y de deliberar sobre la validez, los alcances y los usos sociales del conocimiento científico (Sjöström et al., 2024; Levinson, 2023). Desde esta mirada, la enseñanza de las ciencias no solo forma en el dominio epistémico, sino también en la capacidad de participar informada y críticamente en debates sociales sobre ciencia y tecnología.

El diseño de actividades con potencial para activar este tipo de modelización requiere, por tanto, criterios propios que no se reducen a los establecidos para la modelización en sentido clásico. En la literatura, Cortés-Morales y Marzabal (2025) han propuesto criterios de diseño para actividades modelizadoras en términos de pregunta abierta, contexto fenomenológico y práctica científica requerida. El presente trabajo extiende este marco hacia la dimensión crítica, revisando y reformulando los criterios a la luz de las exigencias específicas de la modelización crítica.

METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolla bajo el enfoque de la investigación basada en el diseño (Design-Based Research, DBR), que articula el desarrollo teórico con la intervención educativa en contextos auténticos (Guisasola et al., 2021; Tena & Couso, 2023). En coherencia con este enfoque, los criterios que aquí se presentan no son el resultado de una derivación puramente teórica, sino que emergen de un proceso iterativo que combina la revisión sistemática de literatura con la elaboración colaborativa en el equipo de investigación y con los docentes participantes.

La comunidad de práctica está formada por diez profesores y profesoras de Química de educación media, seleccionados mediante muestreo de máxima variación (Patton, 2015) para representar la diversidad del profesorado chileno en términos de género, formación, experiencia y tipo de establecimiento. El trabajo con la comunidad se organiza en talleres virtuales mensuales en los que se analizan actividades, se discuten criterios de diseño y se co-construyen secuencias didácticas orientadas a la modelización crítica.

Los criterios que se presentan en esta comunicación corresponden a los resultados de la primera fase del proyecto —la construcción del marco conceptual—, en la que la revisión sistemática de literatura fue complementada con talleres de discusión con los docentes participantes. El análisis de las discusiones se realizó mediante codificación temática iterativa, buscando consensos interpretativos entre al menos dos investigadores.

RESULTADOS PRELIMINARES: CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE ACTIVIDADES CON POTENCIAL MODELIZADOR CRÍTICO

El trabajo desarrollado hasta el momento ha permitido identificar tres dimensiones de criterios para el diseño de actividades con potencial modelizador crítico: el contexto de la actividad, su grado de apertura, y el tipo de práctica epistémica que promueve. A continuación, describimos cada una de estas dimensiones, distinguiendo entre criterios necesarios —sin los cuales la actividad pierde su potencial modelizador crítico— y criterios deseables, que fortalecen su calidad pero no son condición sine qua non.

Criterios relativos al contexto

La primera dimensión se refiere al contexto en que se sitúa la actividad. El análisis de la literatura y el trabajo con la comunidad docente han llevado a establecer dos criterios como necesarios para que una actividad tenga potencial modelizador crítico.

El primero es que el contexto esté situado en una cuestión sociocientífica (Sadler et al., 2019; Zeidler, 2019), es decir, en un fenómeno o problema de relevancia social en el que el conocimiento científico y tecnológico juega un papel constitutivo, pero en el que también circulan representaciones alternativas, intereses sociales y valores en tensión. Este criterio es necesario porque es precisamente en estos contextos donde emerge la necesidad de distinguir entre la validez epistémica de un modelo y su eficacia persuasiva o afectiva (Sjöström et al., 2024). Sin un contexto sociocientífico, la actividad puede promover modelización, pero difícilmente promueve modelización crítica en el sentido que aquí se define.

El segundo criterio necesario es la adecuación empírica del contexto: el fenómeno seleccionado debe poder ser operado con el modelo científico escolar de referencia, de modo que los estudiantes puedan utilizarlo para explicar, predecir o evaluar representaciones alternativas. Este criterio resulta clave porque la modelización crítica no se reduce a la identificación retórica de falacias pseudocientíficas, sino que requiere movilizar efectivamente el modelo para contrastar explicaciones desde un criterio epistémico (Cortés-Morales & Marzabal, 2025).

Junto a estos criterios necesarios, el análisis ha identificado criterios deseables que fortalecen el potencial de la actividad sin ser condición indispensable: la alineación curricular del fenómeno con los modelos escolares del nivel, la accesibilidad del contexto para los estudiantes —en términos de experiencia cotidiana o relevancia percibida— y la pluralidad epistémica, entendida como la presencia explícita de al menos dos modelos en tensión que el alumnado deba evaluar y contrastar.

Criterios relativos a la apertura

La segunda dimensión se refiere al grado de apertura de la actividad. En la literatura sobre modelización escolar, se ha establecido que las tareas con potencial modelizador deben formular preguntas abiertas que admitan múltiples respuestas y estrategias de resolución (Cortés-Morales & Marzabal, 2025; Bielik et al., 2021). El trabajo de este proyecto ha permitido precisar este criterio para el caso de la modelización crítica: la apertura necesaria no es simplemente cognitiva, sino también de naturaleza controversial.

Una actividad es controversial en este sentido cuando no tiene una respuesta única y cerrada desde el punto de vista epistémico o social, cuando involucra valores o intereses en tensión, y cuando exige a los estudiantes tomar posición y justificarla (Levinson, 2023). Esta distinción entre apertura cognitiva y apertura controversial es relevante porque una pregunta puede ser abierta en el sentido de admitir

varias estrategias de resolución, sin por ello provocar la deliberación epistémica y ciudadana que caracteriza a la modelización crítica. En los talleres con la comunidad docente, esta distinción resultó especialmente productiva: varios profesores identificaron que sus actividades tenían apertura cognitiva pero no controversialidad, lo que limitaba su potencial para provocar el contraste entre modelos y la reflexión sobre los usos sociales del conocimiento.

Criterios relativos al tipo de práctica epistémica

La tercera dimensión concierne al tipo de práctica epistémica que la actividad debe promover. La modelización escolar ha sido caracterizada principalmente a través de prácticas de tipo cognitivo: construir, usar, evaluar y revisar modelos para explicar, predecir o generalizar fenómenos (Garrido & Couso, 2025; Schwarz et al., 2009). Estas prácticas son necesarias y deben estar presentes en las actividades de modelización crítica; sin ellas, el trabajo con el modelo perdería su carácter epistémico.

Sin embargo, el análisis del proyecto apunta a que las actividades con potencial modelizador crítico requieren extender el repertorio de prácticas epistémicas hacia lo que Reiss (2019) y Levinson (2023) denominan activismo científico escolar. Esta noción refiere a prácticas en las que los estudiantes no solo analizan y evalúan explicaciones desde un criterio epistémico, sino que también actúan sobre el entorno social: comunican sus conclusiones, cuestionan discursos en circulación, elaboran productos que interpelan a otros actores, o participan en acciones orientadas a la toma de decisiones informadas en su comunidad.

La incorporación del activismo como criterio de diseño no implica sustituir las prácticas cognitivas de modelización, sino ampliarlas hacia una dimensión participativa y ciudadana. En los talleres con docentes, la discusión de este criterio generó reflexiones muy ricas sobre los límites y posibilidades de la clase de ciencias como espacio de participación democrática, y llevó a identificar formas concretas de activismo que pueden articularse con el trabajo modelizador: desde la elaboración de comunicados dirigidos a consumidores o autoridades, hasta la creación de materiales para desmentir discursos pseudocientíficos en redes sociales o en el entorno escolar.

DISCUSIÓN E IMPLICACIONES

Los criterios preliminares presentados constituyen un aporte al campo del diseño de actividades modelizadoras, al hacer explícita la dimensión crítica y ciudadana que requiere enseñar ciencias en contextos de desinformación. La distinción entre criterios necesarios y deseables, emergida del trabajo conjunto con docentes, tiene un valor operativo inmediato: permite orientar el diseño y la evaluación de actividades sin imponer un estándar único, reconociendo que el potencial modelizador crítico admite gradaciones según el contexto educativo y la experiencia previa del profesorado.

La incorporación del activismo científico escolar como criterio de diseño es quizás el resultado más novedoso y también el que más tensiones genera en la comunidad docente. La clase de ciencias no ha sido concebida tradicionalmente como un espacio de acción ciudadana, y muchos docentes expresaron incertidumbre sobre cómo articular el trabajo epistémico con el modelo y las prácticas de activismo sin perder el rigor científico. Esta tensión productiva, lejos de ser un obstáculo, constituye un dato relevante sobre las condiciones de posibilidad de la modelización crítica en el contexto escolar.

Las próximas etapas del proyecto contemplarán el co-diseño e implementación de secuencias didácticas basadas en estos criterios, lo que permitirá evaluarlos empíricamente y refinarlos a la luz de la práctica de aula. Los resultados apuntan a que la articulación entre modelización y activismo no solo es posible, sino didácticamente fértil, y que puede contribuir a una educación científica más comprometida con la formación de una ciudadanía crítica, informada y capaz de actuar frente a los desafíos de la desinformación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bielik, T., Damelin, D., & Krajcik, J. S. (2021). Using modelling to engage students in scientific practices and epistemic reasoning. *Journal of Science Education and Technology*, 30(5), 667–682.

Carroll, G., & Park, S. (2024). Towards expansive model-based teaching: A systematic synthesis of modelling pedagogies in science education literature. *Studies in Science Education*, 1–39.

Cortés-Morales, A., & Marzábal, A. (2025). The design of science teaching and learning tasks with modelling potential. *Studies in Science Education*, 1–29.

Diéguez, A. (2024). Negacionismo, anticiencia y pseudociencia. *Ambienta*, 138, 18–23.

Garrido, A., & Couso, D. (2025). The IPM cycle: An instructional tool for promoting students' engagement in modeling practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 62(2), 391–425.

Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742–752.

Guisasola, J., Ametller, J., & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1).

Ke, L., Sadler, T. D., Zangori, L., & Friedrichsen, P. J. (2021). Developing and using multiple models to promote scientific literacy in the context of socioscientific issues. *Science & Education*, 30(3), 589–607.

Levinson, R. (2023). Science education and social justice: A possible dream. En *Science education towards social and ecological justice: Provocations and conversations* (pp. 95–121). Springer.

Marzábal, A., Merino, C., Soto, M., & Cortés, A. (2024). Modeling-based science education. En *Rethinking science education in Latin-America* (pp. 245–261). Springer Nature Switzerland.

Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. SAGE Publications.

Reiss, P., & Mendonça, P. (2019). Education for the twenty-first century: Promoting critical scientific literacy. *School Science Review*, 101(375), 61–69.

Sadler, T. D., Friedrichsen, P., & Zangori, L. (2019). A framework for teaching for socio-scientific issue and model-based learning (SIMBL). *Educação e Fronteiras/Education and Borders*, 9(25), 8–26.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modelling. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.

Sjöström, J., Yavuzkaya, M., Guerrero, G., & Eilks, I. (2024). Critical chemical literacy as a main goal of chemistry education aiming for climate empowerment and agency. *Journal of Chemical Education*, 101(10), 4189–4195.

Tena, È., & Couso, D. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 20(2), 2801.

Zeidler, D. L. (2019). *New directions in socioscientific issues research. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1, 11.

Experiencia piloto de un juego de mesa cooperativo para la educación en reducción del riesgo de desastres

Mercedes Vázquez-Vílchez[1], *Alicia Fernández-Oliveras*[1], *Ana Sebastián-García*[2], *Alicia Benarroch-Benarroch*[1]

[1]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada

[2]Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación, Centro de Magisterio La Inmaculada, Universidad de Granada

*Correspondencia: mmvazquez@ugr.es

RESUMEN: Se presenta una experiencia piloto para el co-diseño iterativo de *Riesgo en Juego*, un juego de mesa serio y cooperativo orientado a la educación en Reducción del Riesgo de Desastres (RRD). El prototipo combina dos amenazas frecuentes —inundaciones fluviales e incendios forestales — y estructura la toma de decisiones mediante protocolos y recursos de protección que el equipo gestiona para evacuar a personas en riesgo. Participaron 31 estudiantes del Máster en Profesorado de Educación Secundaria. Tras la partida, se administró una rúbrica *ad hoc* (15 ítems; Likert 1–5) organizada en tres dimensiones: personajes; información y tono del mensaje; y experiencia de juego. Asimismo, seis equipos registraron una discusión grupal autoguiada mediante preguntas orientadas al rediseño del prototipo. Se calcularon medianas por ítem y la consistencia interna de la rúbrica ($\alpha = 0.932$), triangulando estos resultados con un análisis temático de las discusiones. Los resultados muestran una valoración globalmente favorable, siendo cuatro la mediana en 12 de los ítems. Destacan las puntuaciones en información y tono del mensaje, y en inclusión y representación de los personajes. Las principales áreas de mejora se concentran en la claridad operativa del flujo del juego y, de forma asociada, en el ritmo o duración de la partida. Las prioridades de rediseño se orientan a incorporar guías visuales de turno y fases, explicitar las reglas de movimiento y realizar ajustes menores en la estructura de rondas y progresión del riesgo.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje basado en juegos; juegos serios; riesgos naturales; reducción del riesgo de desastres; co-diseño

ABSTRACT: A pilot experience is presented for the iterative co-design of *Riesgo en Juego*, a serious, cooperative board game aimed at education for Disaster Risk Reduction (DRR). The prototype combines two frequent hazards—riverine floods and wildfires—and structures decision-making through protocols and protective resources that the team manages to evacuate vulnerable people at risk. Thirty-one students from a Secondary Teacher Education Master's programme participated. After the game session, an *ad hoc* rubric (15 items; 1–5 Likert scale) was administered, organised into three dimensions: characters; information and message tone; and gameplay experience. In addition, six teams recorded a self-guided group discussion using prompts oriented toward redesigning the prototype. Item-level medians and the rubric's internal consistency ($\alpha = 0.932$) were calculated, triangulating these results with a thematic analysis of the discussions. Overall, results indicate a favourable evaluation, with four being the median in 12 of the items. Higher scores were observed for information and message tone and for inclusion and representation of the characters. The main areas for improvement concern the operational clarity of the gameplay flow and, relatedly, the pace or duration of the session. Redesign priorities focus on incorporating visual guides for turns and phases, making movement rules explicit, and introducing minor adjustments to the round structure and risk progression.

KEYWORDS: game-based learning; serious games; natural hazards; disaster risk reduction; co-design.

INTRODUCCIÓN

En la última década, la educación para la reducción del riesgo de desastres (RRD) ha adquirido un papel estratégico ante el aumento de la exposición y la vulnerabilidad de comunidades frente a amenazas naturales como inundaciones fluviales e incendios forestales (Aghaei et al., 2018). El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030 (UNDRR, 2015) subraya la necesidad de fortalecer capacidades sociales para anticipar, prepararse y responder ante estos eventos, incorporando la educación como un instrumento clave para mejorar la comprensión del riesgo y promover la participación informada.

Tradicionalmente la enseñanza sobre riesgos naturales se ha apoyado en enfoques informativos y normativos (Sharpe, 2021). Frente a ello, los juegos serios buscan favorecer el aprendizaje a través de la participación activa, la resolución de problemas y la toma de decisiones (Fleming et al., 2020). Sin embargo, la literatura indica que los juegos serios en RRD se centran en una única fase del ciclo de desastre, generalmente la de respuesta, o en un único tipo de amenaza, lo que dificulta una comprensión integrada del riesgo como proceso continuo. Por ello, diversos estudios recomiendan que los juegos educativos aborden explícitamente las cuatro fases del ciclo del riesgo (prevención, preparación, respuesta y recuperación) y entrenen la priorización de decisiones, la coordinación y el uso de recursos bajo restricciones (p.ej. Solinska-Nowak et al., 2018; Vázquez et al., 2025). Asimismo, se ha señalado que muchos juegos presentan representaciones limitadas de la diversidad social y cultural, lo que puede invisibilizar diferentes situaciones de vulnerabilidad (Solinska-Nowak et al., 2018).

Teniendo esto en cuenta, se presenta un prototipo de juego educativo sobre RRD con tres aportaciones principales. En primer lugar, estructura la experiencia de juego de forma que recorre explícitamente el ciclo completo del riesgo, favoreciendo que quienes juegan razonen y justifiquen decisiones de priorización y coordinación en equipo con recursos limitados. En segundo lugar, propone un diseño modular que integra inundaciones e incendios bajo una estructura común de decisiones, orientada a desarrollar razonamiento transferible sobre gestión del riesgo. Finalmente, incorpora de forma intencional la diversidad social y cultural como dimensión relevante para la gestión del riesgo, considerando factores como el acceso desigual a la información o a los canales de comunicación.

En esta comunicación se recoge un pilotaje del prototipo de juego presentado, llevado a cabo con docentes de Educación Secundaria en formación inicial, con el objetivo de explorar sus percepciones sobre la toma de decisiones y la experiencia de juego, así como identificar prioridades de mejora para el rediseño del prototipo. Este pilotaje forma parte del proceso de co-diseño iterativo de un juego educativo sobre RRD.

Diseño del Juego “Riesgo en Juego”

Riesgo en Juego es un juego de mesa cooperativo para 4-6 jugadores. El tablero representa un territorio susceptible de verse afectado por desastres naturales, formado por: un pueblo conectado mediante caminos con una granja y cultivos, un río con zonas inundables, áreas de bosque/matorral y zonas montañosas que condicionan los accesos (Figura 1). El objetivo común del equipo de jugadores es rescatar con éxito a cinco personas que se encuentran en ese territorio, antes de que la situación se agrave. La partida se pierde si cuatro de esas personas resultan afectadas por el riesgo. Las personas representadas incluyen colectivos vulnerables diversos (migrantes con lenguas distintas a la local, personas de edad avanzada y de corta edad, mujeres y hombres con discapacidad), que se sitúan en el tablero mediante el lanzamiento de dos dados.

La toma de decisiones se articula mediante roles y cartas de protocolo. Cada jugador asume un rol con funciones complementarias dentro del equipo, favoreciendo la cooperación y el reparto de tareas. Los roles corresponden a actores habituales en la gestión de emergencias: Protección Civil, Cuerpo de Bomberos y Bomberas, Personal Sanitario, Guardia Forestal, Policía/Guardia Civil y Medios de Comunicación.

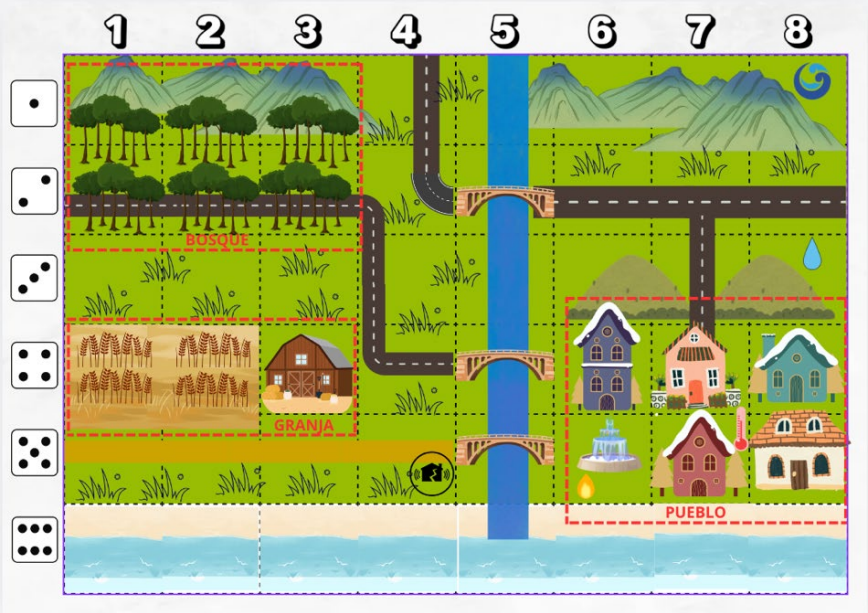


Figura 1. Tablero de juego

Las cartas de protocolo proporcionan orientaciones de actuación y recursos, tales como Puntos de Protección (PP) y escudos ( ), que se pueden asignar en casillas o rutas críticas del tablero (Figura 2). Estos recursos pueden utilizarse para reforzar puntos estratégicos, contener la escalada del riesgo o mantener accesos operativos, de modo que el equipo decide cuándo y dónde aplicarlos según la evolución del escenario.

PREPARACIÓN • ANTES DE ALERTA/IMPACTO	**PREVENCIÓN • ANTES DE ALERTA/IMPACTO**
PR-9 — Barreras (sacos de arena) Prepara sacos/barreras en accesos; coloca 2 en casillas adyacentes junto al Río.	**PV-7 — Señalización segura** Señaliza rutas a puntos altos; coloca 2 en Camino/Carretera.
RESPUESTA • DESPUÉS DE IMPACTO	**RECUPERACIÓN • DESPUÉS DE IMPACTO**
RS-6 — Evita sótanos No uses garajes/sótanos/ascensores; mueve a 1 Persona una casilla para evitar el peligro de .	**RC-8 — Acompañamiento en trámites** Algunas personas quedan fuera por barreras de idioma; organizáis acompañamiento para solicitudes y citas, priorizando a hogares monomarentales o con dependientes; gana 2 PP.

Figura 2. Ejemplos de cartas de protocolo ante inundaciones

La partida se desarrolla en rondas que representan distintas fases del ciclo del riesgo. En el prototipo empleado en la experiencia piloto, los riesgos incluidos fueron las inundaciones fluviales y los incendios forestales. Las dos primeras rondas funcionan como fase de alerta, en la que se aplican protocolos de

Comunicaciones Estándar
Del aula al entorno: propuestas didácticas en torno a problemas ambientales y sociocientíficos

prevención y preparación. A partir de la segunda ronda se revela una carta de impacto que introduce los primeros efectos del evento asociado al riesgo como, por ejemplo, la colocación de tokens de peligro por presencia de agua (💧) o de fuego (🔥) en determinadas casillas. En rondas posteriores se revelan cartas de desastre que intensifican la expansión del riesgo. Tras cada revelación, el equipo dispone de acciones de movimiento y aplicación de protocolos de respuesta o recuperación. Al final de cada ronda, los jugadores pueden gastar PP para mitigar consecuencias del desastre, con acciones como retirar tokens de riesgo o colocar escudos protectores.

MÉTODO

Participaron 31 estudiantes del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Granada, de la especialidad de Biología y Geología. La actividad se desarrolló mediante una sesión de juego dividendo a los participantes en seis equipos. Tres de ellos jugaron con el módulo de inundaciones fluviales y los otros tres equipos, con el de incendios forestales.

Tras la partida, cada participante completó individualmente una rúbrica *ad hoc* basada en los criterios de diseño educativo para juegos sobre riesgos naturales (Vázquez et al., 2025). La rúbrica estaba compuesta por 15 ítems en escala Likert (1–5) organizados en tres dimensiones: A) personajes (4 ítems), B) información y tono del mensaje (5 ítems) y C) experiencia de juego (dinámica y feedback) (6 ítems), Además, cada equipo registró la grabación de sonido de una discusión grupal autoguiada a partir de un guion de seis preguntas. Dichas preguntas estaban centradas en la identificación de señales de escalada y dilemas de decisión durante la partida, así como en propuestas de mejora del prototipo.

Se estimó la consistencia interna de la rúbrica mediante el coeficiente α de Cronbach (α = 0.932) y se calcularon estadísticos descriptivos por ítem y dimensión, utilizando la mediana como indicador central. Finalmente, se trianguló la evidencia cuantitativa con un análisis temático de las discusiones grupales, para interpretar patrones de respuesta y fundamentar la priorización de mejoras de diseño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las respuestas a la rúbrica muestran una valoración globalmente favorable del prototipo (Figura 3). En 12 de los 15 ítems la mediana es 4 sobre 5, lo que indica una percepción positiva del juego como recurso educativo.

En la dimensión de personajes, los ítems presentan valores intermedios-altos (por ejemplo, A1: Md = 4; A2: Md = 4). En las discusiones, el alumnado destacó que los personajes resultaban variados y adecuados al contexto del juego, señalando que el enfoque era “respetuoso, neutro y sin estereotipos”. El ítem A3 (Md=4) refleja una valoración positiva de la diversidad representada. No obstante, en el análisis cualitativo emergieron algunas reflexiones críticas relacionadas con la representación de barreras idiomáticas, lo que sugiere la conveniencia de revisar cómo se integran estos elementos en el diseño para evitar interpretaciones estereotipadas y reforzar su función dentro de la mecánica de juego.

En la dimensión comunicativa, el ítem B1 (Md=4) confirma la percepción del juego como recurso educativo. En las discusiones, el alumnado valoró especialmente la utilidad de los protocolos preventivos, señalando que las acciones iniciales contribuían a sentirse “bastante protegidos” durante la partida. Sin embargo, el principal margen de mejora se concentra en B2 (claridad del mensaje y del flujo de juego), que obtiene la mediana más baja (Md=3). Los participantes sugirieron incorporar esquemas visuales o guías que expliquen la secuencia de rondas y el uso de cartas y recursos.

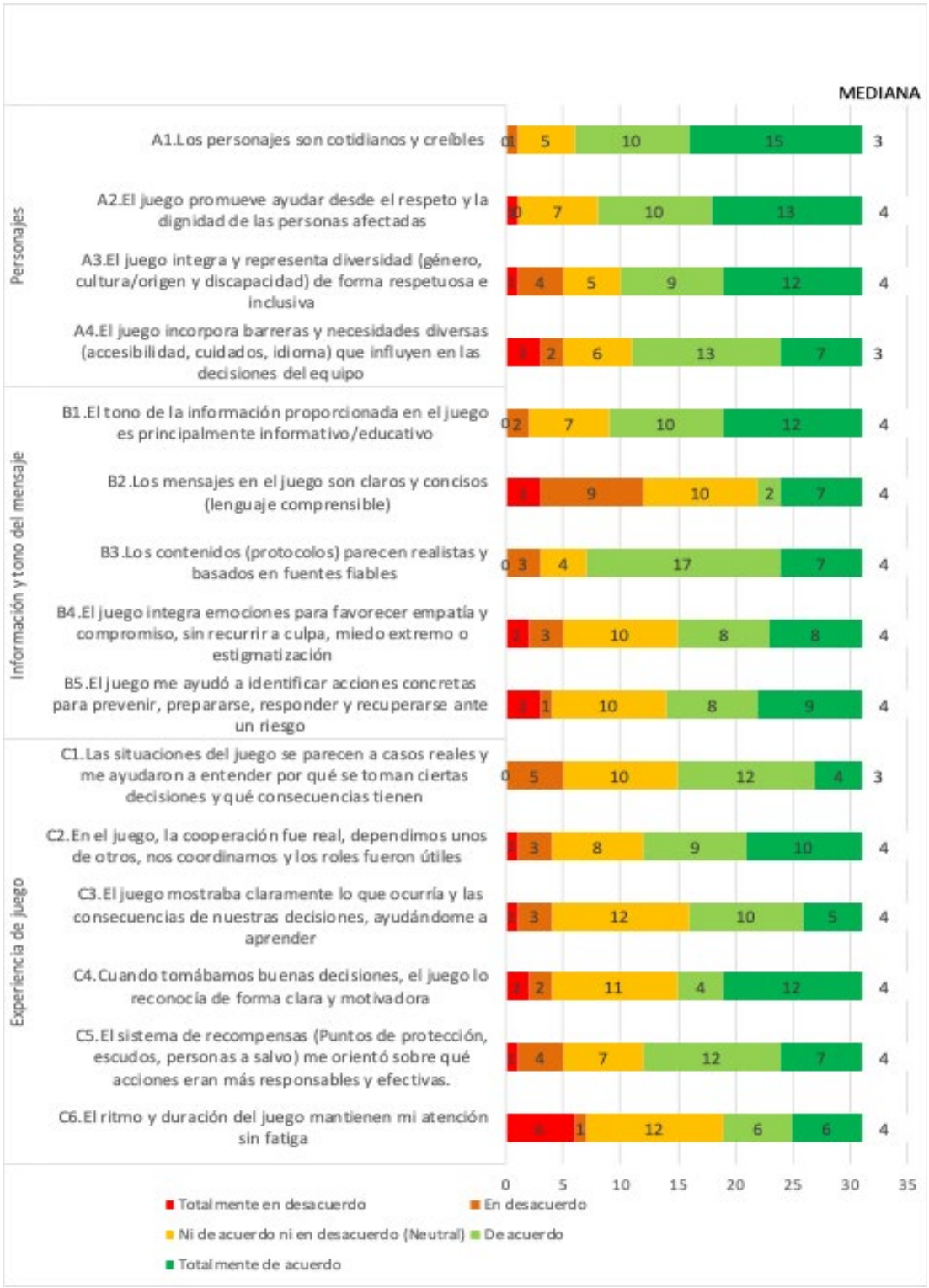


Figura 3. Distribución de respuestas por ítem (Likert 1–5) y fiabilidad de la rúbrica (N = 31; α = 0.932).

En la dimensión de experiencia de juego, la mayoría de los ítems se sitúan en valores intermedios-altos (p. ej., C2: Md=4), reflejando una cooperación efectiva entre jugadores. Los comentarios muestran cómo los equipos coordinaban acciones para evacuar personas y asegurar rutas. Asimismo, el ítem C1 (Md = 4) indica que los jugadores comprendieron de forma funcional la progresión del riesgo y ajustaron sus estrategias en consecuencia. El sistema de recompensas también favoreció la toma de decisiones estratégicas (C5: Md=4), evidenciada en dilemas como decidir entre eliminar un foco de riesgo o reforzar una zona con escudos. No obstante, la visibilidad de las consecuencias de las

acciones (C3) obtuvo una valoración más baja (Md=3), asociada a dudas sobre el momento exacto en que podían aplicarse determinados recursos. Finalmente, el ítem C6 (Md = 3) señala oportunidades de mejora en el ritmo de la partida, con propuestas de acelerar la escalada del riesgo para incrementar la tensión lúdica.

CONCLUSIONES

Los resultados del pilotaje con enfoque de co-diseño iterativo muestran que el prototipo Riesgo en Juego presenta potencial como recurso didáctico para la educación en la gestión de riesgos naturales. Las discusiones de los participantes reflejan que a través del juego se reconocen señales de evolución del riesgo, se ajustan estrategias y se negocian decisiones colectivas relacionadas con la priorización de acciones y el uso de recursos. Esto sugiere que el juego puede favorecer procesos de razonamiento relevantes para la educación en RRD, al promover la reflexión sobre coordinación, anticipación y toma de decisiones en contextos de incertidumbre.

De cara al rediseño del prototipo, las prioridades se centran en mejorar la claridad operativa del juego, especialmente en la secuencia de rondas y el uso de cartas y recursos, mediante apoyos visuales y explicaciones más explícitas del flujo de juego. Asimismo, se propone ajustar el ritmo de la partida para que la progresión del riesgo resulte más perceptible y dinámica. De forma complementaria, se recomienda revisar el diseño de la barrera idiomática para evitar lecturas estereotipadas y explorar mecanismos sencillos para que se manifieste la influencia de las necesidades diversas de los colectivos vulnerables en la toma de decisiones del equipo.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i /PID2024- 160481OB.I00 financiado por MICIU/ AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aghaei, N., Seyedin, H. y Sanaeinasab, H. (2018). Strategies for disaster risk reduction education: a systematic review. *Journal of Education and Health Promotion, 7*, 98. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_31_18

Fleming, K., Abad, J., Booth, L., Schueller, L., Baills, A., Scolobig, A., Petrovic, B., Zuccaro, G. y Leone, M. F. (2020). The use of serious games in engaging stakeholders for disaster risk reduction, management and climate change adaption information elicitation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *49*, 101669. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101669

Sharpe, J. (2021). Learning to trust: Relational spaces and transformative learning for disaster risk reduction across citizen led and professional contexts. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 61*, 102354. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102354

Solinska-Nowak, A., Magnuszewski, P., Curl, M., French, A., Keating, A., Mochizuki, J., Liu, W., Mechler, R., Kulakowska, M. y Jarzabek, L. (2018). An overview of serious games for disaster risk management – Prospects and limitations for informing actions to arrest increasing risk. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 31*, 1013–1029. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.09.001

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. UNDRR.

Vázquez-Vílchez, M., Carmona-Molero, R. y Ouariachi-Peralta, T. (2025). How to communicate and educate more effectively on natural risk issues to improve disaster risk management through serious games. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 25*, 3939–3955. https://doi.org/10.5194/nhess-25-3939-2025

Detectives de la noche: aprendizaje basado en problemas sobre contaminación lumínica, biodiversidad y salud

María M. de la Rocha[1], Fernanda Medicci[1], Magdalena Valverde-Pérez[1], Isabel Banos-González[1] y Laura del Río[2]

[1] Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Murcia, España
[2] Departamento de Sanidad Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España

* Correspondencia: ibbg1@um.es

RESUMEN: Esta comunicación presenta una propuesta didáctica innovadora diseñada para la asignatura de Biología y Geología de 3.º de ESO, centrada en un problema socioecológico de gran relevancia local: los efectos de la contaminación lumínica sobre la salud humana y la biodiversidad urbana. La actividad, titulada "Luces que apagan la ciudad", se plantea como una situación de aprendizaje, en la que el alumnado, a partir de un problema, debe investigar un caso contextualizado, formular hipótesis, analizar pruebas diversas y construir una explicación científica fundamentada. La propuesta se articula desde el enfoque One Health, al integrar de manera explícita la salud de las personas, de los ecosistemas y de la fauna urbana como partes interdependientes de un mismo sistema.

A través de una narrativa inmersiva, el alumnado, organizado en pequeños grupos de trabajo, asume el rol de especialistas que deben resolver un misterio sanitario-ambiental relacionado con la sustitución de farolas por iluminación LED de espectro frío y la desaparición de especies nocturnas. Al tiempo que identifican cómo ese tipo de luz, propio de las pantallas de sus dispositivos, puede afectar al sueño de las personas. El diseño didáctico favorece el pensamiento crítico, la alfabetización científica y la toma de decisiones responsables, conectando los saberes curriculares sobre ecología con un problema real y cercano. La evaluación se realiza mediante rúbricas, observación directa y análisis de producciones del alumnado, con el fin de valorar tanto el aprendizaje conceptual como las competencias científicas, comunicativas y colaborativas desarrolladas durante la actividad.

PALABRAS CLAVE: problemas socio-ecológicos; aprendizaje basado en problemas; enfoque One Health

ABSTRACT: This paper presents an innovative teaching proposal designed for Biology and Geology, 9th. Grade, focused on a socio-ecological issue of strong local relevance: the effects of light pollution on human health and urban biodiversity. The activity, entitled "Lights that extinguish the city", is framed as a learning situation in which students, starting from a problem, must investigate a contextualised case, formulate hypotheses, analyse diverse forms of evidence, and construct a scientifically grounded explanation. The proposal is structured around the One Health approach, explicitly integrating the health of people, ecosystems, and urban wildlife as interdependent components of a single system.

Through an immersive narrative, students, organised into small working groups, take on the role of specialists tasked with solving a health-environmental mystery linked to the replacement of street lamps with cool-spectrum LED lighting and the disappearance of nocturnal species. At the same time, they identify how this type of light, similar to that emitted by their device screens, can affect people's sleep. The teaching design promotes critical thinking, scientific literacy and responsible decision-making, linking curriculum knowledge on ecology to a real and immediate problem. Assessment is carried out through rubrics, direct observation, and analysis of students' work, with the aim of evaluating both conceptual learning and the scientific, communicative, and collaborative competences developed throughout the activity.

KEYWORDS: socio-ecological problems; problem-based learning; One Health approach

JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta didáctica "Luces que apagan la ciudad" se sitúa en 3.º de ESO en la asignatura de Biología y Geología, y se articula como una pequeña investigación escolar sobre un problema socioambiental cercano: los efectos de la contaminación lumínica sobre el sueño humano y sobre la biodiversidad urbana. Su interés educativo reside en que conecta un fenómeno cotidiano y visible en el entorno del alumnado, la nueva iluminación, con explicaciones científicas de alcance biológico y ecológico, lo que favorece aprendizajes significativos y funcionales. Además, la actividad se justifica curricularmente por su vinculación con los bloques de Proyecto Científico, Cuerpo Humano, Hábitos Saludables, y Ecología y Sostenibilidad, incorporando una mirada bajo el enfoque One Health que integra salud humana, animal y ambiental (Esquivel-Martín y Pérez-Martín 2025).

Desde el punto de vista didáctico, la propuesta responde a un enfoque de aprendizaje basado en problemas (Liu y Pásztor, 2022; Smith et al. 2022), ya que parte de un caso contextualizado y plantea al alumnado la necesidad de interpretar pruebas, formular hipótesis y construir una explicación causal a partir de fuentes parciales que van analizando de manera progresiva. Esta forma de trabajo no solo permite aprender contenidos, que se detallan en la siguiente sección, sino también desarrollar prácticas propias de la investigación científica, como la observación, el análisis de información, la argumentación basada en pruebas y la toma de decisiones fundamentadas. La relevancia de la actividad aumenta al situarla en un contexto urbano real y próximo al alumnado del centro educativo donde se va a implementar, lo que facilita la identificación del problema como algo cercano, socialmente relevante y susceptible de intervención educativa.

En coherencia con la normativa curricular de la Educación Secundaria Obligatoria (LOMLOE 2020), la propuesta se alinea con un tratamiento competencial de los saberes básicos, especialmente en relación con la salud, los ecosistemas urbanos y la construcción del conocimiento científico a partir de problemas auténticos. La estructura narrativa, basada en una simulación hospitalaria y en una unidad ficticia de vigilancia epidemiológica ambiental, introduce un componente motivador que refuerza la implicación del alumnado y favorece la participación activa. En conjunto, se trata de una situación de aprendizaje que une rigor académico, contextualización local e innovación metodológica.

OBJETIVOS Y CONTENIDOS

El objetivo general de aprendizaje de la propuesta se orienta a que el alumnado comprenda la relación entre contaminación lumínica y sus efectos sobre los ecosistemas urbanos y la biodiversidad asociada, reconociendo al mismo tiempo cómo podría influir en la alteración del ritmo circadiano y la salud humana. En este marco, se integran los siguientes objetivos específicos:

1. Aplicar procedimientos básicos del método científico (observación, hipótesis, análisis de pruebas y conclusiones).
2. Interpretar información procedente de diversas fuentes para fundamentar explicaciones científicas.
3. Desarrollar pensamiento crítico y toma de decisiones responsables.

Los contenidos conceptuales se centran en la contaminación lumínica y la biodiversidad urbana, en particular, la fauna nocturna vinculada al río Segura, que atraviesa la ciudad de Murcia, donde se encuentra el centro educative en el que se implementa la propuesta. Ésta también incorpora el estudio de las interacciones biológicas y de las relaciones entre alteraciones ambientales y efectos indirectos sobre la salud humana; así como la afección del uso de los dispositivos electrónicos a la producción de melatonina y, por tanto, al sueño. Desde el plano procedimental, el alumnado trabaja la lectura crítica de tablas, noticias e infografías, la formulación de hipótesis, el análisis de datos y la elaboración de un esquema explicativo o mapa sistémico. En el plano actitudinal, la actividad favorece

la curiosidad científica, el espíritu crítico, la sensibilidad ecológica y la valoración de la investigación como herramienta para comprender y transformar la realidad.

La secuencia permite, por tanto, que el aprendizaje de contenidos vaya acompañado del desarrollo de competencias científicas y ciudadanas. Además, el contexto de problema abierto facilita que el alumnado ensaye formas de razonamiento más complejas que las habituales en actividades cerradas.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

La propuesta se desarrolla en dos sesiones de 55 minutos y se presenta como una simulación contextualizada en un hospital de Murcia, donde el alumnado asume el papel de especialistas de la UVEA, una ficticia Unidad de Vigilancia de Enfermedades Ambientales. La historia de partida plantea tres pacientes con síntomas aparentemente desconectados, pero con un nexo común por descubrir, lo que sitúa a los grupos de trabajo en una dinámica de indagación guiada. La docente adopta un papel de facilitador y organiza la actividad en grupos de 3 o 4 estudiantes, favoreciendo el trabajo en grupo y la deliberación compartida.

La primera fase consiste en el análisis de los expedientes clínicos de tres pacientes jóvenes que presentan insomnio, cansancio, síntomas cutáneos y uso frecuente de pantallas, junto con otros indicadores de estilo de vida (Figura 1). A partir de esta información, el alumnado debe identificar patrones, detectar posibles coincidencias y formular una hipótesis inicial sobre el origen del problema. Esta fase resulta clave porque obliga a separar lo relevante de lo accesorio, y porque introduce la distinción entre una simple asociación de síntomas y una explicación científica fundamentada.

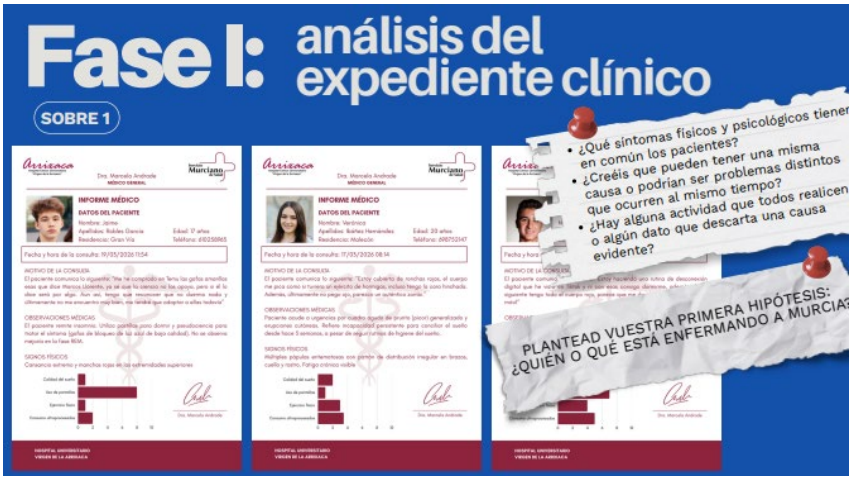


Figura 1. Fichas para el análisis del expediente clínico (Fase 1 de la propuesta)

Tras este primer análisis, la narrativa incorpora una pausa que simula el almuerzo en el hospital y permite solicitar el periódico local para ampliar la información. En la segunda fase, cada grupo recibe noticias breves sobre cambios recientes en la ciudad, como la sustitución de farolas naranjas por luces LED de espectro frío, el aumento de la demanda de melatonina y repelentes, y la desaparición de fauna nocturna del río Segura, junto con otras noticias no relevantes para la resolución de problemas. Esta pluralidad de fuentes obliga al alumnado a discriminar entre pistas relevantes y señuelos, y contribuye a desarrollar una lectura crítica de la información.

La tercera fase incorpora la investigación activa y la toma de decisiones (Figura 2). Cada grupo decide qué noticia desea analizar con mayor profundidad y recibe materiales específicos que amplían la evidencia disponible, tales como: una infografía sobre la luz azul y efectos sobre la melatonina; una tabla de ventas de productos sanitarios en Farmacia; o un conjunto de fichas sobre especies del ecosistema del Segura (murciélagos, libélulas, vencejos), existencia de diversos vectores (mosquito tigre, mosquito anofélido y flebótomo), y redes tróficas. Este diseño abierto introduce un componente de autonomía, ya que los grupos pueden seguir rutas de indagación diferentes en función de las pruebas

que consideren más prometedoras. Además, se refuerza la lógica de la investigación científica escolar, en la que las hipótesis se contrastan de forma progresiva.

Figura 2. Fichas para el análisis de una parte de la información (Fase 3 de la propuesta)

La cuarta fase culmina con la resolución del caso. Para ello, el estudiantado debe elaborar un esquema explicativo o mapa conceptual en el que deben conectar iluminación LED, reducción de la actividad de murciélagos, aumento de mosquitos y efectos sobre la salud humana. A continuación, cada grupo presenta oralmente su explicación y formula una propuesta de solución dirigida al alcalde de la ciudad, como modificar el espectro de las luminarias o apagar determinados monumentos a partir de cierta hora o evitar la pérdida de animales insectívoros. Esta última parte es especialmente valiosa porque exige pasar de la comprensión del problema a la argumentación de una respuesta socialmente responsable. Una selección de las mejores producciones escritas, serán entregadas al Ayuntamiento de la ciudad por el alumnado.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD

La evaluación se plantea mediante observación directa, revisión de las respuestas registradas en las fichas de trabajo y aplicación de una rúbrica analítica a cada estudiante que valora varios indicadores del desempeño. Entre ellos figuran la comprensión del problema científico, el análisis e interpretación de pruebas, la formulación de hipótesis, la elaboración del esquema sistémico, la argumentación científica, la propuesta de soluciones y el trabajo en grupo. También se incluye la valoración de la actitud científica y la curiosidad, lo que permite evaluar no solo productos finales, sino también procesos de aprendizaje.

La rúbrica presenta cuatro niveles de logro, desde el nivel inicial hasta el excelente, y facilita una evaluación más precisa de las capacidades movilizadas durante la secuencia (Figura 3). Su diseño resulta adecuado para una actividad de carácter investigativo, porque permite valorar tanto la calidad del razonamiento como la coherencia de las relaciones establecidas entre los elementos del problema. Además, el hecho de que la tarea exija elaborar una explicación final y una propuesta de mejora hace posible comprobar si el alumnado ha transformado la información en conocimiento funcional.

La propuesta incorpora asimismo un componente de autoevaluación docente, mediante un diario de reflexión en el que el profesorado analiza la participación del alumnado, el ajuste del tiempo, la claridad de las pistas y el nivel de comprensión alcanzado. A ello se suma un cuestionario de opinión para recoger la percepción del alumnado sobre la actividad, sus dificultades y los aspectos más motivadores.

Este enfoque es pertinente porque la innovación didáctica no debe limitarse a la implementación, sino también a la revisión crítica y a la mejora continua de la práctica educativa.

Criterio de evaluación	4 – Excelente	3 – Adecuado	2 – Básico	1 – Inicial
Comprensión del problema científico	Comprende completamente el problema planteado e identifica claramente la relación entre contaminación lumínica, salud humana y ecosistema.	Comprende el problema general y algunas de sus relaciones principales.	Comprende solo parte del problema o presenta confusiones.	No logra identificar el problema o lo interpreta de forma incorrecta.
Análisis e interpretación de evidencias	Analiza correctamente los datos y evidencias (tablas, noticias, infografías), identifica patrones y los utiliza para apoyar sus conclusiones.	Analiza las evidencias y extrae algunas conclusiones relevantes.	Interpreta las evidencias de forma parcial o superficial.	Tiene dificultades para comprender o utilizar las evidencias.
Formulación de hipótesis científicas	Propone hipótesis coherentes y bien justificadas, basadas en evidencias y diferenciando correlación y causalidad.	Propone hipótesis razonables apoyadas parcialmente en la información disponible.	La hipótesis es poco clara o poco fundamentada .	No formula hipótesis o no está relacionada con el problema.
Elaboración del esquema o mapa sistémico	El esquema conecta claramente todos los elementos del problema (iluminación, murciélagos, insectos, salud humana) mostrando relaciones causa-efecto y retroalimentaciones	El esquema muestra las relaciones principales entre varios elementos del problema.	El esquema es incompleto o presenta relaciones poco claras.	El esquema es muy simple o no representa correctamente las relaciones.
Argumentación científica	Explica las conclusiones utilizando evidencias, vocabulario científico y razonamientos claros y coherentes.	Argumenta sus conclusiones con cierta base científica.	Las explicaciones son simples o poco fundamentad	No justifica las conclusiones o presenta errores conceptuales.
Propuesta de soluciones basadas en evidencias	Propone soluciones realistas y bien justificadas con argumentos científicos, ecológicos y de salud.	Propone una solución adecuada con alguna justificación científica.	La solución es poco desarrollada o débilmente justificada.	No propone soluciones o no están relacionadas con el problema.
Trabajo cooperativo y participación	Participa activamente, escucha, respeta turnos y contribuye al trabajo del grupo.	Participa de forma adecuada y coopera con el grupo.	Participa poco o de forma irregular.	No participa o dificulta el trabajo del grupo.
Actitud científica y curiosidad	Muestra gran interés, formula preguntas y busca comprender el problema en profundidad.	Mantiene una actitud positiva y participa en la investigación	Muestra interés limitado o participación irregular.	Falta de interés o actitud pasiva.

Figura 3. Rúbrica para la evaluación de la propuesta

¿EN QUÉ FASE SE ENCUENTRA ACTUALMENTE LA PROPUESTA?

La propuesta se va a implementar en siete aulas de 3º. de la ESO la primera semana de mayo de este curso. Por lo que, aunque no podemos incluir resultados de su aplicación en esta comunicación, esos resultados sí se incluirían en la comunicación oral de este trabajo en el congreso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Esquivel-Martín, T. y Pérez-Martín, J.M. (2025). A Toolbox for Integrating the One Health Approach Into Biology Teacher Training. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, *27*(2), 101-119.

Liu, Y., y Pásztor, A. (2022). Effects of problem-based learning instructional intervention on critical thinking in higher education: A meta-analysis. *Thinking Skills and Creativity*, *45*, 101069.

LOMLOE (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de Educación. Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020.

Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J., Ellerton, P., y Smith, T. (2022). Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice. *Education Sciences*, *12*(10), 728. https://doi.org/10.3390/educsci12100728

LÍNEA TEMÁTICA 6

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN CONTEXTOS DIVERSOS

Propuestas que integren la interdisciplinariedad, la equidad, la inclusión y la atención a la diversidad en diferentes contextos educativos (educación infantil, primaria, secundaria, formación del profesorado o educación no formal).

Reconocimiento docente y familiar y posicionamiento STEM POR género: evidencia EN EDADES 10–16

Ainhoa Osés[1], Lucía Gorjón[2], Carme Grimalt-Álvaro[3]*

[1]Departamento de Políticas Públicas e Historia Económica, Universidad del País Vasco & Fundación ISEAK; Bilbao, España

[2]Fundación ISEAK, Bilbao, España

[3]Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona, España

*Correspondencia: ainhoa.oses@ehu.eus

RESUMEN: Este trabajo examina cómo el reconocimiento percibido de docentes y familia moldea el posicionamiento del alumnado hacia STEM entre los 10–16 años, con un enfoque de género. A partir de un cuestionario basado en instrumentos validados, administrado a N=700 estudiantes de cinco centros de Euskadi, se describe el posicionamiento por género y ciclo (OE1), se caracteriza el reconocimiento (OE2) y se analiza su relación predictiva (OE3). Los resultados muestran trayectorias diferenciadas: los chicos alcanzan su máximo de "STEM es para mí" en 1º–2º ESO (48%) y descienden en 3º–4º (34%), mientras que las chicas exhiben un ascenso sostenido hasta el final de la ESO (19% en 1º–2º ESO y 39% en 3º–4º). En Secundaria, se amplía el reconocimiento hacia Tecnología, Ingeniería y Matemáticas para chicos, y en chicas se desplaza hacia áreas no STEM, equilibrándose parcialmente en Ciencias al cierre de etapa. Crucialmente, el reconocimiento familiar predice el posicionamiento de los chicos en todos los ciclos, y el docente el de las chicas en 3º–4º ESO. Estos resultados permiten identificar qué fuente de reconocimiento importa, para quién y cuándo, y permiten señalar ventanas óptimas de intervención.

PALABRAS CLAVE: Reconocimiento; Identidad STEM; Género; Educación Primaria; Educación Secundaria Obligatoria

ABSTRACT: This study examines how perceived recognition from teachers and family shapes students' positioning toward STEM between ages 10–16, through a gender-informed lens. Using a questionnaire built on validated instruments and administered to N = 700 students from five schools in the Basque Country, we describe positioning by gender and educational cycle (SO1), characterize recognition (SO2), and analyze their predictive relationship (SO3). Results show differentiated trajectories: boys reach their peak in "STEM is for me" in 1º–2º ESO (48%) and decline in 3º–4º (34%), whereas girls exhibit a sustained increase up to the end of lower secondary (19% in 1º–2º ESO and 39% in 3º–4º). In secondary school, recognition toward Technology, Engineering and Mathematics widens for boys, while girls receive more recognition in non-STEM areas, partially rebalancing in Science at the end of the stage. Crucially, family recognition predicts boys' positioning across all cycles, whereas teacher recognition predicts girls' positioning in 3º–4º ESO. These findings identify which source of recognition matters, for whom, and when, pointing to optimal windows for intervention.

KEYWORDS: Recognition; STEM identity; Gender; Primary School Education; Secondary School Education

INTRODUCCIÓN

La participación de la fuerza laboral en el ámbito STEM es, aún, insuficiente para hacer frente a una creciente demanda de habilidades relacionadas con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. La escasez de perfiles es particularmente acuciante entre las mujeres, con implicaciones relevantes en desigualdades estructurales como la brecha salarial de género.

Esta infrarrepresentación femenina podría originarse desde edades tempranas: mientras relativamente más estudiantes varones se implican de forma entusiasta, otra parte del alumnado, particularmente femenino, permanece al margen pese a los esfuerzos por promover su interés. Estas diferencias no obedecen únicamente a motivaciones o capacidades individuales, sino que expresan y reproducen desigualdades sociales más amplias en el tránsito de la Educación Primaria a la Secundaria (Archer et al., 2017)we take the view that school classrooms are spaces that are constituted by complex power struggles (for voice, authenticity, and recognition.

En este contexto, ha cobrado relevancia el estudio de las identidades STEM del alumnado y, en particular, del reconocimiento percibido por parte de agentes significativos (familias y docentes), una dimensión central del modelo de identidad científica de Carlone y Johnson (2007). No obstante, la evidencia sobre cómo varía dicho reconocimiento en función del género y cómo evoluciona a lo largo de la transición a la Educación Secundaria Obligatoria sigue siendo escasa.

Este estudio analiza la influencia del reconocimiento percibido en el posicionamiento STEM de chicas y chicos entre los 10 y los 16 años, con especial atención al cambio de etapa. Este planteamiento permite trazar trayectorias de posicionamiento diferenciales por género en un periodo crítico de desarrollo y derivar implicaciones educativas tempranas para avanzar hacia una STEM más justa e inclusiva.

MARCO TEÓRICO

El concepto de identidad STEM suele emplearse como atajo conceptual que integra las identidades disciplinares de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Godec et al., 2024)there are concerns that more needs to be done to address the inequalities in participation in science, technology, engineering, and mathematics (STEM. Sin embargo, puede hablarse de un "sentido de identidad STEM" explícito, observable cuando el alumnado se autoidentifica como "persona STEM" o persona del ámbito científico-tecnológico ante preguntas directas (Grimalt-Álvaro et al., 2022). Así, conceptualizamos las identidades STEM como conjuntos de significados (signos y símbolos) aplicados al "yo", que definen lo que implica pertenecer a un colectivo, en este caso, "personas STEM". Se trata, por tanto, de identidades relacionales (Grimalt-Álvaro et al., 2022), configuradas por la interacción entre identidades disciplinares y otras identidades personales y sociales más amplias, interacciones que pueden amplificar desigualdades en la implicación de los y las estudiantes con las propuestas, actividades y temas del ámbito STEM.

Posicionamiento hacia el ámbito STEM como puerta de entrada

Aunque las identidades STEM son complejas, investigaciones previas muestran que quienes se posicionan como "personas STEM" suelen reportar mayor interés, competencia, autoeficacia y aspiraciones en áreas STEM, mientras que quienes no se posicionan como tales presentan consistentemente niveles inferiores en estos constructos (Grimalt-Álvaro et al., 2022). Esta relación permite usar el posicionamiento declarado hacia el ámbito STEM (o, simplemente, posicionamiento STEM) como manifestación significativa de dichas identidades y, por ende, un punto de entrada para su estudio.

Uno de los elementos más influyentes en el posicionamiento es la comparación que el alumnado realiza entre sus atributos personales y los atributos socialmente asociados al campo y a las personas profesionales de STEM. Esta imagen social está fuertemente estereotipada y suele presentar los profesionales STEM como gente muy inteligente, trabajador/a y dedicado/a, con conocimiento profundo e incluso un talento innato o excepcional, que disfruta intensamente haciendo o aprendiendo STEM (Archer et al., 2010). Además, la masculinidad heteronormativa se asocia frecuentemente con las personas profesionales STEM, aunque menos en áreas como ciencias de la salud o biología, más vinculadas al cuidado. Cuando los atributos personales o académicos del alumnado difieren de este estereotipo, este ejerce un efecto excluyente, dificultando el desarrollo de una identidad STEM. Esto se manifiesta, por ejemplo, en jóvenes que no se consideran suficientemente capaces, que priorizan su imagen o que se alinean con feminidades o con masculinidades no hegemónicas, quienes suelen mostrar un posicionamiento más negativo hacia el ámbito STEM (Archer et al., 2010). Sin embargo, la literatura sugiere que las chicas, en edades más avanzadas, serían más conscientes de las competencias científicas de las mujeres (López-Pérez et al., 2025)

Reconocimiento percibido

Las identidades STEM no se construyen únicamente a partir de un supuesto interés o habilidad individual, sino que se construyen en interacción con personas, lugares y espacios. De ahí la centralidad del reconocimiento en la investigación sobre identidades STEM. Ser reconocido/a como "cierto tipo de persona" en un contexto dado (Carlone & Johnson, 2007) resulta crucial. El reconocimiento opera mediante validación externa tanto de personas referentes dentro de la comunidad educativa STEM (docentes, mentores, profesionales STEM) como de personas referentes de fuera (familia, pares), y es particularmente influyente cuando es sostenido en el tiempo (Avraamidou, 2019).

Así pues, lejos de ser un evento aislado, el reconocimiento es un proceso que ocurre a través de relaciones y escalas temporales: docentes que atienden al desempeño y crean espacios de aliento, amigos/as que valoran que "eres de ciencias", o familias que legitiman la elección de trayectorias STEM. El reconocimiento también emerge en lo cotidiano, en pequeños actos de inclusión, momentos en que las preguntas son tomadas en serio, invitaciones a participar o afirmaciones discretas de que las propias formas de pensar "encajan" con lo esperado. Así, cuando una persona piensa y actúa de acuerdo con ciertas normas de lo que se esperaría de una "persona STEM", recibe el reconocimiento, aprobación y aceptación de los/as otros/as miembros de la comunidad educativa STEM, lo que valida la identidad STEM de dicha persona (Avraamidou, 2019). Estas cuestiones destacan la dimensión opresiva del reconocimiento, que tiene el potencial de reforzar las desigualdades sistémicas y seguir marginando estudiantes en base a su género, raza y nivel socioeconómico, entre otros (Carlone & Johnson, 2007), o bien, generar espacios donde haya oportunidades más diversas para que el alumnado pueda desarrollar sus identidades STEM.

Con el fin de indagar en las relaciones entre los constructos expuestos, el presente estudio tiene como objetivo general analizar la influencia del reconocimiento percibido en el posicionamiento STEM de chicas y chicos de 10–16 años; en concreto, (OE1) describir el posicionamiento hacia el ámbito STEM según el género y ciclo de estudio, (OE2) caracterizar el reconocimiento percibido según el género y ciclo de estudio, y (OE3) examinar la relación entre posicionamiento y reconocimiento en función del género y ciclo de estudio.

METODOLOGÍA

Para responder a los objetivos específicos, se adoptó un enfoque cuantitativo basado en cuestionario y análisis estadístico inferencial. El estudio es transversal y se realizó durante el curso 2024–2025.

Instrumento y procedimiento para la recogida de datos

Para explorar la relación entre identidad y relación con STEM, se desarrolló un cuestionario partiendo de literatura previa y de instrumentos validados. El cuestionario se estructuró en torno a los siguientes constructos: Curiosidad y trabajo en equipo; Competencia y reconocimiento; Aspiraciones; Autoeficacia; Posicionamiento STEM; Visión sobre el ámbito STEM. Los ítems de posicionamiento y reconocimiento se adaptaron del instrumento validado en Grimalt-Álvaro et al. (2022). Además, se incluyeron variables sociodemográficas (género, curso/etapa educativa y otras covariables contextuales).

El posicionamiento STEM se midió con un ítem ordinal de 4 categorías (*"No son para mí y no me gustan"; "Podrían ser para mí, pero me gustan más otras cosas"; "Pueden ser para mí y me gustan un poco"; "Son para mí y me gustan mucho"*). El reconocimiento se midió con 2 ítems diferenciados para docentes y familia cercana (*Creo que mis profesores/familia cercana piensa que valgo para estudiar... "Lo que yo quiera"; "Ciencias sociales o lengua"; "Ciencias"; "Tecnología, ingeniería, matemáticas"; "Otros", "Piensan que no sirvo"*).

La participación en el estudio fue voluntaria. Se recabó consentimiento informado de las familias/tutores y asentimiento del alumnado. El estudio garantizó anonimato, confidencialidad y uso responsable de los datos, conforme a la Declaración de Helsinki y a la normativa de protección de datos (RGPD y LOPDGDD). La investigación contó con autorización institucional de los centros participantes.

Muestra

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando cinco centros de Euskadi de titularidad mixta (pública y concertada) que abarcan Infantil, Primaria y Secundaria, lo que aporta variabilidad contextual. La muestra final estuvo compuesta por N = 700 estudiantes (315 chicas, 373 chicos y 12 personas no binarias u otras categorías). Por etapa, las observaciones se distribuyeron en 5º–6º de Primaria [N=199], 1º–2º ESO [N=233] y 3º–4º ESO [N=268].

Análisis

Se realizó un análisis descriptivo de las distribuciones de los valores en las variables respectivas al posicionamiento STEM (OE1) y reconocimiento percibido (OE2) según el género y el ciclo de estudio. Los resultados para abordar la relación entre ambos (OE3) se obtuvieron mediante la estimación de modelos de probabilidad lineal. Este análisis se centra en identificar los factores asociados al posicionamiento positivo hacia el ámbito STEM, definido como la probabilidad de declarar que las STEM "son para mí y me gustan mucho". Con el fin de analizar posibles heterogeneidades en los determinantes del posicionamiento STEM, los modelos se estiman de forma desagregada por género y ciclo educativo. La variable explicativa principal es el reconocimiento percibido (la idea de que el alumnado cree que sus familiares/profesores confían en su valía para estudiar STEM), si bien los modelos incorporan un conjunto amplio de variables adicionales que capturan la heterogeneidad del alumnado. En términos interpretativos, las estimaciones permiten inferir la contribución relativa del reconocimiento al posicionamiento STEM, condicionada al resto de variables incluidas en el modelo. De este modo, es posible evaluar si el reconocimiento tiene un mayor o menor peso que otros factores en predecir dicho posicionamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Posicionamiento hacia el ámbito STEM según el género y ciclo (OE1)

En 5º–6º de Primaria, la mayoría del alumnado se sitúa en la categoría "podrían ser para mí, pero me gustan más otras cosas", con mayor proporción en chicas (77 %) que en chicos (55 %). En 1º–2º de ESO, aumenta el grupo de chicos que declaran "son para mí y me gustan mucho" (48 %), mientras que las chicas continúan mayoritariamente en "podrían ser para mí…" (54 %). En 3º–4º de ESO, las respuestas muestran mayor dispersión, destacando en chicos "podrían ser para mí…" (48 %) y en chicas "son para mí" (39 %).

En conjunto, se aprecia una evolución diferenciada: entre chicos, la categoría "son para mí" pasa del 31 % (5º–6º) al 48 % (1º–2º) y desciende al 34 % (3º–4º); entre chicas, la tendencia es ascendente (del 17 % al 19 % y 39 %). Estos patrones son coherentes con trabajos que apuntan a un fortalecimiento progresivo de la percepción de competencia científica en chicas a medida que avanzan de etapa (López-Pérez et al., 2025). Por el contrario, en chicos podría operar un desencaje entre atributos de la ciencia escolar (más "segura" y "formal") y repertorios de masculinidad hegemónica, en contraste con la imagen de una ciencia adulta o profesional más "arriesgada" (Archer et al., 2010), lo que puede contribuir al descenso observado en 3º–4º de ESO.

Reconocimiento percibido según el género y ciclo de estudio (OE2)

En Primaria, el reconocimiento docente hacia ciencias es similar en chicos y chicas (20 %), con ligera ventaja de chicos en tecnología/ingeniería/matemáticas (7 % vs. 1 %). En 1º–2º ESO estas diferencias se amplían tanto en Ciencias (8 % en chicos vs. 4 % en chicas) como, especialmente, en Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (19 % vs. 6 %). En 3º–4º ESO se mantiene la brecha en Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (17 % vs. 6 %) y se invierte en Ciencias (7 % chicos vs. 12 % chicas). De forma sistemática, las chicas reportan más reconocimiento en categorías no STEM (p. ej., "lo que yo quiera" o "ciencias sociales y lengua") en los tres ciclos. El reconocimiento familiar reproduce tendencias muy similares.

El reconocimiento recibido por parte de los chicos en el área de Tecnología, Ingeniería y Matemáticas es acorde con resultados previos de la literatura (Grimalt-Álvaro et al., 2022). Sin embargo, una posible

explicación del incremento de la brecha es el cambio de contexto: en Primaria, el reconocimiento proviene de docentes generalistas; en Secundaria, de especialistas de área, lo que puede activar sesgos (conscientes o no) en la atribución de "valía" hacia STEM (Archer et al., 2017)we take the view that school classrooms are spaces that are constituted by complex power struggles (for voice, authenticity, and recognition. Esto mismo se podría aplicar para las chicas y las ciencias, para las que el mayor reconocimiento percibido observado en 3º-4º podría deberse al reconocimiento de su valía en el área de ciencias de la salud (Avraamidou, 2019).

Relación entre posicionamiento y reconocimiento en función del género y ciclo de estudio (OE3)

La Figura 1 resume los coeficientes (e IC95 %) de modelos estimados por ciclo y género. Para los chicos, el reconocimiento familiar muestra un efecto positivo y significativo sobre el posicionamiento en los tres ciclos (coeficientes en torno al 0,3). El reconocimiento docente tiene un efecto menor y solo resulta positivo y significativo en 1º–2º ESO. Para las chicas, el reconocimiento docente presenta un efecto mayor que el familiar, pero solo alcanza significación positiva en 3º–4º ESO. El reconocimiento familiar muestra efectos limitados y no significativos.

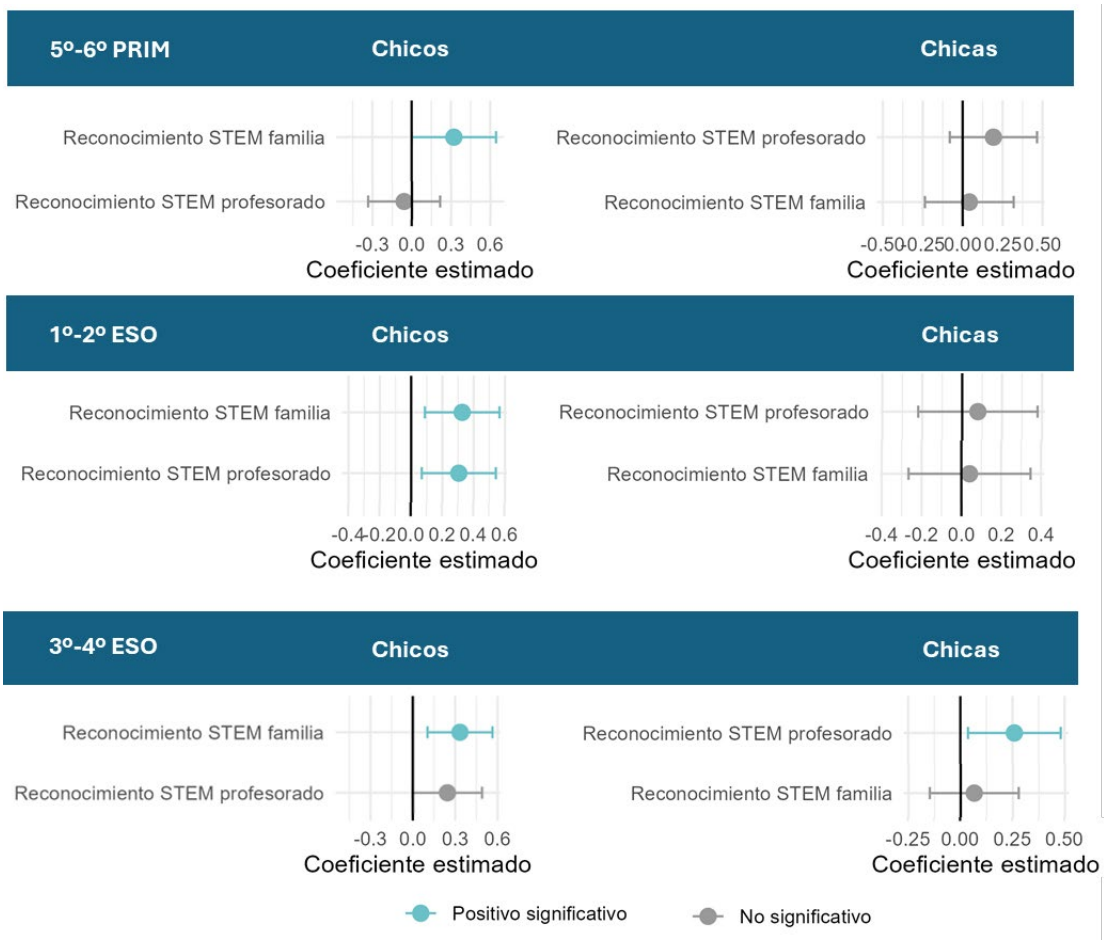


Figura 1. Resultado de las estimaciones sobre posicionamiento STEM del alumnado para cada ciclo educativo y género. Coeficientes estimados (puntos) con intervalos de confianza del 95 % (líneas). Los colores indican significación estadística: cian (positivo, $p < .05$) y gris (no significativo). Los modelos incluyen los dos predictores listados en cada panel. Además de las variables mostradas, se incluyen variables adicionales como el nivel cultural del hogar, los niveles de ansiedad en matemáticas y otras métricas de autoeficacia o determinación. Fuente: elaboración propia.

Estos resultados refuerzan la idea de que el reconocimiento es un mecanismo relacional clave en el desarrollo de las identidades STEM, con fuentes diferenciales por género: docentes como palanca central para chicas (especialmente al final de la ESO) y familia como motor sostenido para chicos a lo largo de toda la etapa obligatoria (Avraamidou, 2019). En conjunto, los hallazgos subrayan la necesidad de una mirada de género para comprender y modular el posicionamiento del alumnado hacia STEM.

CONCLUSIONES

El presente estudio evidencia una evolución diferenciada del posicionamiento (OE1) y del reconocimiento percibido (OE2) por género y ciclo, así como una relación predictiva entre ambos (OE3). El reconocimiento opera como palanca diferencial del posicionamiento STEM: en los chicos, el reconocimiento familiar se mantiene como predictor robusto en los tres ciclos; en las chicas, el reconocimiento docente gana peso y alcanza significación al final de la ESO. De ello se derivan implicaciones operativas: desplegar intervenciones tempranas en el aula que eleven el reconocimiento docente hacia prácticas STEM no canónicas, pero también establecer alianzas familia–centro que fortalezcan el reconocimiento STEM en casa.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen la colaboración de la Fundación Elhuyar para la elaboración de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Godec, S., King, H., Mau, A., Nomikou, E., & Seakins, A. (2017). Killing curiosity? An analysis of celebrated identity performances among teachers and students in nine London secondary science classrooms. *Science Education*, *101*(5), 741-764. https://doi.org/10.1002/sce.21291

Archer, L., Dewitt, J., Osborne, J. F., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). «Doing» science versus «being» a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, *94*(4), 617-639. https://doi.org/10.1002/sce.20399

Avraamidou, L. (2019). Science identity as a landscape of becoming: Rethinking recognition and emotions through an intersectionality lens. *Cultural Studies of Science Education*, *15(2)*, 1-23. https://doi.org/10.1007/s11422-019-09954-7

Carlone, H. B., & Johnson, A. (2007). Understanding the Science Experiences of Successful Women of Color: Science Identity as an Analytic Lens. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(8), 1187-1218. https://doi.org/10.1002/tea.20237

Godec, S., Archer, L., Moote, J., Watson, E., DeWitt, J., Henderson, M., & Francis, B. (2024). A Missing Piece of the Puzzle? Exploring Whether Science Capital and STEM Identity are Associated with STEM Study at University. *International Journal of Science and Mathematics Education, 22*(7), 1615-1636. https://doi.org/10.1007/s10763-023-10438-y

Grimalt-Álvaro, C., Couso, D., Boixadera-Planas, E., & Godec, S. (2022). "I see myself as a STEM person": Exploring high school students' self-identification with STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, *59*(5), 720-745. https://doi.org/10.1002/tea.21742

López-Pérez, L., Poza-Vilches, F., Abarca-Álvarez, F. J., & Alcalá, L. (2025). Patrones de interés y motivación para promover la identidad científica femenina en la educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *22*(3), 3301. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i3.3301

De la teoría a la práctica en educación STEM integrada: un modelo de principios para el diseño de SEAs

Ane Portillo-Blanco[1], Jenaro Guisasola[2] y Kristina Zuza[2]

[1] Departamento Física Aplicada, Universidad del País Vasco (EHU), España

[2] Escuela de Ingeniería Dual, IMH, España

RESUMEN: A pesar de la importancia que ha obtenido la educación iSTEM a nivel internacional, la diversidad de interpretaciones sobre su significado y aplicación al diseño de Secuencias de Enseñanza Aprendizaje (SEA) dificulta el acercamiento a contextos de aula reales. El profesorado tiene dificultad a la hora de comprender qué es y cómo se utiliza y para ello es necesario hacer un análisis sobre los puntos de consenso de la fundamentación teórica y encontrar la forma de traducirlo a la práctica del diseño de secuencias. Asimismo, presentar una variedad de diseños que cumplen con el consenso de principios teóricos es clave para ilustrar las distintas formas que puede llegar a cobrar una secuencia iSTEM. Este artículo comienza recorriendo los principios de mayor consenso teórico (integración, problemas del mundo real, diseño de ingeniería, indagación y trabajo en equipo), siguiendo con la presentación de un modelo de interrelación de esos principios teóricos que hasta el momento se han presentado como entes independientes. Además, se genera una relación entre la formulación del problema inicial, los principios de diseño e indagación y la estrategia de enseñanza que se puede utilizar, y plantea la necesidad de desarrollar ejemplos de SEAs que permitan facilitar su comprensión.

PALABRAS CLAVE: Educación iSTEM, Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje, Aprendizaje Basado en el Diseño, Aprendizaje Basado en Indagación, Interdisciplinariedad

ABSTRACT: Despite the significant international recognition that iSTEM education has gained, the wide range of interpretations regarding its meaning and application to the design of Teaching-Learning Sequences (TLS) makes it difficult to apply it in real classroom contexts. Teachers find it difficult to understand what iSTEM is and how it is used; to address this, it is necessary to analyse the points of consensus within the theoretical framework and find ways to translate these into the practical design of teaching sequences. Furthermore, presenting a variety of designs that adhere to the consensus of theoretical principles is key to illustrating the different forms an iSTEM sequence can take. This article begins by reviewing the principles with the greatest theoretical consensus (integration, real-world problems, engineering design, inquiry and teamwork), followed by the presentation of an interrelational model of these theoretical principles, which have so far been presented as independent entities. Furthermore, a relationship is established between the formulation of the initial problem, the principles of design and inquiry, and the teaching strategy that can be employed. The article concludes by highlighting the need to develop examples of iSTEM teaching-learning sequences that explicitly connect the theoretical model with its practical implementation in classroom contexts.

KEYWORDS: iSTEM Education, Teaching-Learning Sequence, Design-Based Learning, Inquiry-Based Learning, Interdisciplinarity

INTRODUCCIÓN

El interés por el uso de la educación STEM integrada (iSTEM) ha ido aumentando en la última década, sin embargo, comprender qué significa la educación iSTEM y cómo aplicarla en el aula se ha convertido en un problema didáctico debido a la gran variedad de enfoques educativos, materiales y discursos existentes (Martín-Páez et al., 2019). Del mismo modo, la inclusión de este nuevo enfoque metodológico en el currículo educativo implica que el profesorado debe adaptar su enseñanza a las nuevas demandas. No obstante, los docentes explican que tienen dificultades para comprender cómo trasladar la educación

STEM integrada al diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) adaptadas a la realidad del aula (Arshad & Al, 2021). Así, hacer el recorrido desde el consenso teórico hasta su traducción práctica con ejemplos específicos puede ayudar a mejorar la comprensión del profesorado, animando a su uso en el aula (Margot & Kettler, 2019).

Esta propuesta presenta en primer lugar una síntesis de las principales reflexiones teóricas sobre la educación STEM integrada comenzando desde el consenso de los principios iSTEM hasta una propuesta de relación de los mismos. A partir de este marco, se traducen sus principios en estrategias generales de enseñanza y se plantea la necesidad de ilustrarlos mediante ejemplos de SEAs iSTEM alineadas con el consenso teórico.

PRINCIPIOS TEÓRICOS DE LA EDUCACIÓN STEM INTEGRADA

La literatura sobre educación STEM integrada muestra una gran heterogeneidad de marcos teóricos, lo que dificulta comprender con claridad sus fundamentos y orientaciones para la práctica educativa (Ortiz-Revilla et al., 2022). Con el objetivo de identificar puntos de consenso, se realizó una revisión sistemática de artículos teóricos centrada en los principios y características atribuidos a la educación iSTEM (Portillo-Blanco et al., 2024). El análisis permitió identificar 16 principios diferentes en la literatura, aunque al menos la mitad de los artículos coincidían en siete de ellos. Tras analizar sus definiciones y relaciones, estos pudieron sintetizarse en cinco principios con mayor consenso en la educación STEM integrada: (1) La integración de disciplinas, (2) el uso de problemas del mundo real, (3) el diseño o diseño de ingeniería, (4) la indagación y (5) el trabajo en equipo.

Además de identificar los puntos de consenso, el análisis también puso de manifiesto diversas discusiones en torno a la interpretación de estos principios, especialmente en relación con la naturaleza de los problemas del mundo real, el papel del diseño de ingeniería y su relación con los procesos de indagación. Estas cuestiones evidencian la necesidad de profundizar en cómo se articulan los diferentes principios en el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje iSTEM.

Es importante subrayar que los resultados de Portillo-Blanco et al. (2024) coinciden con la única revisión sistemática de principios teóricos previa (Thibaut et al., 2018) y que además añaden tres nuevos principios a la colección: el pensamiento matemático, la alfabetización tecnológica y las carreras STEM.

DESARROLLO DEL MODELO DE INTERRELACIÓN ENTRE LOS PRINCIPIOS ISTEM

Aunque el paso de encontrar los principios que tienen mayor consenso en la literatura es importante para avanzar en la comprensión de la educación iSTEM, se tiende a presentar los principios como entes independientes. Esto dificulta poder imaginar la forma de traducirlos a la práctica docente real, ya que, para su implementación en el aula, debemos integrarlos en el diseño de materiales de enseñanza. En nuestro caso, estos materiales toman el formato de SEA.

La revisión crítica de Portillo-Blanco et al. (2025) busca analizar cómo se interrelacionan los principios y parte del planteamiento de dos escenarios posibles: que todos los principios que forman el modelo de consenso tengan la misma importancia o, al contrario, que exista una jerarquía entre ellos. Si todos los principios fueran igualmente esenciales, cualquier SEA iSTEM debería asegurar la presencia de los cinco principios que coinciden en la revisión de Thibaut et al. (2018) y Portillo-Blanco et al. (2024), reduciendo la diversidad de SEAs que entrarían dentro del marco iSTEM. Del mismo modo, esto obligaría a tener siempre diseño de ingeniería e indagación, dos principios relacionados con las disciplinas de Ingeniería y Ciencia, reforzando así la crítica en torno a la asimetría de importancia entre las matemáticas y la tecnología en comparación con la ingeniería y las ciencias (Tytler et al., 2023).

En cambio, si aceptamos que no todos los principios son esenciales, podría suceder que todos fuesen opcionales o que se estableciera un orden jerárquico entre ellos. Para analizar esta posibilidad, en la revisión crítica se realiza una comparación de definiciones de educación iSTEM mediante la cual se llega a la siguiente conclusión: aunque existe una falta notable de consenso en la definición, todas ellas

comparten la presencia del principio de integración y de uso de problemas del mundo real, sugiriendo que podrían estar en la base de la educación iSTEM. En cambio, los principios de diseño de ingeniería o indagación, aparecen con menor frecuencia en las definiciones, lo que sugiere que pueden considerarse principios de segundo nivel que no necesariamente deben estar presentes en todas las propuestas didácticas.

Esta interpretación se ve reforzada por la revisión sistemática de Halawa et al. (2024) en la que se muestra que el Aprendizaje Basado en el Diseño (ABD) (Purzer et al., 2022) y el Aprendizaje Basado en Indagación (ABI) (Couso & Simarro, 2020) suelen aparecer como enfoques independientes o combinados. Este resultado indica que no es imprescindible integrar simultáneamente ambos enfoques en una misma SEA y refuerza, al igual que en las definiciones anteriores, la opcionalidad de los principios de diseño e indagación.

Desde esta perspectiva, la elección del problema inicial adquiere un papel central en el diseño de una SEA iSTEM, ya que el tipo de problema seleccionado influye directamente en la forma en que se organiza la actividad de aprendizaje y en los enfoques pedagógicos que se utilizan durante la secuencia. Recogiendo las conclusiones anteriores, parece que la formulación del problema se distingue en la utilización del principio de diseño de ingeniería o de indagación, es decir, que varía según la disciplina que lo guía. Para comprender esta distinción, resulta útil considerar las diferencias epistemológicas entre las disciplinas STEM: mientras que la ciencia se orienta principalmente a explicar fenómenos naturales y dirigida al conocimiento fundamental, la ingeniería se centra en el desarrollo de soluciones a necesidades concretas, planteando problemas relacionados con el diseño, la mejora o la optimización de artefactos y sistemas, sin descartar que durante la investigación se descubran también elementos que ayudan al conocimiento fundamental del tema.

También es importante recalcar qué papel juegan en todo este modelo de interrelación las disciplinas de la tecnología y las matemáticas. Por un lado, en la revisión crítica se decide fusionar la ingeniería y la tecnología aun sabiendo la discusión que hay en la literatura en torno al tema (García-Carmona, 2023). Por su parte, las matemáticas contribuyen mediante la modelización, la cuantificación y el análisis de relaciones, aportando herramientas para describir fenómenos, analizar datos o fundamentar decisiones de diseño (Hallstrom & Ankiewicz, 2023). Aun así, esta última aparece como instrumento para los procesos de diseño e indagación y por ello, en el modelo que se presenta se mantiene como acompañamiento a los principios de diseño e indagación.

Otro de los principios de consenso es el trabajo en grupo que, aunque no se desarrolla en profundidad en los estudios analizados, es uno de los elementos transversales que siempre aparecen en los marcos teóricos de la educación iSTEM. Igualmente, la última revisión sistemática formula el principio de carreras STEM como un principio útil para establecer relaciones significativas entre el entorno del aula y el ámbito STEM profesional. Aun así y, a pesar de tener en cuenta la utilidad de este último principio, no parece que tenga una presencia en la literatura e impacto en las estrategias de enseñanza suficiente como para mantenerlo al nivel del resto.

Por lo tanto, todas estas ideas derivan en un modelo interrelacional de principios de la educación iSTEM que se resume de la siguiente forma (Figura 1): Los principios de integración y problemas del mundo real son principios esenciales que toda SEA iSTEM debe cumplir. Aunque la definición del problema inicial pueda realizarse desde diversas disciplinas, todo proceso de resolución de problema pasa por las fases de definición, creación de ideas y evaluación. Así, si el problema inicial está formulado desde la perspectiva de la ingeniería, generalmente la SEA estará estructurada siguiendo el Aprendizaje Basado en el Diseño que aparece en el principio de diseño de ingeniería. En cambio, si el peso principal está en la disciplina científica (entendida desde la ciencia básica), frecuentemente, la estrategia de enseñanza tendrá un enfoque de Aprendizaje Basado en Indagación del principio de indagación (Portillo-Blanco et al., 2025).

Esto no significa que los principios de diseño e indagación sean excluyentes entre sí, sino que, volviendo a los resultados de Halawa et al. (2024), pueden aparecer tanto de forma independiente como combinados en la resolución del problema. Todo dependerá de la propia formulación del problema inicial. Asimismo,

las matemáticas se establecen como herramienta para enriquecer los procesos de diseño o indagación. Finalmente, como se ha explicado anteriormente, el trabajo en equipo queda como principio transversal y las carreras STEM como algo opcional representado en un color más débil.

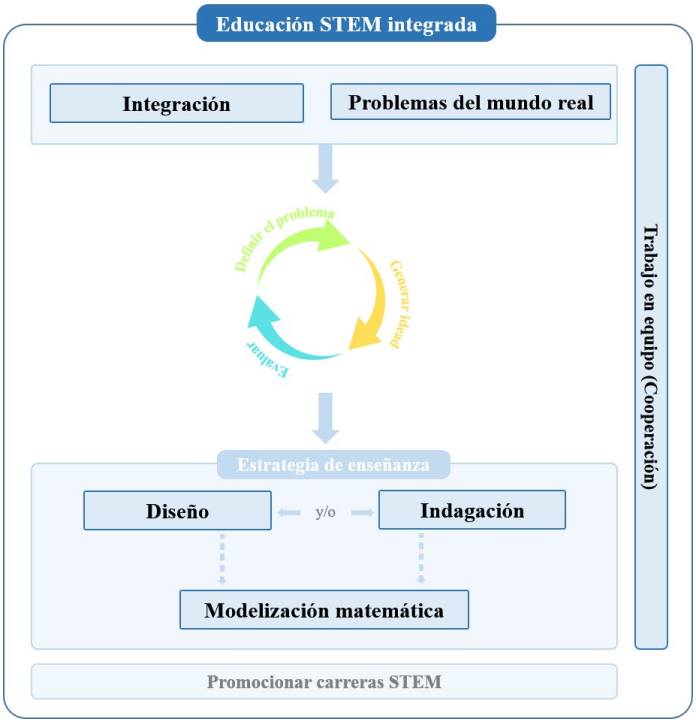


Figura 1: Modelo de interrelación de los principios teóricos iSTEM

LA VARIEDAD DE LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA: NECESIDAD DE EJEMPLOS DE SEAS ISTEM

El modelo de relación sigue siendo insuficiente para facilitar el proceso de diseño de SEAs por sí solo, ya que sigue estando en un plano mayormente teórico. Para acercarlo a la actividad real de diseño de SEAs es indispensable ahondar en la propia definición del problema y en cómo ello afecta en la estrategia de enseñanza a utilizar. La literatura muestra el uso de ABD y ABI para ello y sus problemas son epistemológicamente distintos y variados en sí mismos.

Comenzando desde los problemas de diseño de ingeniería, Purzer et al. (2022) propone una variedad de seis problemas distintos en los que cada uno de ellos tiene sus propios pasos para dirigir la resolución. En cambio, la indagación busca entender el porqué o el cómo de un fenómeno o suceso en lugar de resolver un problema específico y su proceso de resolución incluye los siguientes pasos: Observación, generación de preguntas, búsqueda de información, formulación de hipótesis, diseño de una investigación, recogida de datos, interpretación de resultados, creación de explicaciones, evaluación, optimización y comunicación. Esto no significa que toda secuencia iSTEM que parte desde una perspectiva de indagación deba completar todos esos pasos, el foco puede variar según los objetivos de aprendizaje que se persigan y la formulación del problema realizado.

Por lo tanto, la variedad de problemas de los que partir a la hora de diseñar una SEA dependiendo del enfoque que queramos dar está ya definida en la literatura. En cambio, para facilitar la comprensión de la perspectiva teórica de la educación iSTEM es indispensable acercarla al profesorado mediante ejemplos de SEAs iSTEM en los que se relacione el propio diseño de la SEA con la aplicación de cada uno de los principios. De esta manera entender lo que significa cada uno de ellos, la variedad de propuestas dentro de cada perspectiva y su traducción al aula se vuelve un proceso más sencillo y cercano a la práctica docente real.

CONCLUSIONES

En esta propuesta se realiza un recorrido desde la discusión en la literatura sobre la fundamentación teórica de la educación iSTEM y los principios de mayor consenso hasta la propuesta de un modelo de interrelación de los mismos. Este modelo tiene como objetivo comenzar a construir el puente entre la perspectiva teórica y el diseño de SEAs en función del tipo de problema inicial. No obstante, los resultados obtenidos ponen de manifiesto que este avance resulta todavía insuficiente si no se acompaña de ejemplos de SEAs en los que se explicite la relación entre el diseño de la secuencia y la aplicación de los principios. En este sentido, se identifica como línea necesaria de desarrollo la elaboración de propuestas que conecten de forma explícita el modelo teórico con su implementación en el aula.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arshad, A. Y. M., & Al, E. (2021). A Systematic Review: Issues in Implementation of Integrated STEM Education. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, *12*(9), Article 9.

Couso, D., & Simarro, C. (2020). STEM Education Through the Epistemological Lens: Unveiling the Challenge of STEM Transdisciplinarity. En *Handbook of Research on STEM Education* (pp. 17-28).

Domènech-Casal, J., Gasco, J., Royo, P., & Vilches, S. (2018). Proyecto CRASH: Enseñando cinemática y dinámica en el contexto del análisis pericial de accidentes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *15*(2), Article 2. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2103

Dufranc, I. M. R. G., Cal, E. S. de la, Terceño, E. M. G., Centeno, A. A., González, A. M., Rodríguez, M. A., & Revilla, R. B. (2024). Mucho más que abejas. En *UNIVERSIDAD DE BURGOS. Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional—Libros en acceso abierto*. UNIVERSIDAD DE BURGOS. Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional - Libros en acceso abierto. https://doi.org/10.36443/9788418465642

García-Carmona, A. (2023). Integración de la ingeniería en la educación científico-tecnológica desde un prisma CTS. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *41*(1), Article 1. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5611

Halawa, S., Lin, T.-C., & Hsu, Y.-S. (2024). Exploring instructional design in K-12 STEM education: A systematic literature review. *INTERNATIONAL JOURNAL OF STEM EDUCATION*, *11*(1), 43. https://doi.org/10.1186/s40594-024-00503-5

Hallstrom, J., & Ankiewicz, P. (2023). Design as the basis for integrated STEM education: A philosophical framework. *FRONTIERS IN EDUCATION*, *8*. (WOS:000945619900001). https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1078313

Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, *6*(1). Scopus. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, *103*(4), 799-822. Scopus. https://doi.org/10.1002/sce.21522

Ortiz Revilla, J. (2020). *El desarrollo competencial en la Educación Primaria: Efectos de una propuesta STEAM integrada*. https://doi.org/10.36443/10259/5521

Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriassecq, I. (2022). A Theoretical Framework for Integrated STEM Education. *Science & Education*, *31*(2), 383-404. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x

Portillo-Blanco, A., Deprez, H., De Cock, M., Guisasola, J., & Zuza, K. (2024). A Systematic Literature Review of Integrated STEM Education: Uncovering Consensus and Diversity in Principles and Characteristics. *Education Sciences*, *14*(9), Article 9. https://doi.org/10.3390/educsci14091028

Portillo-Blanco, A., Guisasola, J., & Zuza, K. (2025). Integrated STEM education: Addressing theoretical ambiguities and practical applications. *Frontiers in Education*, *10*, 1568885. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1568885

Purzer, Ş., Quintana-Cifuentes, J., & Menekse, M. (2022). The honeycomb of engineering framework: Philosophy of engineering guiding precollege engineering education. *Journal of Engineering Education*, *111*(1), 19-39. https://doi.org/10.1002/jee.20441

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W.,

Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, *3*(1). https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525

Tytler, R., Anderson, J., & Williams, G. (2023). Exploring a framework for integrated STEM: Challenges and benefits for promoting engagement in learning mathematics. *ZDM – Mathematics Education*, *55*(7), 1299-1313. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01519-x

Enseñar ciencias en contextos educativos de alta diversidad: tensiones y resignificaciones docentes

Fabián Fernández Araneda [1], *Natalia Jara Colicoy* [1]

[1] Departamento de Biología, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile

*Correspondencia: fabian.fernandez@umce.cl

RESUMEN: Este estudio analiza cómo docentes de ciencias resignifican su enseñanza en contextos educativos de alta diversidad, atendiendo a las tensiones que emergen en su práctica y a las estrategias que desarrollan para favorecer el aprendizaje. La investigación se enmarca en un enfoque cualitativo de estudio de caso, centrado en un equipo docente que participó en una comunidad profesional de aprendizaje generada en el marco de un proyecto de vinculación con el medio. La producción de información incluyó entrevistas, relatos de experiencias de aula y registros de trabajo colaborativo, analizados mediante un análisis temático de contenido de carácter interpretativo. Los resultados muestran que las tensiones, particularmente aquellas asociadas al desfase entre el currículum y las condiciones del aula se transforman en objeto de reflexión docente. A partir de ello, los profesores desarrollan procesos de resignificación que desplazan la enseñanza hacia enfoques más situados, donde el contexto deja de ser una limitación y se convierte en un recurso pedagógico. Estos hallazgos aportan a la comprensión del desarrollo profesional docente en contextos de alta diversidad.

PALABRAS CLAVE: enseñanza de las ciencias; diversidad educativa; desarrollo profesional docente; tensiones pedagógicas; comunidad profesional de aprendizaje

ABSTRACT: This study analyzes how science teachers reframe their teaching practices in educational contexts characterized by high diversity, focusing on the tensions that emerge in their practice and the strategies they develop to support student learning. The research adopts a qualitative case study approach, involving a group of teachers who participated in a professional learning community developed through a university–school collaboration project. Data were collected through interviews, classroom narratives, and collaborative meeting records, and analyzed using an interpretive thematic content analysis. The findings show that tensions, particularly those related to the mismatch between curriculum demands and classroom conditions, become a central focus of teacher reflection. Through this process, teachers reframe their practice towards more situated approaches, where context shifts from being perceived as a limitation to becoming a pedagogical resource. These results contribute to understanding teacher professional development in contexts of high educational diversity.

KEYWORDS: science education; educational diversity; teacher professional development; pedagogical tensions; professional learning community

INTRODUCCIÓN

La educación científica constituye un componente clave para el desarrollo de una ciudadanía crítica e informada, capaz de participar en la toma de decisiones en contextos sociales y tecnológicos complejos (UNESCO, 2022). En este marco, la alfabetización científica se posiciona como uno de los principales propósitos de la enseñanza de las ciencias, al favorecer la comprensión de fenómenos, la evaluación de información y la acción reflexiva en el entorno (Guerrero & Torres-Olave, 2022). No obstante, alcanzar este objetivo sigue siendo un desafío, particularmente en contextos educativos caracterizados por desigualdades estructurales y alta diversidad sociocultural. En el caso chileno, un porcentaje significativo de estudiantes no alcanza niveles mínimos de competencia científica, lo que limita su participación en problemáticas socio-científicas (OECD, 2019). Asimismo, los resultados del SIMCE evidencian brechas persistentes en los aprendizajes, especialmente en contextos educativos más complejos (Agencia de Calidad de la Educación, 2019).

En este escenario, la enseñanza de las ciencias en contextos de alta diversidad implica demandas adicionales para el profesorado, quienes deben articular el abordaje disciplinar con la atención a la diversidad, la inclusión y la participación de los estudiantes. Estudios recientes han evidenciado que estos contextos se caracterizan por la coexistencia de múltiples desafíos pedagógicos, lo que exige el desarrollo de prácticas situadas y sensibles al contexto (Acosta-García et al., 2025).

Sin embargo, estas respuestas pedagógicas se configuran en un marco de tensiones asociadas a las exigencias del currículo, las condiciones institucionales y las limitaciones estructurales del sistema educativo. En particular, se ha señalado que el currículo puede tensionar la práctica docente al posicionar a los profesores como implementadores, restringiendo su capacidad de adaptación y toma de decisiones (Guerrero & Torres-Olave, 2022). Asimismo, la formación docente no siempre logra responder a las demandas de la enseñanza en contextos diversos, evidenciándose una brecha entre la formación inicial y las exigencias del ejercicio profesional (Bastías-Bastías & Iturra-Herrera, 2022). Desde esta perspectiva, se reconoce que los docentes no son meros ejecutores, sino actores que interpretan, adaptan y resignifican su enseñanza en función del contexto. En este sentido, resulta relevante comprender cómo los profesores construyen respuestas pedagógicas frente a escenarios complejos y cómo estas se configuran en la práctica.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar cómo docentes de ciencias resignifican su enseñanza en contextos educativos de alta diversidad, poniendo especial atención en las tensiones que emergen en su práctica y en las estrategias que desarrollan para favorecer el aprendizaje de sus estudiantes. De este modo, se busca responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo docentes de ciencias resignifican su enseñanza en contextos educativos de alta diversidad, a partir de las tensiones que emergen en su práctica?

MARCO TEÓRICO

Enseñanza de las ciencias en contextos diversos

La enseñanza de las ciencias en contextos educativos caracterizados por una alta diversidad estudiantil plantea desafíos significativos para el profesorado, particularmente en aulas donde convergen estudiantes con distintas trayectorias, niveles de aprendizaje y experiencias socioculturales. En este escenario, la diversidad no solo se manifiesta como una característica del estudiantado, sino como una condición estructural que tensiona los enfoques tradicionales de enseñanza (Naumann & Markic, 2025). Desde una perspectiva sociocultural, los estudiantes aportan conocimientos y formas de interpretar el mundo que pueden enriquecer el aprendizaje científico. En esta línea, Aikenhead (2006) plantea que la enseñanza de las ciencias implica un cruce de fronteras culturales entre la ciencia escolar y los saberes cotidianos, lo que genera tanto oportunidades como tensiones. En este contexto, los docentes enfrentan el desafío de articular estos saberes con las exigencias del currículo (Koirala, 2023).

Frente a ello, la literatura destaca la necesidad de enfoques pedagógicos inclusivos que promuevan la participación y el desarrollo del pensamiento crítico. La formación docente en prácticas inclusivas y el uso de estrategias contextualizadas permiten generar mayor sentido en el aprendizaje, especialmente en contextos donde la enseñanza tradicional resulta poco significativa (Koirala, 2025; Jones & Donaldson, 2022). Sin embargo, estas propuestas se ven limitadas por condiciones estructurales como el tiempo, los recursos y las condiciones de trabajo docente, así como por la escasa formación continua, lo que restringe la diversificación de la enseñanza (Meneses & Melo, 2021; Magnúsdottir et al., 2025). En conjunto, estos antecedentes muestran que la enseñanza en contextos de alta diversidad implica una reconfiguración de la práctica docente, donde la diversidad puede ser comprendida como una oportunidad para resignificar el sentido de la enseñanza de las ciencias.

Tensiones en la enseñanza de las ciencias y práctica docente

La enseñanza de las ciencias se desarrolla en un escenario marcado por tensiones entre las demandas del currículo, las expectativas institucionales y las condiciones reales del aula. Estas tensiones configuran la práctica docente e influyen en la toma de decisiones pedagógicas en contextos educativos diversos. La incorporación de enfoques innovadores, como metodologías centradas en la indagación, implica procesos de ajuste en los que los docentes deben articular sus creencias, las características de sus estudiantes y las exigencias del sistema educativo, lo que tensiona su implementación (Lesnefsky et al., 2025). Asimismo, se evidencia una brecha entre la comprensión conceptual de enfoques como la naturaleza de la ciencia y su aplicación en el aula, lo que limita el desarrollo de propuestas coherentes (Jain et al., 2025).

En el desarrollo de propuestas interdisciplinarias, los docentes enfrentan el desafío de equilibrar contenidos disciplinares con aprendizajes integrados, tomando decisiones entre distintos enfoques pedagógicos y respondiendo a la diversidad del aula (Dubek et al., 2024). En este contexto, las tensiones no constituyen situaciones excepcionales, sino que forman parte del ejercicio cotidiano de la práctica docente, especialmente en contextos de alta diversidad, donde se intensifican y requieren respuestas pedagógicas situadas.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo de tipo estudio de caso, centrado en un equipo de docentes de ciencias que participó en un proyecto de Vinculación con el Medio impulsado por una universidad estatal chilena, desarrollado en un establecimiento educativo de Santiago de Chile. El proyecto tuvo como propósito generar una comunidad profesional de aprendizaje orientada a la reflexión crítica de la práctica mediante encuentros periódicos de trabajo colaborativo, socialización de historias de clase y análisis compartido de experiencias de aula. El caso corresponde a un departamento de ciencias conformado por cinco docentes en ejercicio (tres profesores de biología, una profesora de física y un profesor de educación diferencial con especialidad en audición y lenguaje) y un profesor en formación en práctica profesional, todos con trayectorias diversas. El proceso contó además con la participación de un académico universitario que cumplió un rol de acompañamiento y facilitación en las instancias de trabajo colaborativo.

La producción de información se realizó a partir de un corpus analítico de 17 documentos y un corpus contextual de 5 documentos, que incluyeron entrevistas semiestructuradas, relatos de experiencias de aula (historias de clase), registros de reuniones y documentos institucionales. Todas las instancias fueron grabadas y transcritas, permitiendo un acceso detallado a los discursos docentes. El análisis se desarrolló mediante un análisis temático de contenido de carácter interpretativo, a partir de un sistema inicial de categorías orientado por el marco teórico, refinado iterativamente mediante el análisis interpretativo de las entrevistas y registros de reflexión docente. El estudio se desarrolló en un marco de colaboración entre la universidad y el establecimiento educativo, promoviendo una relación de co-construcción que permitió situar el análisis en un contexto real de práctica docente en condiciones de alta diversidad.

RESULTADOS

1. Las tensiones como punto de partida de la problematización docente

Los resultados muestran que las tensiones en la enseñanza de las ciencias no se presentan únicamente como dificultades del contexto, sino que progresivamente se transforman en objetos de reflexión docente. En las primeras instancias de trabajo colaborativo, estas tensiones aparecen como descripciones del aula, donde el contexto es percibido principalmente como una barrera para la enseñanza. En este sentido, los docentes describen escenarios educativos altamente complejos, marcados por brechas significativas en

los aprendizajes de los estudiantes. Como señala uno de ellos:

> "Tenemos un contexto complicado con nuestros estudiantes, que va más allá de la base de conocimiento de la biología […] hay estudiantes que no manejan habilidades básicas, como la lectura o la escritura, entonces uno tiene que empezar desde mucho más abajo" (Socialización de historia de clase, P2).

Asimismo, se explicita la imposibilidad de trasladar modelos de enseñanza entre distintos cursos o contextos, lo que tensiona la idea de una enseñanza "ideal":

> "Ningún momento puedes replicar una clase, porque todos los contextos son distintos […] lo que te resulta en un curso no necesariamente te va a resultar en otro" (Reunión, P3).

En esta etapa, las decisiones pedagógicas aparecen fuertemente condicionadas por la contingencia, donde la adaptación se instala como una respuesta inmediata más que como una decisión didáctica planificada:

> "No logré el objetivo de aprendizaje como estaba planificado […] pero tuve que ir adaptando la clase en el momento, porque si no, no avanzábamos" (Historia de clase, P1).

Sin embargo, en las entrevistas posteriores se observa un cambio relevante: las tensiones dejan de ser solo descritas y comienzan a ser problematizadas. Los docentes elaboran una mirada más crítica sobre las condiciones de enseñanza, particularmente en relación con el desfase entre el currículum y las posibilidades reales del aula:

> "En tercero básico ya te están pidiendo indicadores complejos […] y uno se ve muy estancado, porque lo que llega a hacer en un curso así es que el estudiante entienda lo básico […] entonces ahí uno dice, ¿hasta dónde puedo avanzar realmente?" (Entrevista, P4).

A esto se suman tensiones vinculadas a la asistencia, la continuidad de los procesos de aprendizaje y la motivación estudiantil, que impactan directamente en la planificación y en el logro de objetivos:

> "Hay estudiantes que no vienen nunca […] entonces, ¿vas a lograr aprendizaje con esos niños? Es súper difícil sostener algo así" (Entrevista, P5).

De este modo, las tensiones pasan de ser un elemento descriptivo del contexto a constituirse en un eje articulador de la reflexión docente. No desaparecen, pero comienzan a ser nombradas, discutidas y consideradas en la toma de decisiones pedagógicas.

2. La resignificación de la enseñanza como proceso reflexivo y situado

A partir de la problematización de estas tensiones, los docentes desarrollan procesos de resignificación de su enseñanza. Este proceso no ocurre de manera individual ni inmediata, sino que se construye en interacción con otros, a través del diálogo, el contraste de experiencias y la reflexión compartida. En este marco, los docentes comienzan a cuestionar el sentido de sus propias prácticas, desplazando el foco desde la cobertura de contenidos hacia la relevancia de los aprendizajes para los estudiantes:

> "Yo me cuestionaba si lo que estaba haciendo realmente tenía sentido […] porque más allá de pasar contenidos, uno tiene que pensar si esto le sirve al estudiante en su realidad" (Entrevista, P3).

Este cuestionamiento se vincula con una nueva forma de comprender el contexto, que deja de ser visto únicamente como una dificultad y pasa a ser considerado como punto de partida para la enseñanza:

> "Identificar ese contexto se volvió crucial […] porque si uno no parte de ahí, la clase no funciona" (Entrevista, P2).

En consecuencia, se observa una reconfiguración del rol docente, donde se asume la necesidad de tomar decisiones situadas, priorizando contenidos y ajustando la enseñanza a las características del grupo:

> "Tienes que escoger qué es realmente necesario […] porque no vas a poder pasar todo, entonces tienes que priorizar y ver qué le va a hacer sentido al estudiante" (Entrevista, P4).

Este proceso de resignificación se ve favorecido por el trabajo colaborativo, en el cual los docentes pueden compartir sus experiencias, reconocer problemáticas comunes y explorar alternativas de enseñanza. En este sentido, la reflexión colectiva se configura como un espacio clave para tensionar y reconstruir las propias prácticas.

3. Formas de resignificación en la práctica: enseñar ciencias desde y con el contexto

La resignificación de la enseñanza se concreta en prácticas pedagógicas específicas que integran el contexto como recurso. Estas prácticas permiten comprender de qué manera los docentes traducen sus reflexiones en acciones concretas en el aula. Una de las formas más significativas es el uso de recursos propios del contexto como mediadores del aprendizaje. En el caso de estudiantes que utilizan lengua de señas, el docente transforma este elemento en una herramienta didáctica para la construcción conceptual:

> "A veces estoy explicando un concepto y la intérprete hace la seña […] y la seña es mucho más representativa que lo que yo estoy diciendo, entonces les digo 'me voy a robar la seña', y les pregunto por qué creen que esa seña es así […] y desde ahí empezamos a construir el concepto" (Entrevista, P1).

Este fragmento permite observar cómo un elemento inicialmente percibido como dificultad se resignifica como una oportunidad para profundizar la comprensión, incorporando formas de representación alternativas en la enseñanza Asimismo, los docentes desarrollan estrategias orientadas a vincular la ciencia con la experiencia cotidiana de los estudiantes, buscando generar mayor participación y sentido en el aprendizaje. Esto se expresa en la incorporación de ejemplos cercanos, actividades prácticas y experiencias fuera del aula, que permiten situar los contenidos en contextos significativos. En esta misma línea, se identifican propuestas de carácter interdisciplinario, en las cuales la enseñanza de las ciencias se articula con otras áreas para abordar problemáticas relevantes. Estas experiencias contribuyen a ampliar el sentido de la ciencia en el aula y a favorecer el involucramiento de los estudiantes.

Finalmente, los docentes problematizan el propósito mismo de la enseñanza de las ciencias, desplazando el énfasis desde la transmisión de contenidos hacia la formación de estudiantes capaces de comprender su entorno y tomar decisiones informadas:

> "Lo importante no es que se aprendan todo el contenido, sino que puedan entender lo que pasa a su alrededor […] que puedan tomar decisiones, que puedan cuestionarse" (Entrevista, P2).

En conjunto, estos resultados muestran que la resignificación de la enseñanza de las ciencias se construye a través de un proceso que articula la problematización de tensiones, la reflexión colectiva y la implementación de prácticas pedagógicas situadas. Este proceso permite a los docentes pasar de una enseñanza condicionada por el contexto a una enseñanza que se construye desde y con el contexto.

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

Los resultados de este estudio muestran que la enseñanza de las ciencias en contextos de alta diversidad no puede abordarse únicamente desde la adaptación de estrategias, sino que requiere procesos de problematización y resignificación de la práctica docente. En este marco, las tensiones que emergen en el aula dejan de ser concebidas como obstáculos y se configuran como un punto de partida para la reflexión pedagógica y la toma de decisiones situadas. Un hallazgo central es que estos procesos no

ocurren de manera individual, sino que se construyen en espacios de reflexión colectiva, donde los docentes comparten experiencias y reconstruyen el sentido de su enseñanza. Esto permite transitar desde una lógica centrada en la cobertura curricular hacia una enseñanza orientada a la pertinencia y a las posibilidades reales de aprendizaje de los estudiantes.

Asimismo, el contexto se resignifica como un elemento central de la enseñanza, lo que implica una reconfiguración del rol docente basada en la toma de decisiones situada, la priorización de contenidos y la construcción de mediaciones pedagógicas pertinentes. En términos de implicancias, se releva la importancia de situar la enseñanza en la realidad de los estudiantes, promover espacios de reflexión colectiva, participación activa estudiantil y propuestas interdisciplinarias situadas en las realidades del aula. En conjunto, estos hallazgos evidencian que el desarrollo profesional docente en contextos de alta diversidad se sustenta en la capacidad de problematizar la práctica y resignificarla en función del contexto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aikenhead, G. S. (2006). Science education for everyday life: Evidence-based practice. Teachers College Press.

Acosta-García, J., Jiménez, J., Valdivia, E., & Mondaca, C. (2025). Teaching natural sciences in complex school contexts: Relationships and tensions between professional practice, initial teacher training, and self-efficacy. Education Sciences, 15(12), 1656. https://doi.org/10.3390/educsci15121656

Agencia de Calidad de la Educación. (2019). Resultados SIMCE. https://www.agenciaeducacion.cl

Bastías-Bastías, L. S., & Iturra-Herrera, C. (2022). La formación inicial docente en Chile: Una revisión bibliográfica sobre su implementación y logros. Revista Electrónica Educare, 26(1), 1–22.

Guerrero, G., & Torres-Olave, B. (2022). Scientific literacy and agency within the Chilean science curriculum: A critical discourse analysis. Science Education.

OECD. (2019). PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5f07c754-en

UNESCO. (2022). Education in Latin America and the Caribbean in the second year of COVID-19. UNESCO Publishing.

Dubek, M., Rickey, N., & Deluca, C. (2024). Balancing disciplinary and integrated learning: How exemplary STEM teachers negotiate tensions of practice. School Science and Mathematics.

Koirala, K. P. (2023). Science teaching in culturally diverse classrooms. Journal of Science Teacher Education.

Lesnefsky, R. R., Sadler, T. D., & Fortus, D. (2025). Beyond implementation: How teachers reflect, adapt, and grow with an innovative science curriculum. Journal of Science Teacher Education.

Promover el trabajo de laboratorio desde la colaboración: el modelo de los clubes de ciencias

Jorge Martín-García[1], Ana Sofía Afonso[2] y María Eugenia Dies Álvarez[1]

[1] Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.

[2] IE/CIEd - University of Minho, Braga, Portugal.

* Correspondencia: araujo@unizar.es

RESUMEN: El trabajo de laboratorio constituye un pilar fundamental de la educación científica; sin embargo, su implementación en el aula convencional enfrenta barreras persistentes. Esta comunicación examina cómo los Clubes de Ciencias de la *Rede Nacional Ciência Viva na Escola* en Portugal actúan como catalizadores para superar dichas limitaciones. Las entrevistas realizadas a 20 docentes coordinadores revelan que estos clubes funcionan como un puente estratégico hacia colaboraciones externas con universidades, museos y empresas, contribuyendo a incrementar tanto la cantidad como la calidad del trabajo experimental. Estas alianzas facilitan el acceso a equipamiento especializado, financiación y conocimiento experto, mitigando la inseguridad docente y la rigidez curricular. Se concluye que este modelo de colaboración, transforma el laboratorio de una actividad esporádica en una experiencia de aprendizaje auténtica e integrada. Este enfoque sugiere que el futuro de la educación científica práctica reside en la cooperación dinámica entre los centros educativos y las instituciones de ciencia no formal

PALABRAS CLAVE: club de ciencias; educación no formal; relación escuela-comunidad; rol del docente; trabajo de laboratorio;

ABSTRACT: Laboratory work is a fundamental pillar of science education; however, its implementation within the conventional classroom continues to face persistent barriers. This paper examines how the Science Clubs of the *Rede Nacional Ciência Viva na Escola* in Portugal act as catalysts to overcome these limitations. Interviews conducted with 20 teachers who coordinate science clubs in their schools reveal how these clubs function as a strategic bridge towards external collaborations with universities, museums, and private companies, contributing to an increase in both the quantity and quality of laboratory work. These partnerships facilitate access to specialised equipment, funding, and expert knowledge, thereby mitigating teacher insecurity and overcoming curricular rigidity. It is concluded that this collaborative model, laboratory work from a sporadic activity into an authentic and deeply integrated learning experience. This approach suggests that the future of practical science education lies in dynamic collaboration and mutual support between schools and non-formal science institutions.

KEYWORDS: science club; non-formal education; school-community relationship; teachers' role; laboratory work

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

El trabajo de laboratorio constituye uno de los rasgos distintivos de la educación científica, por lo que su integración efectiva en la enseñanza es un objetivo reconocido universalmente en este ámbito. No obstante, a pesar del prestigio teórico y la importancia atribuida esta actividad, y pese a que los beneficios que proporciona son ampliamente reconocidos (Gericke et al., 2023; Zhu et al., 2024), la práctica instruccional actual tiende a concentrarse en la enseñanza teórica, desatendiendo las necesidades prácticas (Scharfenberg y Bogner, 2013). Una razón fundamental es que la implementación del trabajo de laboratorio en el aula convencional es un proceso complejo con dificultades inherentes (Boesdorfer y Livermore, 2018). Estas barreras son múltiples e interrelacionadas, y pueden agruparse en cinco grandes tipos.

- **Barreras institucionales.** El trabajo de laboratorio exige una mayor inversión de tiempo lo que entra rápidamente en conflicto con las limitaciones de un currículo obligatorio y saturado de contenidos (Cheung, 2011; Garner et al., 2015).
- **Barreras de infraestructura.** El trabajo de laboratorio requiere áreas adecuadas y grupos no muy numerosos, lo cual no siempre refleja la realidad escolar (Oliveira y Bonito, 2023).
- **Barreras materiales y económicas.** Las actividades experimentales requieren reactivos y materiales incrementa significativamente el coste en comparación con las clases teóricas o de resolución de problemas de lápiz y papel (Boesdorfer y Livermore, 2018; Cheung, 2011).
- **Barreras organizativas.** El trabajo de laboratorio tiene que hacer frente al problema de la duración inadecuada de los periodos de clase (Kirchhoff et al., 2023). Además, el acceso suele estar restringido por la disponibilidad del espacio físico y del equipamiento necesario y las ratios profesor-alumno suelen ser desfavorables (Cheung, 2011; Garner et al., 2015), ya que implementar el trabajo de laboratorio con grupos numerosos de estudiantes resulta complejo.
- **Barreras propias del profesorado**. Gran parte del profesorado de ciencias experimenta dificultades para preparar experiencias de aprendizaje fructíferas mediante el trabajo de laboratorio. Esto se traduce en el diseño de actividades deficientes o de tipo "receta ", orientadas a alcanzar resultados predeterminados y que requieren una muy pobre aportación intelectual por parte de los alumnos (Chng, 2024; Zhu et al., 2024)

Asimismo, las limitaciones que afectan al trabajo de laboratorio interactúan entre sí, creando un escenario particularmente complejo para el profesorado. Para hacerles frente muchos entornos no formales ofrecen oportunidades para un trabajo de laboratorio. Ejemplos de estas propuestas son, por ejemplo, los denominados outreach programmes (Kirchhoff et al., 2024; Molz et al., 2022) que, en el contexto alemán, se han denominado Schülerlabore (SCOLs) (Garner et al., 2015; Scharfenberg y Bogner, 2013); pero también los museos de ciencias (Franza y Pratesi, 2024).

No obstante, a pesar de sus beneficios, se ha identificado una serie de desafíos y limitaciones que dificultan su eficacia. En primer lugar, que los investigadores y facilitadores a menudo no son conscientes de lo que sucede en el aula o del contenido del currículo. Por consiguiente, se requiere personal formado que posea tanto conocimientos de contenido como habilidades didácticas para guiar al alumnado a través de conceptos científicos complejos y del trabajo de laboratorio. Un segundo problema importante es que la mayoría de los eventos no formales son actividades puntuales y las visitas consecutivas son poco comunes por lo que los estudiantes terminan visitando el entorno quizás una vez por unas pocas horas (Shaby et al., 2023) sin que exista posibilidad de realizar actividades de seguimiento en la escuela, por lo que siguen siendo incoherentes y esporádicos (Molz et al., 2022). Por lo tanto, debe cuestionarse la eficacia y el impacto cognitivo y de aprendizaje a largo plazo de una única actividad aislada dentro de un entorno de aprendizaje no formal.

En este escenario, se identifica la necesidad de investigar el papel del trabajo de laboratorio en contextos de educación no formal caracterizados por su continuidad temporal. Por este motivo, el presente estudio analiza los clubes de ciencias de la *Rede Nacional Ciência Viva na Escola* de Portugal; una estructura interconectada de espacios que operan en los centros educativos durante todo el curso escolar. Estos clubes son coordinados por el propio profesorado, quien asume la responsabilidad de diseñar y desarrollar las actividades. Bajo este prisma, la investigación se propone determinar si estos clubes contribuyen efectivamente a la promoción de un trabajo de laboratorio de mayor calidad y cuáles son los factores críticos —en términos de naturaleza, desarrollo y funcionamiento— que subyacen a dicha contribución.

MÉTODO

En el presente estudio participan 20 profesores y profesoras de ciencias (ocho hombres y doce mujeres) procedentes de 17 centros diferentes de educación secundaria y bachillerato ubicados en la región norte de Portugal. Los datos se recolectaron mediante entrevistas semiestructuradas en las que se empleó un

protocolo compuesto por preguntas abiertas para animar a los participantes a articular libremente sus pensamientos y experiencias. Las entrevistas fueron grabadas en audio y transcritas literalmente para garantizar la representación fiel de los datos recolectados.

Las transcripciones se sometieron a un análisis descriptivo-interpretativo, siguiendo los principios del Análisis de Contenido Cualitativo (Mayring, 2022) con un enfoque inductivo. Se adoptó una orientación semántica, centrándose en el contenido y significado manifiesto y latente de los datos de las entrevistas, en lugar de en las características estructurales o lingüísticas del discurso. La revisión inicial de las transcripciones reveló una serie de comentarios centrados en el trabajo de laboratorio y las diversas formas en que los docentes se refieren a él. A partir de esta observación preliminar, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de todo el conjunto de datos para explorar este aspecto con mayor detalle. Específicamente, el análisis posterior se centró en la naturaleza de dicho trabajo de laboratorio y en los factores vinculados al club que parecían promoverlo.

RESULTADOS

En las entrevistas realizadas con el profesorado sus palabras se dirigen de manera natural hacia la problemática del trabajo en el laboratorio. A este respecto, los docentes reconocen la existencia de una serie de limitaciones intrínsecas al contexto del aula entre las que se menciona, por ejemplo, que los currículos escolares están excesivamente centrados en el "*contenido teórico*" (T3, T18) y que resulta muy complicado realizar actividades en el laboratorio "*cuando se tienen grupos de hasta veintiocho alumnos*" (T18) o cuando "*no hay dinero para reactivos*" (T6). La combinación de estos tres aspectos se traduce en una escasez de actividades de laboratorio para el alumnado:

> "*No tienen muchas oportunidades para realizar actividades científicas, por lo que el centro dispone del club aquí para dar respuesta a esa situación.*" (T17).

En consecuencia, el profesorado reconoce que "*necesitan que los jóvenes tengan contacto con la ciencia a otro nivel*" (T1) aludiendo con frecuencia a la necesidad de realizar actividades de laboratorio (T5, T16, T17), de carácter experimental (T2, T4, T6, T10) o de investigación (T7, T8), reconociendo que son el tipo de actividades que se desarrollan en el club de ciencias. Por lo tanto, las respuestas de los docentes revelan cómo conciben el club como un espacio donde se pueden llevar a cabo proyectos de investigación que no podrían desarrollarse en el aula bajo sus condiciones de trabajo habituales (T3, T15).

Así, parece que el club exige una "*implicación práctica, requiere una participación activa*" (T17), que el alumnado se involucra de manera genuina en un trabajo de laboratorio más auténtico, a través de actividades experimentales de mayor calado que las que se realizan habitualmente en las sesiones de aula (T2, T18). Por ejemplo, al referirse a los objetivos que establecen para el club, el profesorado enfatiza metas como "*desarrollar el componente experimental de la ciencia*" (T5), "*intentar introducir el método científico a los estudiantes a través de experimentos sencillos*" (T2, T3), el desarrollo de "c*ompetencias asociadas a la investigación científica, el desarrollo de habilidades vinculadas al trabajo práctico, al trabajo de laboratorio*" (T9) y poder ofrecer al alumnado la oportunidad de experimentar (T2, T6, T10).

> "*El objetivo primordial es la experimentación: la capacidad de los alumnos para experimentar, para manipular y para desarrollar su pensamiento sobre lo que sucede; potenciar la experimentación en las escuelas. A veces, en las clases ordinarias, los estudiantes pueden no tener tanta oportunidad o tiempo para reflexionar sobre cómo transformar su comprensión del mundo, sus nociones preconcebidas y, a menudo, no científicas. Por tanto, para que se produzca ese cambio, en ocasiones es necesario un proceso de reflexión, y el club proporciona, o intenta proporcionar, dicho espacio" (T5).*

De este modo, los docentes perciben el club como una oportunidad para generar las condiciones necesarias para potenciar la implicación del alumnado con el trabajo de laboratorio, o bien para dotar a dicho trabajo de una estructura más significativa dentro de proyectos más amplios, en lugar de presentarlo como una actividad aislada y descontextualizada y para realizar prácticas y experiencias a

las que los estudiantes no están habituados. Esto plantea el siguiente interrogante: ¿qué características del club de ciencias facilitan estas oportunidades que, tal vez, no están tan fácilmente disponibles en el entorno del aula ordinaria?

Como respuesta a esta cuestión, surge un elemento crucial para fomentar un trabajo de laboratorio focalizado y eficaz: las colaboraciones establecidas entre el centro educativo y diversas instituciones públicas y privadas; colaboraciones que "*no existirían si no fuera por el club de ciencias*" (T6) que incluyen entidades como facultades universitarias (p. ej., T1, T11, T16), centros de divulgación científica Ciencia Viva (p. ej., T9, T17, T18), empresas privadas (T9), centros de investigación (p. ej., T3, T7), así como museos (T1, T3).

> "*El club también acaba abriéndonos estas puertas. De este modo, dado que el club Ciencia Viva conlleva el establecimiento de alianzas con municipios, con entidades locales e incluso con instituciones de investigación, constituye un medio facilitador de gran importancia" (T3).*

De acuerdo con el profesorado entrevistado, estas colaboraciones actúan como "*potenciadores de la actividad* [del club]" (T16), impulsando propuestas (T11), desafíos (T17) o tareas para los clubes, e incluso organizando certámenes en los que los centros pueden participar. En consecuencia, muchas veces, "*los proyectos [del club] surgen de la colaboración con estas entidades*" (T11, T15) y, en ocasiones, son los propios investigadores y educadores de dichas organizaciones quienes acuden a los centros para "*realizar actividades con el alumnado*" (T13).

Asimismo, estas colaboraciones brindan oportunidades para trabajar en laboratorios universitarios o en centros de investigación asociados (T7, T16), espacios que "*no suelen estar tan abiertos a estudiantes de educación primaria y secundaria*" (T2) lo que permite al alumnado entrar en contacto con entornos y recursos novedosos (T2) pero también "*hablar con especialistas que darán una respuesta mucho más interesante y motivadora a los estudiantes*" (T2) y que, en ocasiones, aportan asistencia (T6, T7) y conocimiento experto en determinados proyectos (T17) e investigaciones llevadas a cabo en el marco del club (T7). De este modo, es claro los docentes consideran estas colaboraciones como "*un valor añadido*" (T4) y valoran enormemente el apoyo de este tipo de profesionales, quienes pueden asistirles en la planificación y el desarrollo de proyectos que abordan temáticas en las que el profesorado no es experto (T2, T7).

> "*Llevamos a cabo una investigación [...] sobre el pan, en la que los estudiantes incorporaron harinas ricas en diversos elementos químicos, como cromo y hierro [...]. Esto nos permitió establecer una colaboración, con la Facultade de Ciencias da Universidade do Porto y el alumnado tuvo la oportunidad de acudir a sus laboratorios para analizar el pan [...] procedimientos que nosotros, aquí en el centro, no habríamos podido realizar. [...] surgieron problemas que debíamos resolver y necesité ayuda, precisamente, de personal de la universidad que trabajaba en esa área de investigación" (T7).*

DISCUSIÓN

En este trabajo, el profesorado que coordina clubes de ciencia reconoce la existencia de toda una serie de restricciones que limitan sus posibilidades de realizar trabajo de laboratorio en el aula, limitaciones que reflejan aquellas ya documentadas en la literatura educativa: barreras institucionales, de infraestructura, materiales y económicas, organizativas y las propias barreras del docente. En respuesta a estas limitaciones el club de ciencias se concibe como un espacio privilegiado que ofrece a los estudiantes mayores oportunidades para el trabajo experimental, a menudo con una cantidad y calidad superiores a las posibles en las clases. En concreto, los docentes destacan que el club facilita la apertura a colaboraciones externas. En general, estas colaboraciones son percibidas por el profesorado como fundamentales, pues de ellas nacen proyectos que pueden involucrar a investigadores y educadores de las organizaciones asociadas. En última instancia, los datos recogidos en las entrevistas sugieren que el club de ciencias, al funcionar como un puente entre la escuela y el mundo exterior, ayuda a superar los cinco tipos principales de barreras que tradicionalmente impiden experiencias de laboratorio de alta calidad.

En primer lugar, respecto de las barreras institucionales, su contribución se centra en facilitar actividades que complementan y enriquecen el currículo. Esto permite que el profesorado perciba los beneficios de invertir tiempo en el laboratorio, reconociendo su valor para el alumno. En segundo lugar, respecto de las barreras de infraestructura, las colaboraciones garantizan el acceso a instalaciones modernas y bien equipadas, mientras que el conocimiento disciplinar de los expertos externos permite diseñar propuestas de bajo coste con materiales sencillos y accesibles, que pueden ejecutarse incluso en el aula ordinaria sin necesidad de un laboratorio específico.

En tercer lugar, en lo referente a barreras económicas y materiales, el elevado coste de los fungibles y el equipo especializado suele obligar a reducir la frecuencia de las prácticas. Las colaboraciones mitigan esto mediante la donación o préstamo de equipamiento, permitiendo proyectos que de otro modo serían inviables. En cuarto lugar, para afrontar las barreras organizativas, las colaboraciones reducen la carga de trabajo docente cuando proporcionan proyectos prediseñados y los materiales necesarios. Además, el club permite programar actividades en sedes externas, como laboratorios universitarios, facilitando una indagación sostenida que no puede lograrse en los periodos lectivos habituales. Finalmente, en cuanto a las barreras propias del docente, estudios previos (Martín-García et al., 2024) indican que las colaboraciones desempeñan un papel relevante en el aumento de la confianza y el desarrollo profesional. El contacto directo con expertos y el codiseño de proyectos permiten al docente experimentar con nuevas técnicas y gestionar el laboratorio con mayor seguridad, alentando la propuesta de trabajos experimentales más sofisticados tanto en el club como en su práctica docente habitual.

En resumen, a través de la colaboración estratégica con diversas entidades públicas y privadas, el club de ciencias proporciona oportunidades para un trabajo de laboratorio más efectivo, más profundo y de mayor significatividad y valor.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que no es tanto el club lo que contribuye la promoción del trabajo de laboratorio, sino las puertas que el club abre: las posibilidades de colaboración con otras entidades que emergen y se articulan a través de él. La extrapolación de estos resultados sugiere que establecer colaboraciones entre organismos y escuelas permitiría abordar la mayoría de los problemas que limitan el trabajo de laboratorio en las aulas. Esto implicaría que las diferentes organizaciones brinden orientación continua, co-diseñen actividades alineadas con el currículo, presten materiales y equipos esenciales, y ofrezcan un desarrollo profesional específico para aumentar la confianza y pericia del profesorado. Al integrar el apoyo práctico directamente en el contexto escolar, este modelo colaborativo garantiza la continuidad temática y la optimización de las experiencias de laboratorio, asegurando que estas no sean solo motivadoras, sino que estén fundamentadas y sean sistemáticamente reforzadas durante todo el año escolar.

En esta línea, se hace necesaria la promoción de espacios de colaboración que permitan al profesorado liderar un trabajo de laboratorio sostenido en sus propios centros, puesto que la literatura describe cómo es necesaria una interacción constante entre la acción y la reflexión, asegurando que el alumnado no solo ejecute procedimientos científicos, sino que también active su capacidad de pensamiento y cómo el papel del docente es clave como agente que acompaña al estudiante en todo el proceso, tanto dentro como fuera del laboratorio. En este sentido, el presente trabajo presenta una muestra de cómo estas colaboraciones pueden articularse y de los beneficios que ofrecen desde la perspectiva de los docentes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha contado con el apoyo del Grupo Beagle de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (S27_23R, Gobierno de Aragón, IUCA). Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do Financiamento Plurianual do CIEd - Centro de Investigação em Educação da Universidade do Minho (UID/01661/2025) (DOI: https://doi.org/10.54499/UID/01661/2025)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boesdorfer, S. B., y Livermore, R. A. (2018). Secondary school chemistry teacher's current use of laboratory activities and the impact of expense on their laboratory choices. *Chemistry Education Research and Practice*, *19*(1), 135-148. https://doi.org/10.1039/c7rp00159b

Cheung, D. (2011). Evaluating Student Attitudes toward Chemistry Lessons to Enhance Teaching in the Secondary School. *Educación Química*, *22*(2), 117-122. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30123-X

Chng, E. (2024). Designing Computer Vision Support for Science Practical Work: A Qualitative Investigation into the Noticing Practices and Support Preferences of Science Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, *33*(5), 718-728. https://doi.org/10.1007/s10956-024-10116-w

Franza, A., y Pratesi, G. (2024). Learning Sciences from the Past: Recovery, Study, and Cataloging of a Historical Natural History School Museum. *Education Sciences*, *14*(1), Article 1. https://doi.org/10.3390/educsci14010080

Garner, N., Siol, A., y Eilks, I. (2015). The Potential of Non-Formal Laboratory Environments for Innovating the Chemistry Curriculum and Promoting Secondary School Level Students Education for Sustainability. *Sustainability*, *7*(2), 1798-1818. https://doi.org/10.3390/su7021798

Gericke, N., Högström, P., y Wallin, J. (2023). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, *59*(2), 245-285. https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125

Kirchhoff, T., Randler, C., y Großmann, N. (2023). Experimenting at an outreach science lab versus at school—Differences in students' basic need satisfaction, intrinsic motivation, and flow experience. *Journal of Research in Science Teaching*, *60*(10), 2255-2293. https://doi.org/10.1002/tea.21859

Kirchhoff, T., Wilde, M., Randler, C., y Großmann, N. (2024). Are you learning or performing? A comparison of students' goal orientation during experimentation at an outreach science laboratory and at school using the CEAS model. *Learning and Instruction*, *93*, 101972. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.101972

Mayring, P. (2022). *Qualitative Content Analysis: A Step-by-Step Guide*. SAGE.

Molz, A., Kuhn, J., y Müller, A. (2022). Effectiveness of science outreach labs with and without connection to classroom learning: Affective and cognitive outcomes. *Physical Review Physics Education Research*, *18*(2), 020144. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020144

Oliveira, H., y Bonito, J. (2023). Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, *8*, 1151641. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641

Scharfenberg, F.-J., y Bogner, F. X. (2013). Instructional Efficiency of Tutoring in an Outreach Gene Technology Laboratory. *Research in Science Education*, *43*(3), 1267-1288. https://doi.org/10.1007/s11165-012-9309-y

Shaby, N., Assaraf, O. B.-Z., y Koch, N. P. (2023). Students' Interactions During Laboratory Group Activity in a Science Museum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *22*(4), 703-720. https://doi.org/10.1007/s10763-023-10404-8

Zhu, L., Sun, D., Luo, M., Liu, W., y Xue, S. (2024). Investigating Pre-Service Science Teachers' Design Performance in Laboratory Class: The Inquiry-Based Design Thinking Approach. *Journal of Science Education and Technology*, *33*(1), 30-44. https://doi.org/10.1007/s10956-023-10050-3

El poster científico como estrategia didáctica: formulación de hipótesis y construcción de conclusiones

M.A. Ortuzar-Iragorri[1], N. Seijas[2], T. Zamalloa[1]*

[1] Departamento de Didáctica de las Matemáticas, Ciencias Experimentales y Sociales, Euskal Herriko Unibertsitatea (EHU), España.

[2] Instituto de Educación Secundaria Zabalgana Bigarren Hezkuntzako Zabalgana Institutua, España.

* Correspondencia: arritxu.ortuzar@ehu.eus

RESUMEN: Este estudio analiza cómo el alumnado de Educación Secundaria articula prácticas científicas clave (formulación de hipótesis, elaboración de conclusiones y uso de modelos) en la comunicación de investigaciones mediante pósteres científicos. Participaron 87 estudiantes de 1º de ESO, organizados en 23 grupos, en el marco de una secuencia didáctica sobre microorganismos basada en la indagación. Los datos proceden del análisis de los pósteres elaborados por el alumnado. Los resultados muestran que la mayoría de los grupos formula predicciones basadas en la experiencia, mientras que solo 6 formulan hipótesis explicativas. En cuanto a las conclusiones, la mayoría de grupos se limitan a describir resultados, siendo escasos los casos en los que se elaboran o justifican conclusiones. Respecto al uso del modelo de ser vivo, aproximadamente la mitad de los grupos hace alguna referencia, centrada principalmente en procesos de muerte, con escasa mención a crecimiento o reproducción. Además, se observa una falta de continuidad en el uso del modelo entre las distintas fases de la indagación. Estos resultados evidencian dificultades para movilizar modelos científicos y construir explicaciones basadas en datos, lo que sugiere la necesidad de diseñar propuestas didácticas que promuevan una integración más coherente de la modelización, la indagación y la argumentación.

PALABRAS CLAVE: educación secundaria; hipótesis; modelo científico; conclusión; poster científico

ABSTRACT: This study examines how secondary school students engage in key scientific practices (hypothesis formulation, conclusion drawing, and model use) when communicating their investigations through scientific posters. A total of 87 first-year secondary students (aged 12–13), organized into 23 groups, participated in an inquiry-based teaching sequence on microorganisms. Data were collected from the analysis of the posters produced by the students. Results show that most groups formulated experience-based predictions, whereas only 6 groups produced explanatory hypotheses. Regarding conclusions, most of the groups merely described results, with few groups formulating or justifying conclusions based on evidence. Concerning the use of the living being model, about half of the groups made some reference to it, mainly focusing on processes related to death, with limited mention of growth or reproduction. Furthermore, a lack of continuity in the use of the model across different stages of the inquiry process was observed. These findings highlight students' difficulties in mobilizing scientific models and constructing evidence-based explanations, suggesting the need for instructional designs that better integrate modeling, inquiry, and argumentation practices.

KEYWORDS: secondary education; hypothesis; scientific model; conclusion; scientific poster

INTRODUCCIÓN

La educación científica debería promover la alfabetización científica del alumnado, entendida como su capacidad para participar de manera significativa en prácticas propias de la actividad científica (Brown et al., 1989). Estas prácticas se han dividido en tres grupos según la literatura: la indagación, la modelización y la argumentación (NRC, 2012; Osborne, 2014). Desde esta perspectiva, el aprendizaje resulta más significativo cuando el alumnado tiene oportunidades de formular explicaciones basadas en

modelos, diseñar investigaciones para contrastarlas y utilizar los datos como evidencias para interpretar fenómenos (Windschitl et al., 2008).

Los modelos científicos pueden entenderse como representaciones simplificadas de la realidad que permiten describir, explicar y predecir fenómenos (Adúriz-Bravo, 2012). El proceso de construcción, revisión y validación de estas representaciones se conoce como modelización (Gilbert y Justi, 2016). En la educación secundaria, el modelo de ser vivo constituye un referente fundamental, articulado en torno a las funciones vitales de nutrición, relación y reproducción. Analizar producciones del alumnado, como los pósteres científicos, permite explorar en qué medida son capaces de movilizar estos modelos para dar sentido a los fenómenos estudiados, superando niveles meramente descriptivos.

En el contexto de la indagación escolar, uno de los principales retos es el uso preciso del lenguaje científico. En particular, es frecuente la confusión entre hipótesis y predicción. Mientras que una hipótesis implica una explicación tentativa de un fenómeno y se apoya en relaciones causales vinculadas a un modelo, la predicción se refiere al resultado esperado de una prueba o investigación (Gyllenpalm y Wickman, 2011). Esta distinción es clave, ya que la formulación de hipótesis requiere un mayor nivel de elaboración conceptual que la simple anticipación de resultados, algo que no siempre se evidencia en las producciones del alumnado (McPherson, 2001).

De manera similar, la elaboración de conclusiones constituye una competencia esencial de la alfabetización científica. Formular conclusiones implica interpretar los datos y utilizarlos como pruebas para responder a una pregunta de investigación o valorar una hipótesis. Sin embargo, es habitual que el alumnado se limite a describir los resultados sin establecer esta conexión, lo que pone de manifiesto dificultades en el paso de la observación a la argumentación basada en evidencias (Zohar, 1998).

La práctica de la indagación puede ayudar al alumnado a desarrollar sus habilidades de pensamiento crítico y razonamiento científico al tiempo que desarrollan una comprensión más profunda de la ciencia (NRC, 2000). El trabajo con datos auténticos, a menudo complejos o incluso contradictorios, favorece el desarrollo del pensamiento crítico, ya que exige al alumnado revisar y, en su caso, reformular sus propias ideas (Chinn y Brewer, 1998; Duncan et al., 2018). En este proceso, la comunicación adquiere un papel central (Lemke, 1997). La elaboración de pósteres científicos en contextos escolares permite al alumnado externalizar sus modelos, organizar sus indagaciones y justificar sus conclusiones ante una audiencia, promoviendo una mayor integración entre explicación, datos y argumentación (Domenech-Casal, 2014; Gollerizo y Clemente, 2019).

En este contexto, resulta relevante analizar cómo el alumnado articula estas prácticas en sus producciones. En particular, este estudio se plantea las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cómo formula el alumnado las hipótesis y las conclusiones en una comunicación en formato póster?
2. ¿En qué medida incorporan el modelo científico trabajado en dichas producciones?

METODOLOGÍA

El equipo formado por las autoras diseñó una secuencia didáctica sobre la vida microscópica, que fue implementada en 1er curso de Educación Secundaria Obligatoria por una de ellas y sus compañeros y compañeras del centro. La secuencia tuvo lugar durante el segundo trimestre del curso 2025/26. Para el análisis se han tenido en cuenta los posters realizados por los grupos de alumnado.

Participantes

Se presentan los datos obtenidos en los posters elaborados por 87 estudiantes en grupos de 4-5 participantes. En total se analizaron 23 posters.

Secuencia de las actividades

La secuencia didáctica se inició con un cuestionario individual sobre microorganismos, con el objetivo de explorar las ideas previas del alumnado. A continuación, los estudiantes, organizados en grupos, diseñaron una investigación experimental sobre la presencia de microorganismos en diferentes lugares (partes del cuerpo, diferentes puntos del aula o del centro escolar). Para ello, se les proporcionó una ficha de trabajo que guiaba el proceso de indagación, incluyendo la formulación de una hipótesis, su justificación y el diseño del experimento.

Posteriormente se realizaron los cultivos en el laboratorio, y se pidió a los grupos que hiciesen una predicción de los resultados que esperaban obtener, mediante un dibujo. Tras 4-5 días, se observaron los resultados y cada grupo elaboró un póster científico en el que debía comunicar su investigación. Este póster incluía, al menos, los siguientes apartados: hipótesis, procedimiento, resultados y conclusiones.

Instrumentos y métodos de análisis

Se observa si en cada uno de los posters el alumnado formula una hipótesis o más bien realiza una predicción basada en la experiencia. Siguiendo la clasificación de hipótesis de Wenham (1993), los dos tipos de hipótesis de interés fueron los siguientes: a) hipótesis causales o explicativas, que se refieren al conocimiento de los hechos, sucesos o fenómenos que los causan y pueden consistir en explicaciones, modelos, analogías, marcos conceptuales o teorías; y b) hipótesis procedimentales o tecnológicas, que se refieren a cómo se producen los hechos, sucesos o fenómenos.

Además, se valora si en el apartado de las conclusiones únicamente a) se describen los resultados, b) se describen y justifican los resultados, c) se formulan conclusiones o d) si se formulan y justifican las conclusiones.

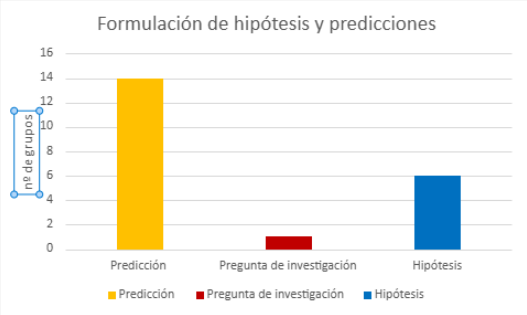
Se valoran también las referencias del alumnado al modelo de ser vivo al mencionar explícitamente aspectos como su reproducción, crecimiento, nutrición, muerte y/o eliminación. Se observa si esta referencia al modelo de ser vivo se expresa en el apartado de hipótesis y/o en el de conclusiones del poster.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la formulación de hipótesis y predicciones (Figura 1A), se observa que la mayoría de los grupos (14) presentó únicamente predicciones basadas en su experiencia, sin articular un razonamiento causal. Seis grupos formularon hipótesis explícitas, mientras que un grupo planteó una pregunta de investigación en lugar de hipótesis o predicción. Es relevante destacar que, para apoyar la comprensión de la diferencia entre hipótesis y predicción, se proporcionó al alumnado una ficha de diseño experimental que incluía tres ejemplos de cada tipo. Esta guía tenía como objetivo orientar a los estudiantes en la correcta elaboración de hipótesis y predicciones, aunque los resultados indican que la mayoría siguió produciendo predicciones basadas en la experiencia más que hipótesis explicativas. En este sentido, los resultados parecen confirmar que la formulación de hipótesis exige un mayor nivel de elaboración conceptual que la simple anticipación de resultados (McPherson, 2001), lo que podría explicar la predominancia de predicciones frente a hipótesis en las producciones del alumnado. En trabajos futuros se deberían explorar diseños que promuevan de manera más efectiva que el alumnado vincule las predicciones con los modelos explicativos subyacentes o los fenómenos. Por ejemplo, como describen Ortuzar-Iragorri et al. (2024), después del cuestionario inicial y antes de diseñar el experimento, los estudiantes podrían recopilar información sobre aspectos como el hábitat, la reproducción y las

condiciones de crecimiento de los microorganismos que probablemente encontrarán durante sus experimentos: S*taphylococcus epidermidis, Cutibacterium acnes, Penicillium,* etc. Esta investigación preliminar podría respaldar el desarrollo de hipótesis informadas y basadas en la evidencia.

A



B

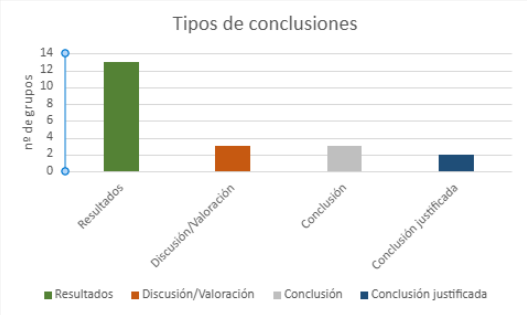


Figura 1.

Tipos de hipótesis/predicciones (izda) y conclusiones (dcha) formuladas por los grupos

Respecto a las conclusiones (Figura 1B), la mayoría de los grupos (13) se limitó a describir los resultados obtenidos. Tres grupos discutieron o valoraron sus resultados, tres formularon conclusiones generales, y solo dos justificaron sus conclusiones utilizando evidencias o razonamientos basados en datos. El hecho de limitarse a describir resultados al hacer un poster científico ya había sido descrito previamente con alumnado universitario (Uskola y Zamalloa, 2024)

En relación con el uso del modelo de ser vivo, once grupos realizaron algún tipo de referencia al modelo en sus pósteres. Estas menciones se distribuyeron principalmente en las funciones de muerte celular (6 grupos), crecimiento bacteriano (2 grupos, uno de los cuales también mencionó la muerte) y nutrición (1 grupo). Cabe señalar que dos menciones a la "eliminación de bacterias" fueron registradas como posibles referencias al modelo de ser vivo, aunque su vinculación con las funciones vitales no es explícita. Ningún grupo incluyó la función de reproducción. Estos resultados ponen de manifiesto un uso limitado del modelo de ser vivo en las producciones del alumnado, así como una activación parcial del mismo, centrada principalmente en procesos de muerte más que en funciones como el crecimiento o la reproducción. Este hecho podría indicar una comprensión fragmentada del modelo, en la que predominan interpretaciones centradas en aspectos perceptibles, en línea con estudios que muestran que el alumnado tiende a basar sus explicaciones en niveles macroscópicos, dejando en segundo plano procesos biológicos más complejos (Rodríguez Palmero, 2000) y presenta dificultades para movilizar modelos científicos en la explicación de los fenómenos (Cañal, 2008; Márquez et al., 2003).

Del total de menciones al modelo, seis grupos incorporaron esta mención al formular la hipótesis y solamente cinco al redactar las conclusiones. Este resultado apunta a una escasa continuidad en el uso del modelo de ser vivo a lo largo del proceso de indagación, lo que sugiere que el alumnado no lo moviliza como una herramienta explicativa estable, sino más bien como un recurso puntual. Esto podría indicar dificultades para integrar el modelo en las distintas fases del razonamiento científico, especialmente en el tránsito desde la formulación de hipótesis hacia la interpretación de resultados y la elaboración de conclusiones (Upmeier zu Belzen et al., 2021; Solbes et al., 2025).

AGRADECIMIENTOS

Proyecto "Konpetentzia zientifikoa eta matematikoa hobetzeko Unibertsitatea-Eskola elkarlana: eskolako urmaela eta bestelako STEM proiektuak" financiado por la universidad del País Vasco UPV/EHU (HEZKUNTZA25/05) y al proyecto PID2022–137010OB–I00 financiado por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ FEDER.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz-Bravo, A. (2012). A 'semantic' view of scientific models for science education. *Science & Education, 22*(7), 1593–1611. https://doi.org/10.1007/s11191-011-9431-7

Brown, J. S., Collins, A., y Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. E*ducational Researcher, 18*(1), 32-42.

Cañal, P. (2008). *Investigando los seres vivos*. En P. Cañal (Coord.), Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo. Sevilla: Díada.

Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching, 35*, 623–654. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6<623::AID-TEA3>3.0.CO;2-O

Domenech-Casal. J. (2014). Una secuencia didáctica en contexto sobre evolución, taxonomía y estratigrafía basada en la indagación y la comunicación científica. *Alambique, 78,* 51–59.

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Springer Nature. Suiza. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3

Gollerizo Fernández, A. & Clemente Gallardo, M.R. (2019). El congreso científico como herramienta para el desarrollo de actitudes hacia la ciencia en Educación Secundaria. *Educación y Futuro, 40,* 73–91.

Gyllenpalm, J. & Wickman, P. O. (2011). The Uses of the Term Hypothesis and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. *International Journal of Science Education, 33*(14), 1993–2015. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.538938

Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores.* Paidós Ibérica.

Márquez, C., Izquierdo, M. & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias, 21*(3), 371–386.

McPherson, G.R. (2001). Teaching & Learning the Scientific Method. *The American Biology Teacher, 63*(4), 242–245. https://doi.org/10.2307/4451093

NRC (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.* National Academies Press.

NRC (2012) A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting concepts, and Core ideas. https://www.nap.edu/read/13165/chapter/1

Ortuzar Iragorri, M. A., Uskola Ibarluzea, A., & Zamalloa Echevarría, T. (2024). Early childhood preservice teachers' knowledge of microorganisms and cystitis. *Journal of Turkish Science Education, 21(*1), 1-21. https://doi.org/10.36681/tused.2024.001

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education, 25*(2), 177–196. https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1

Rodríguez Palmero, M.L. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências, 5*(3), 237–263

Solbes J., Palomar, R., Petit, M.F. & Tuzón, P. (2025). Modeling with Embodiment for Inquiry-Based Science Education. *Education Sciences, 15*(7), 796. https://doi.org/10.3390/educsci15070796

Upmeier zu Belzen A., Engelschalt, P. & Krüger , D. (2021). Modeling as Scientific Reasoning—The Role of Abductive Reasoning for Modeling Competence. *Education Sciences, 11*(9), 495. https://doi.org/10.3390/educsci11090495

Uskola, A. & Zamalloa, T. (2025). *A Biology congress in class: Contributions to the use of data and formulation of conclusions*. ERIBOD2024, Lyon, Francia.

Wenham, M, (1993) The nature and role of hypotheses in school science investigations, *International Journal of Science Education, 15*(3), 231-240, https://doi.org/10.1080/0950069930150301

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-Based Inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education, 92*, 941–967. https://doi.org/10.1002/sce.20259

Zohar, A. (1998). Result or conclusion? Students' differentiation between experimental results and conclusions. *Journal of Biological Education, 32*, 53–59. https://doi.org/10.1080/00219266.1998.9655594

Análisis de propuestas científicas de libre elección para revelar las interacciones y el aprendizaje científico que promueven

Marcia Eugenio-Gozalbo[1], Inés Ortega-Cubero[1], Alberto Soto-Sánchez[1], Borja Romero-Gonzalez[1], Sandra Rivas-García[2] y Noelia Sáez-Sanz[1]*

[1] Facultad de Educación de Soria, Universidad de Valladolid

[2] Facultad de Educación, Psicología y Ciencias del deporte, Universidad de Huelva

RESUMEN: Los espacios de ciencia de libre elección están adquiriendo una creciente popularidad como enfoque novedoso para la educación científica infantil basado en la manipulación, el juego, la indagación y el aprendizaje entre iguales. En consecuencia, resulta necesario desarrollar herramientas que permitan evaluar qué tipo de interacciones se están fomentando mediante las propuestas de ciencias de libre elección, así como evidenciar su impacto en el desarrollo de la competencia científica. Este trabajo presenta un estudio de caso, para el que se registraron en vídeo tres sesiones de una hora de duración con tres grupos de infantes de 5 a 6 años, para llevar a cabo un análisis cualitativo de las transcripciones sobre lo sucedido en una propuesta de carácter biológico: la observación de organismos del compost. Asimismo, se analizaron cualitativamente los dibujos realizados por los infantes tras las sesiones, como fuente complementaria de datos. Se observó la existencia de cinco tipos de interacciones, que ordenadas jerárquicamente por frecuencia, fueron: infantes-propuesta, adulto-infantes, entre iguales, adulto-propuesta y acciones del adulto que condicionan involuntariamente la conducta de los infantes. Dentro de las tres primeras, se distinguieron tres modos principales de interacción: verbales, conductuales y gestuales. La propuesta de observación de organismos resultó atractiva y significativa para los infantes, pero su impacto sobre los aprendizajes científicos fue limitado, requiriendo de apoyo por parte de los adultos. Este trabajo constituye un paso necesario hacia la identificación del aprendizaje científico y la evaluación del valor educativo de las propuestas de ciencia de libre elección.

PALABRAS CLAVE: aprendizajes científicos; competencia científica; espacios de ciencia de libre elección; evaluación; propuestas de ciencia de libre elección.

ABSTRACT: Free-choice science spaces are gaining increasing popularity as a novel approach to early childhood science education, grounded in hands-on manipulation, play, inquiry, and peer learning. Consequently, it is necessary to develop tools that enable the assessment of the types of interactions fostered through free-choice science proposals, as well as to provide evidence of their impact on the development of scientific competence. This study presents a case study in which three one-hour sessions were video-recorded in a free-choice science space with three groups of 5- to 6-year-old children, to conduct a qualitative analysis of the transcriptions of what occurred during a biological proposal: the observation of compost organisms. Additionally, children's drawings produced after the sessions were qualitatively analyzed as a complementary source of data. Five types of interactions were identified, hierarchically ordered by frequency as follows: child–proposal, adult–child, peer-to-peer, adult–proposal, and adult actions that unintentionally shape children's behavior. Within each of the first three types, three main modes of interaction were distinguished: verbal, behavioral, and gestural. The proposal proved to be engaging and meaningful for the children; however, its impact on scientific learning was limited. Overall, this work constitutes a necessary step toward identifying science learning and assessing the educational value of free-choice science proposals and spaces.

KEYWORDS: scientific learning; scientific competence; free-choice science spaces; assessment; free-choice science proposals.

INTRODUCCIÓN

Las perspectivas constructivistas están transformando la educación infantil (Göncü y Main, 2023), entre otros mediante la creación de entornos que proporcionan a los infantes el tiempo, el espacio y los recursos adecuados para que construyan activamente conocimiento, desarrollen autonomía y participen en interacciones sociales significativas (Giner-Gomis et al., 2024).

Entre ellos se encuentran los *espacios inclusivos de ciencia de libre elección* (ECILEs) (Pedreira et al., 2025), en los que se organiza el espacio en áreas temáticas, de modo que en cada área se ofrece una *propuesta de ciencia*s, consistente en materiales cuidadosamente seleccionados o específicamente diseñados para abordar ciertas nociones científicas. Un ejemplo ya clásico de este tipo de propuestas son las rampas (Zuazagoitia et al., 2023). De este modo, en los ECILEs no se ofrece la misma actividad a todos los participantes, sino que cada infante puede elegir dónde pasar tiempo, haciendo qué y con quién. Así, los entornos de aprendizaje de libre elección se conciben como un enfoque de enseñanza de las ciencias basado en la manipulación sensorial, el juego, la indagación y el aprendizaje entre iguales.

Una cuestión relevante en este contexto es la del papel del adulto (Haldón et al. 2022). La pretensión de las propuestas de ciencias de libre elección es ser autoexplicativas, de modo que los infantes sean autónomos en su manipulación explorativa, e independientes del adulto, cuyo papel se reduciría a intervenciones puntuales enfocadas a plantear preguntas productivas *sensu* Martens (1999). Sin embargo, se ha observado, también en relación con las propuestas de ciencias de libre elección, que el papel del adulto es fundamental para proporcionar un nivel óptimo de orientación y andamiaje que favorezca el aprendizaje científico que se pretende (Zuazagoitia et al., 2023).

Respecto a dichos aprendizajes científicos, la actual propuesta curricular para educación infantil en España (RD 95/2020) se basa en el desarrollo de tres competencias específicas relacionadas con la ciencia, que implican prácticas científicas:

1. Identificar las características de materiales, objetos y colecciones, y establecer relaciones entre ellos, mediante la exploración, la manipulación sensorial, el manejo de herramientas sencillas y el desarrollo de destrezas lógico-matemáticas para descubrir y crear una idea cada vez más compleja del mundo.
2. Desarrollar, de manera progresiva, los procedimientos del método científico y las destrezas del pensamiento computacional, a través de procesos de observación y manipulación de objetos, para iniciarse en la interpretación del entorno y responder de forma creativa a las situaciones y retos que se plantean.
3. Reconocer elementos y fenómenos de la naturaleza, mostrando interés por los hábitos que inciden sobre ella, para apreciar la importancia del uso sostenible, el cuidado y la conservación del entorno en la vida de las personas. (p. 22)

Un marco teórico específico para las prácticas científicas en edades tempranas, que puede ayudar a discernir qué tipo de aprendizajes promueve una propuesta de ciencias de libre elección concreta es el de Martin et al. (2005), quienes consideran 12 procesos, entre los que se incluyen *procesos básicos* (observar, clasificar, comunicar, medir, predecir, inferir) y *procesos integrados* (identificar y controlar variables, formular y comprobar hipótesis, interpretar datos, definir operacionalmente, experimentar y construir modelos).

OBJETIVOS

Dado que las propuestas y los espacios de ciencia de libre elección están adquiriendo popularidad como un enfoque novedoso para la educación científica en edades tempranas, resulta necesario desvelar qué tipos de interacciones y aprendizajes científicos se promueven realmente, como primer paso para definir cómo evaluarlos, diseñando a tal efecto instrumentos de aplicación rápida, como rúbricas o listas de verificación.

Para orientar nuestras observaciones y reflexiones sobre el aprendizaje infantil y el valor pedagógico de las propuestas, nos planteamos las siguientes preguntas:

P1: ¿Qué tipos de interacciones se observan? ¿Se promueven las interacciones sociales?

P2: ¿Se moviliza el desarrollo de prácticas científicas? ¿Cuáles?

P3: ¿Qué implicaciones para la práctica docente pueden derivarse?

MÉTODOS

En noviembre de 2024, tres grupos de entre 17 y 23 infantes de educación infantil, de 5 a 6 años, visitaron el campus universitario para participar en una sesión de propuestas de ciencia de libre elección en ALICYA (aula-laboratorio infantil de ciencia y arte), donde se habían instalado 6 propuestas de ciencias de libre elección (rampas, separación de mezclas, exploración del suelo, balanzas, observación de organismos del compost, cubos) (Fig. 1a). Se llevaron a cabo tres sesiones de una hora de duración, durante las cuales la actividad de los infantes fue registrada en vídeo con fines de investigación mediante la colocación de un ordenador con cámara junto a cada propuesta, en una posición elevada, seleccionada para resultar lo más discreta posible.

En una primera fase, las grabaciones de vídeo fueron transcritas a texto mediante la funcionalidad de conversión de voz a texto basada en inteligencia artificial de Microsoft Teams. Posteriormente, dichas transcripciones fueron refinadas por los investigadores. Se escogió una de las propuestas, la observación de organismos del compost, para llevar a cabo el análisis de contenido (Fig. 1b). Primero, cada investigador trabajó de manera independiente para codificar fragmentos de texto y agruparlos en categorías y subcategorías. Se siguió un proceso iterativo, consistente en trabajo individual de codificación y categorización, seguido de reuniones del equipo para discutir los resultados y alcanzar consensos sobre el significado de cada unidad de información y su categorización. En conjunto, este proceso constó de cinco rondas de trabajo. El uso deductivo de códigos *a priori* se limitó a dos subcategorías: las prácticas científicas según Martin et al. (2005), y las preguntas productivas según Martens (1999). Por tanto, se empleó principalmente un enfoque inductivo basado en los datos y, tras esta primera fase, se obtuvo un sistema de categorías y subcategorías de contenido mayoritariamente emergentes.

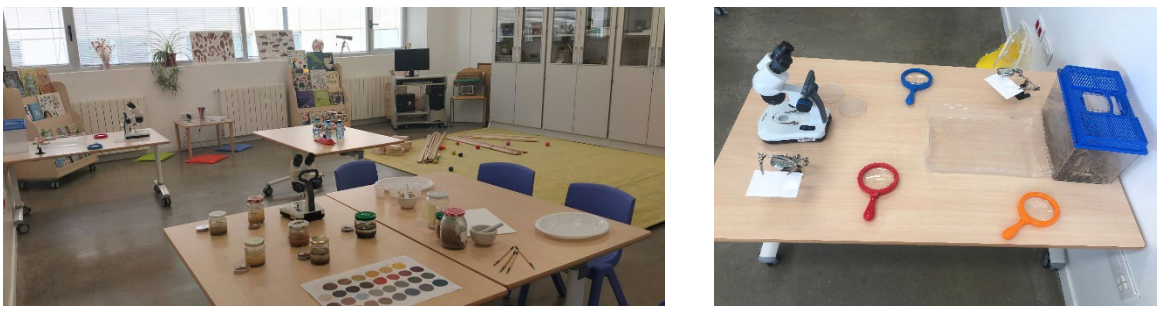


Figura 1. (a) Imagen general de ALICYA la jornada de ciencias de libre elección y (b) Propuesta biológica: observación de organismos del compost.

Tras la sesión, se ofreció a los infantes la oportunidad de realizar un dibujo sobre lo que habían estado haciendo (es decir, la experiencia que consideraban más significativa) en una sesión de 15 minutos llevada a cabo en un aula cercana y acompañada -aunque no guiada- por una especialista en educación artística. Mediante esta actividad, se pretendía explorar qué aspectos de su experiencia en las propuestas científicas reflejaban los infantes. Los dibujos de los infantes se analizaron mediante el método de comparación constante, propio de la Teoría Fundamentada (Strauss y Corbin, 2008). Este método consiste en una comparación intensiva e iterativa de los datos, con el objetivo de identificar similitudes y tendencias principales, así como divergencias significativas. Se aceptan como fuentes de datos tipos de materiales muy diversos, incluidas producciones artísticas (Ortega-Cubero, 2010).

RESULTADOS

Análisis de las grabaciones sobre la propuesta: Observación de los organismos del compost

Se identificaron un total de 92 fragmentos de texto como unidades de significado, que se clasificaron en cinco categorías principales de contenido, relacionadas con las interacciones. Así, se observaron interacciones entre los infantes y la propuesta, entre iguales, entre adultos e infantes, entre adultos y la propuesta, y acciones del adulto que condicionan involuntariamente la conducta de los infantes. Se presenta una descripción de los resultados para dichas categorías, siguiendo un orden jerárquico desde la más representada (interacciones infante–propuesta, 47,8%) hasta la menos representada (interacciones adulto–propuesta, 3,3%).

Interacciones infante–propuesta

Un total de 44 fragmentos (el 47,8%) fueron categorizados como interacciones entre los infantes y la propuesta, incluyendo 27 interacciones conductuales, 11 verbales y 6 gestuales.

Entre las interacciones conductuales, 12 fragmentos de texto indicaban curiosidad o interés por la actividad (p. ej., «Una niña se acerca tímidamente al cabo de un rato, coge una lupa y examina el terrario con curiosidad»; «No dejan de remover la bandeja y buscar»), mientras que solo dos reflejaban falta de interés («Otro infante llega rápidamente, pero no muestra mucho interés. Se marcha»). Otra subcategoría importante fue la científica, incluyendo el uso de instrumentos (5 fragmentos) y el desarrollo de habilidades científicas (4 fragmentos); de entre las habilidades posibles, todos los fragmentos se referían a la observación. Las interacciones verbales incluyeron descripciones o atribuciones de significado al fenómeno observado (6 fragmentos) y expresiones de emoción o sensaciones relacionadas con la actividad (5 fragmentos, como «¡Qué asco!»; «¡Me da miedo! ¿Qué es eso?»). En cuanto a las interacciones gestuales, 3 fragmentos indicaban curiosidad o atención hacia la actividad, dos reflejaban comprensión del fenómeno y 1 evidenciaba comprensión de las acciones esperadas en la actividad.

Interacciones adulto–infante

Un total de 30 fragmentos (el 31,6%) fueron categorizados como interacciones entre adultos e infantes, incluyendo 21 interacciones verbales, 7 conductuales y 2 gestuales. Estas tres subcategorías se subdividieron, a su vez, en dos grandes subcategorías: interacciones con direccionalidad adulto a infante, e interacciones con direccionalidad infante a adulto. Así, 16 fragmentos correspondieron a interacciones verbales de adulto a infante, de los cuales 7 tuvieron como objetivo motivar («¡Oh, mira! Hay uno ahí, ¿lo ves?»; «Vamos a ver qué encuentras»), 4 estaban orientados a explicar el fenómeno observado («Sí, yo también lo creo, porque tiene muchas patas»), 2 implicaban advertencias de precaución, 2 consistieron en sugerencias y 1 tuvo como objeto tranquilizar («¿Qué pasa?», pregunta la maestra en tono relajado. «No es nada», dice). Tan solo 5 fragmentos correspondieron a interacciones verbales de infante a adulto: 2 solicitaban explicaciones y los otros 3 consistieron en explicar el hallazgo, pedir permiso y llamar la atención del adulto. En cuanto a las interacciones conductuales, 4 fueron de infante a adulto, para mostrar algo (2), buscar al adulto o seguirle, y 3 de adulto a infante, todas ellas relacionadas con la provisión de materiales necesarios (por ejemplo, una lupa o cucharas para remover el compost).

Interacciones entre iguales

Un total de 11 fragmentos (un 12%) fueron categorizados como interacciones entre iguales, incluyendo 9 interacciones conductuales (4 implicaban compartir materiales, 2 mostrar materiales, 1 observar lo que hacía otro compañero, 1 imitar la acción de otro y 1 jugar con los materiales en tono lúdico) y 2 interacciones verbales («¡Mira!»; «Mira ahí», dice un infante).

Acciones del adulto que condicionan el comportamiento infantil (de forma involuntaria)

Se registraron 4 fragmentos (un 4,4%): 2 relacionados con la retirada del adulto de la propuesta y 2 vinculados a interacciones involuntarias con los infantes o con la propia propuesta.

Interacciones adulto–propuesta

Tres fragmentos (un 3,3%) hacían referencia a acciones del adulto dirigidas a mejorar la interacción de

los infantes con el material: «Adulta 1 toma la iniciativa y coloca algo de compost en la bandeja»; «la maestra intenta mover la bandeja para extender ligeramente el compost»; y «la maestra, Adulta 4, añade más compost a la bandeja».

Análisis de los dibujos sobre la propuesta: Observación de los organismos del compost

Se recopilaron un total de 84 dibujos, de los cuales 23 fueron descartados por referirse a temas no relacionados con la sesión de ciencias (unicornios, arcoíris, etc.) y 3 por tener un nivel gráfico muy bajo, que no permitía discernir si se referían o no a ella. De los 58 dibujos restantes un conjunto de 22 dibujos representó la propuesta biológica sobre los organismos del compost, la mitad de ellos de forma aislada y la otra mitad junto a otras propuestas.

Las representaciones de milpiés, insectos y lombrices de tierra evidenciaron una gran diversidad en las habilidades gráficas de los infantes de esta edad. Los dibujos de insectos consistían, por lo general, en formas simples, genéricas y cerradas, "animadas" mediante la adición de múltiples patas. Algunos infantes también incluyeron insectos alados o de tipo caricaturesco, posiblemente recurriendo a esquemas gráficos familiares. Las lombrices de tierra se representaron habitualmente como formas alargadas y estrechas, en la mayoría de los casos mediante contornos cerrados. Tanto los insectos como las lombrices presentaban ocasionalmente ojos, e incluso en algunos casos rostro. En unos pocos ejemplos, los infantes indicaron la segmentación corporal (Fig. 2a). No obstante, también se observaron soluciones gráficas muy rudimentarias, como "caras tipo sol" o insectos reducidos principalmente a un rostro (Fig. 2b).

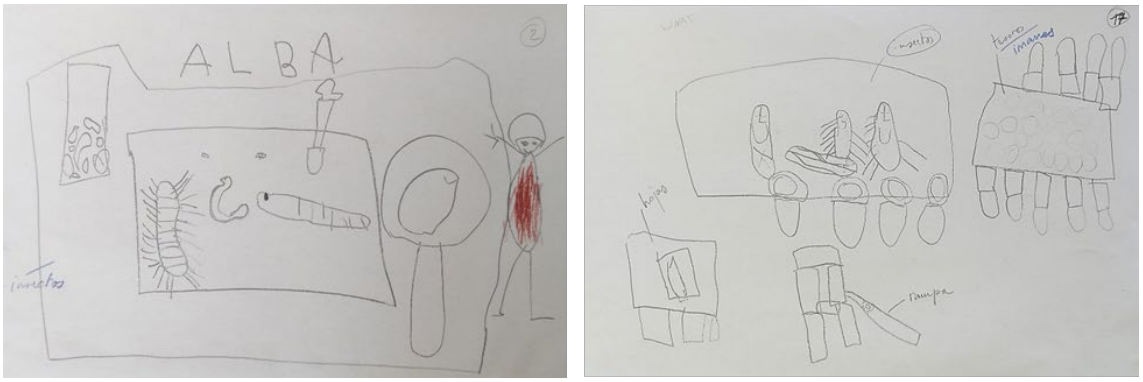


Figura 2. (a) La alumna, situada junto a una lupa, representó -a una escala subjetiva, en la que lo más significativo se representa agrandado- diversos tipos de animales: un milpiés, otros dos insectos y dos lombrices. En la parte superior de la bandeja, aparece una cuchara que utilizaba para remover el compost. En la parte superior izquierda, se incluye otro rectángulo con formas en su interior (probablemente el recipiente con el compost), (b) Soluciones gráficas rudimentarias para los insectos; la propuesta aparece situada entre otras (imanes, rampas, dibujo de hojas).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las propuestas y los espacios de ciencia de libre elección están adquiriendo una creciente popularidad como enfoque novedoso para la educación científica en edades tempranas (Pedreira et al., 2025). Este trabajo está en la línea de identificar las interacciones y los aprendizajes científicos que se promueven (Mateo González y Sáez Bondia, 2025).

El análisis pormenorizado de las grabaciones sobre lo que ocurrió en las dos propuestas seleccionadas -pese a estar mediado por la transcripción de las mismas- permitió distinguir los principales tipos de interacciones que tuvieron lugar (infante–propuesta, entre iguales, adulto–infante, adulto–propuesta y acciones del adulto que condicionan involuntariamente el comportamiento infantil), y también clasificar las más relevantes (infante–propuesta, entre iguales y adulto–infante) en tres modos principales: verbal, conductual y gestual, ampliando así algunos sistemas de clasificación anteriores (Mateo González y Sáez Bondia, 2025).

Además, la consideración conjunta de este análisis con el de los dibujos de los infantes muestra que la propuesta biológica es potente en cuanto a las actitudes que despierta (resultó interesante, estimulante y significativa), pero más limitada en cuanto a las habilidades que contribuye a desarrollar (observación y uso de lupas) (Martin et al., 2005), y que requirió del apoyo de los adultos para la atribución de significados a lo observado. Se sugiere completar este tipo de propuestas con recursos que doten de mayor autonomía a los infantes en su aprendizaje.

DECLARACIÓN ÉTICA

Se solicitó el consentimiento informado a las direcciones de los centros educativos, al profesorado responsable de las aulas participantes y a los padres, madres o tutores legales de los infantes. En todo momento se respetó el anonimato de los participantes a lo largo de la investigación.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i PID2022-139472OA-I00, financiado por el MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE; y del proyecto PID "Huertos EcoDidácticos" de la Universidad de Valladolid, en su XI edición (curso 25-26).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Giner-Gomis, A., Iglesias-Martínez, M., y Lozano-Cabezas, I. (2024). The Construction of the Pedagogical Space from the Narratives of the Early Childhood Education Teachers. *Qualitative Research in Education*. https://doi.org/10.17583/qre.10187.

Göncü, A., & Main, C. (2023). Early Childhood Teacher Narratives on Constructivism. *Mind, Culture, and Activity*, *30*, 42-56. https://doi.org/10.1080/10749039.2023.2228295.

Haldón Lahilla, J., Lemkow-Tovias, G., & Pedreira Álvarez, M. (2022). Propuesta de análisis de la intervención de la persona adulta en un espacio de ciencia de libre elección. *Enseñanza de las Ciencias*, *40*(3), 109-123. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5505.

Martens, M. L. (1999). Productive questions: Tools for supporting constructivist learning. *Science and Children*, *36*(8), 24–53.

Martin, D. J., Jean-Sigur, R., y Schmidt, E. (2005). Process-oriented inquiry. A constructivist approach to early childhood science education: teaching teachers to do science. *Journal of Elementary Science Education*, *17*(2), 13. https://doi.org/10.1007/BF03174678

Mateo González, E., Sáez-Bondía, M. J. (2025). Experimentar con minerales en Educación Infantil: evaluación de un espacio de Ciencia de libre elección**.** Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, *19*(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i2.2801

Ortega-Cubero, I. (2010). Los secretos del arsintes bajo el prisma de la teoría emergente de los datos. *Arte, Individuo y Sociedad, 22*(2), 103-121. https://revistas.ucm.es/index.php/ARIS/article/view/ARIS1010220103A

Pedreira Álvarez, M., Lemkow-Tovias, G., Eugenio-Gozalbo, M., & Martín-García, J. (2025). Espacios de ciencia inclusivos de libre elección: fundamentación teórica e implicaciones para su diseño. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, *22*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i3.3101

Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. Retrieved from: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-1654

Strauss, A. & Corbin, J. (2008). *Basics of qualitative research: techniques and procedures for developing Grounded Theory*. Sage.

Zuazagoitia, D., Ruiz de Azua, L., Sanz, J., España-Diez, S., López-Puente, M., & Ruiz-González, A. (2023). Una propuesta didáctica sobre rampas en educación infantil: la importancia de la intervención docente en el desarrollo de destrezas científicas y construcciones. *Enseñanza De Las Ciencias*, *41*(3), 11–31. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5676

Educación STEM emprendedora en chicas: perspectivas desde un contexto no formal

María Martín-Peciña, Marta Romero-Ariza, Antonio Quesada, Ana M. Abril

Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Jaén

RESUMEN: Las habilidades de emprendimiento son cada vez más valoradas en una sociedad caracterizada por la innovación y el cambio constante. Sin embargo, el interés por este sector, especialmente en el ámbito STEM y entre las chicas, sigue siendo limitado, lo que contribuye a una persistente brecha de género en emprendimiento. En este contexto, el presente estudio analiza el potencial de la educación STEM en entornos no formales, específicamente dirigidos a chicas, como un espacio idóneo para fomentar tanto la participación en la ciencia como el desarrollo de una mentalidad emprendedora.

En este estudio se evalúa el impacto de campus científicos de verano diseñados incluyendo actividades centradas en el aprendizaje práctico y contextualizado a través de mentorías, el trabajo colaborativo y la exposición a modelos de referencia femeninos en ciencia y emprendimiento. Los resultados evidencian mejoras significativas en la orientación emprendedora de las chicas participantes, así como una relación positiva entre estas mejoras y las ganancias en sus actitudes hacia STEM, tras participar en el campus.

Asimismo, el estudio destaca que las experiencias prácticas y contextualizadas resultan más efectivas que los enfoques basados en charlas. Finalmente, se proponen orientaciones clave para el diseño de intervenciones educativas inclusivas, que integren el emprendimiento en STEM y contribuyan a reducir la brecha de género en este ámbito.

PALABRAS CLAVE: educación STEM; educación no formal; emprendimiento; brecha de género

ABSTRACT: Entrepreneurial skills are increasingly valued in a society characterized by innovation and constant change. However, interest in this field, particularly within STEM areas and among girls, remains limited, contributing to a persistent gender gap in entrepreneurship. In this context, the present study examines the potential of STEM education in non-formal settings, specifically targeted at girls, as an ideal space to foster both participation in science and the development of an entrepreneurial mindset.

This study evaluates the impact of summer science camps designed to include activities focused on hands-on and contextualized learning through mentorship, collaborative work, and exposure to female role models in science and entrepreneurship. The results show significant improvements in the entrepreneurial orientation of the participating girls, as well as a positive relationship between these improvements and gains in their attitudes toward STEM, after taking part in the camp.

Furthermore, the study highlights that practical and contextualized experiences are more effective than lecture-based approaches. Finally, key guidelines are proposed for the design of inclusive educational interventions that integrate entrepreneurship into STEM and contribute to reducing the gender gap in this field.

KEYWORDS: STEM education; non-formal education settings; entrepreneurship; gender gap

INTRODUCCIÓN

Una de las prioridades europeas para afrontar los retos de una sociedad en constante cambio es fomentar una mentalidad emprendedora (Stergiou y Filippidis, 2023). Sin embargo, esta capacitación va más allá de estudiar economía o gestión, o de seguir una carrera en el ámbito de los negocios. Una mentalidad emprendedora implica la capacidad de transformar el conocimiento en valor o las ideas en productos. Requiere disposición para la innovación, así como habilidades técnicas, de gestión y de madurez inter e intra-personal (Kutzhanova et al., 2009). Estas competencias se alinean estrechamente

con los principios de la educación STEM, que se centran en el pensamiento crítico, las estrategias de resolución de problemas y los procesos de toma de decisiones responsables (Kaya-Capocci et al., 2024).

A pesar de este encaje, la mentalidad emprendedora del alumnado suele estar poco desarrollada, especialmente entre las chicas y en contextos STEM, lo que conduce a una fuerza laboral con escasez de mujeres emprendedoras (Poggesi et al., 2020). El objetivo de este estudio es arrojar luz sobre intervenciones educativas eficaces para abordar esta brecha desde la educación STEM.

MARCO TEÓRICO

El desarrollo de una mentalidad emprendedora es crucial para el éxito personal y profesional en el siglo XXI. Esta mentalidad engloba un conjunto de habilidades y actitudes, como la innovación, la proactividad y la asunción de riesgos, que permiten a las personas identificar oportunidades y crear valor (Bolton y Lane, 2012). La investigación indica que estas habilidades no son innatas, sino que pueden cultivarse y fortalecerse mediante experiencias educativas específicas y bien diseñadas (Béchard y Toulouse, 1991).

La educación STEM podría ofrecer un terreno especialmente fértil para este desarrollo, ya que busca promover de manera inherente la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad (Kelley y Knowles, 2016), que constituyen pilares fundamentales del emprendimiento (Nair et al., 2017). La integración de conceptos y habilidades de emprendimiento en el aprendizaje STEM, conocida como educación STEM emprendedora, ha demostrado mejorar la capacidad de iniciativa y las habilidades de resolución de problemas del alumnado (Kaya-Capocci et al., 2024). Este enfoque pedagógico crea un entorno sinérgico en el que el conocimiento científico se aplica a retos del mundo real, transformando ideas abstractas en soluciones o productos tangibles.

No obstante, persiste una importante brecha de género tanto en el ámbito STEM como en el de emprendimiento. Las mujeres están infrarrepresentadas en el sector STEM, en las carreras profesionales, en los puestos de liderazgo y, especialmente, en el emprendimiento dentro de los campos STEM (Treanor, 2022). La investigación de Poggesi et al. (2020) pone de relieve las múltiples barreras a las que se enfrentan en el emprendimiento STEM, subrayando la necesidad de intervenciones educativas específicas. Estos programas deben proporcionar no solo habilidades técnicas, sino también la confianza y la inspiración necesarias para seguir trayectorias emprendedoras. La educación emprendedora puede tener efectos diferenciados por género; Pergelova et al. (2023) encontraron que puede influir de manera distinta en la viabilidad percibida, el atractivo y las intenciones de emprendimiento tecnológico entre estudiantes STEM hombres y mujeres, lo que refuerza la necesidad de diseñar programas inclusivos en cuanto al género.

METODOLOGÍA

Como parte del proyecto GEM (https://icse.eu/international-projects/gem/), cuyo objetivo fue empoderar a las chicas fomentando su potencial digital y emprendedor, diez instituciones europeas organizaron campus científicos de verano. En España, esta iniciativa se implementó desde la Universidad de Jaén y se centró en ofrecer una experiencia inmersiva durante dos ediciones, en los años 2021 y 2022 respectivamente, a unas 60 chicas de entre 13 y 18 años por edición, que pasaron una semana trabajando en proyectos de investigación reales liderados por científicas de la institución que actuaron de referentes femeninos en STEM.

Además, durante la edición de 2022 se realizaron esfuerzos específicos para introducir a las participantes en el emprendimiento dentro de los ámbitos STEM. El programa incluyó talleres que mostraban ejemplos reales de jóvenes emprendedoras en STEM. Otros talleres animaron a las participantes a desarrollar prototipos hipotéticos para abordar necesidades sociales y a presentar sus ideas ante potenciales inversores. Además, las participantes trabajaron en pequeños grupos en sus propios proyectos de investigación bajo la guía de mentoras investigadoras, presentando posteriormente sus resultados en la congreso final del campus.

Aunque el impacto de este campus en las actitudes de las participantes hacia STEM se ha reportado en Martín-Peciña et al. (2025), el último objetivo relacionado con el emprendimiento permanecía inexplorado. Con este propósito, para evaluar el impacto de esta iniciativa en la mentalidad emprendedora de las participantes se utilizó una metodología de pre-test/post-test aplicando el instrumento Individual Entrepreneurial Orientation (IEO) (Bolton y Lane, 2012), que recoge la orientación emprendedora individual a través de tres dimensiones: asunción de riesgos, innovación y proactividad. Los datos se analizaron utilizando pruebas estadísticas no paramétricas y análisis de clústeres para muestras pareadas pre y post.

Tabla 1. Detalles de los instrumentos de investigación aplicados (enfoque pre/post).

CONSTRUCTO	DIMENSIÓN	Nº DE ÍTEMS	ALFA DE CRONBACH	EJEMPLO DE ÍTEM*
Individual Entrepreneurial Orientation (IEO)	Asunción de riesgos	3	0,88	Estaría dispuesta a invertir esfuerzo y recursos en algo que pudiera ser muy productivo.
	Innovación	4	0,85	Prefiero experimentar con nuevas formas de resolver problemas en lugar de hacer lo tradicional.
	Proactividad	3	0,81	Suelo anticiparme a futuros problemas, necesidades o cambios.
Actitudes hacia STEM		8	0,81	Me interesa aprender sobre STEM.
*Respuestas a los ítems en escala tipo Likert de 1 a 5 según grado de acuerdo creciente.				

RESULTADOS

Después de su participación en el campus, las chicas mostraron mejoras tanto en sus actitudes hacia STEM como en su orientación emprendedora (Figura 1). Como cabía esperar, dado el carácter voluntario de participación en esta iniciativa, las chicas ya presentaban actitudes muy positivas hacia STEM en el pre-test, lo que dificulta el alcance de significatividad estadística para las ganancias en este constructo. Sin embargo, su orientación emprendedora (IEO) fue inicialmente más baja que sus actitudes hacia las STEM y mejoró significativamente ($p = 0,010$), alcanzando el nivel de este último constructo, con mejoras especialmente notables en la dimensión de proactividad de la IEO ($p = 0,013$).

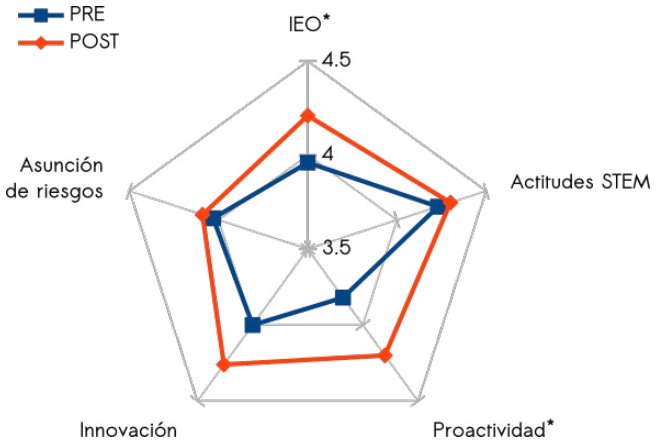


Figura 1. Valores pre-post para la IEO (y sus dimensiones) y las actitudes hacia STEM.

Como se muestra en la Figura 2, se observó una fuerte correlación entre las mejoras en las actitudes hacia STEM y la IEO ($R = 0,60$; $p < 0,001$). El análisis de clúster reveló dos grupos de participantes de tamaño equilibrado con diferentes niveles de mejora en las actitudes hacia STEM y en la orientación emprendedora, mostrando uno de los clústeres mejoras significativamente mayores en ambos aspectos que el otro ($p < 0,05$).

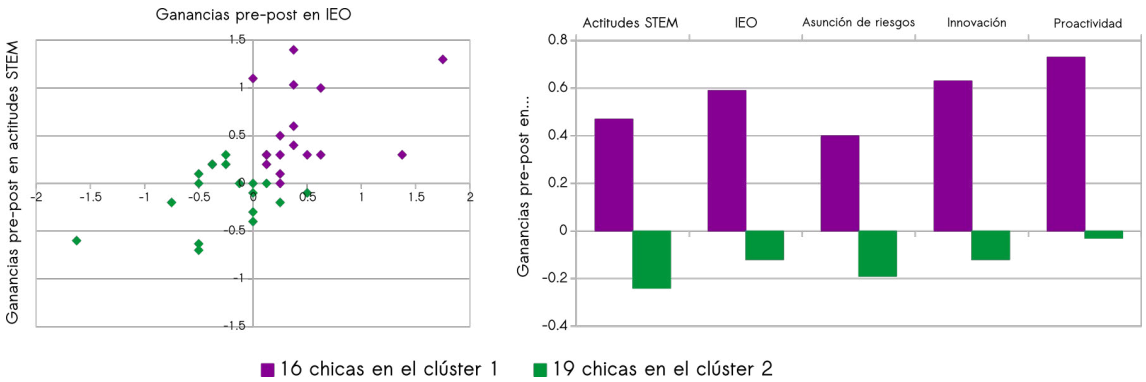


Figura 2. Valores de las mejoras en las actitudes hacia STEM y en la IEO que muestran una correlación positiva (izquierda) y las diferencias de mejora entre dos clústeres de chicas (derecha).

Las respuestas a las preguntas abiertas incluidas en el cuestionario post aportan información adicional sobre qué aspectos del campus las participantes valoraron y disfrutaron más (Tabla 2). Las chicas señalaron que hubo un exceso de charlas sobre emprendimiento que resultaron monótonas, especialmente cuando se produjeron en formatos virtuales. En contraposición, las chicas valoraron los aspectos prácticos del campus, aunque una participante sugirió que comenzar con un taller práctico sobre emprendimiento trabajando en pequeños grupos sin conocerse previamente podría resultar desafiante para las chicas más introvertidas.

Tabla 2. Selección de respuestas de las participantes a las preguntas abiertas del post-test sobre las fortalezas (+) y debilidades (−) del campus científico de verano en su edición de 2022.

+	*"He comprendido que las mujeres tienen un papel clave en la ciencia, aunque a veces no lo parezca."* *"Ahora conozco diferentes perspectivas sobre la ciencia y lo que se puede hacer desde cada una de ellas."* *"Te ayudan a ver tanto la ciencia como el mundo laboral que nos ofrece desde diferentes perspectivas."* *"Me he sentido muy apoyada por todas las personas aquí."* *"No tenía mucho conocimiento sobre ciencia, pero este año he aprendido sobre emprendimiento e innovación."* *"En el instituto casi todo es teoría, pero en este campus ha sido más práctico y lo he disfrutado más."* *"Lo que más me gustó fue involucrarme en el proyecto y la sesión práctica de Ximena [emprendimiento]."*
-	*"No me han gustado las largas charlas por videoconferencia."* *"El taller grupal sobre inventar un objeto el primer día podría hacer que algunas chicas introvertidas se sientan incómodas."* *"Demasiadas charlas muy aburridas."*

Por último, destacar que las participantes no refirieron como fortalezas del campus ningún aspecto relativo a las propuestas específicas sobre emprendimiento en la edición de 2022, precisamente en la que se enfatizó este carácter del campus incorporando más conferencias de mujeres emprendedoras en STEM respecto a la edición anterior. La excepción fue una respuesta positiva (para el taller sobre la creación de una solución de valor a un problema real de entre varios propuestos) frente a 6 menciones directas apuntando a las charlas de emprendimiento como poco atractivas. Sin embargo, para la primera edición de 2021 las chicas sí valoraron la conferencia sobre emprendimiento, la única que se llevó a cabo en este sentido, como una de las mejores actividades del campus. De hecho, se reportan 12 respuestas en las que las chicas se refieren a esta conferencia de emprendimiento como muy motivadora e inspiradora.

Estos resultados sugieren que el éxito de las actividades de emprendimiento en el campus dependió de la metodología (valorando lo práctico frente a lo teórico) y del efecto de inspiración de la ponente, más que de la cantidad de contenido ofrecido.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran que la educación STEM proporciona un contexto adecuado para fomentar la mentalidad emprendedora, al menos entre las chicas. Por tanto, es posible influir en las actitudes de las chicas hacia la ciencia y el emprendimiento mediante factores controlables. Esto coincide con investigaciones recientes según las cuales las intervenciones bien diseñadas pueden moldear la mentalidad emprendedora (Barth y Muehlfeld, 2022). Este es el caso del estudio de Shahin et al. (2021) en 193 estudiantes de secundaria en Australia con el que se reporta que un programa de emprendimiento basado en STEM y dirigido específicamente a chicas incrementó significativamente su orientación emprendedora.

La mejora significativa en la Orientación Emprendedora Individual (IEO) de las participantes en 2022, a pesar de su rechazo a las charlas teóricas sobre el tema, puede explicarse a través del diseño intrínseco del enfoque de educación STEM aplicado al campus. Como ya se ha expuesto, la mentalidad emprendedora no se limita al ámbito de las empresas, sino que se define como la capacidad de transformar el conocimiento en valor o las ideas en productos. Esta competencia se alinea estrechamente con los principios de la educación STEM, cristalizados en los proyectos ofrecidos por las mentoras del campus, permitiendo la inmersión de las chicas en líneas de investigación para encontrar soluciones STEM innovadoras a desafíos actuales. Al participar en ellos, las chicas ejercitaron de manera inherente la innovación y la proactividad (dimensiones de la IEO) para resolver retos científicos, sin necesidad de que fueran etiquetados como "emprendimiento". Esto respalda el concepto de educación STEM emprendedora, que integra el emprendimiento dentro de la práctica científica como un enfoque eficaz para mejorar la iniciativa y las habilidades de resolución de problemas (Kaya-Capocci et al., 2024).

Los resultados cualitativos muestran que lo que las chicas más valoraron fue la inmersión en los proyectos y el trabajo con mentoras. En esta misma línea, Neumeyer y Santos (2020) sugieren que las habilidades emprendedoras se desarrollan mucho mejor mediante la participación activa y práctica que a través de la recepción pasiva de información. Por tanto, aunque las charlas les resultaran pesadas o aburridas, la experiencia global del campus, especialmente el trabajo autónomo y colaborativo en sus propios proyectos, fue lo que probablemente haya nutrido el espíritu emprendedor de las chicas.

Por otro lado, la correlación reportada entre la mejora de las actitudes hacia la ciencia y la mejora en la IEO podría indicar que fomentar las actitudes STEM puede, simultáneamente, nutrir la mentalidad emprendedora. Al fortalecer las actitudes positivas hacia la ciencia a través de la interacción con modelos de referencia y la apropiación de un proyecto de investigación, las participantes podrían haberse empoderado, aceptando la necesidad de asumir riesgos, percibiéndose como futuras innovadoras. Es relevante notar que la mejora más significativa en la IEO se dio en la dimensión de proactividad. Esta capacidad de anticiparse a problemas y cambios podría haberse entrenado directamente durante el proceso de investigación científica (por ejemplo, al manejar una cámara de alta velocidad o entrenar a un robot), donde las estudiantes deben tomar la iniciativa para que sus experimentos tengan éxito, experiencias que además presentaron en el congreso final del campus.

En conclusión, la conceptualización global del campus pudo favorecer que las participantes mejoraran su orientación emprendedora mediante la práctica científica real, demostrando que un entorno de educación STEM bien diseñado puede ser un terreno fértil para el emprendimiento incluso cuando las actividades explícitamente denominadas como tal no logran conectar con las participantes. Sin embargo, persiste el reto de comprender cómo trasladar las lecciones aprendidas de esta experiencia al contexto escolar formal, así como los factores que hacen que algunas conferenciantes resultaran inspiradoras para las chicas y otras no, algo clave para descifrar en qué consiste actuar como referente femenino efectivo en STEM y emprendimiento.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a las participantes del campus de verano GEM en España. También a la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación de la Universidad de Jaén y a la Unión Internacional de Ciencias Biológicas por su apoyo en la organización del campus. El proyecto GEM ha sido financiado por la Unión

Europea en el marco del acuerdo de subvención LC-01380173. Esta contribución se ha financiado con el proyecto GENERAS concedido por el Instituto Andaluz de la Mujer en su Línea 1 dirigida a las universidades públicas andaluzas para la promoción de la igualdad de género.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barth, J., y Muehlfeld, K. (2022). Thinking out of the box—by thinking in other boxes: a systematic review of interventions in early entrepreneurship vs. STEM education research. *Management Review Quarterly, 72,* 347–383. https://doi.org/10.1007/s11301-021-00248-3

Béchard, J. P., y Toulouse, J. M. (1991). Entrepreneurship and education: Viewpoint from education. *Journal of Small Business & Entrepreneurship, 9*(1), 3–13. https://doi.org/10.1080/08276331.1991.10600386

Bolton, D. L., y Lane, M. D. (2012). Individual entrepreneurial orientation: Development of a measurement instrument. *Education + Training, 54*(2/3), 219–233. https://doi.org/10.1108/00400911211210314

Kaya-Capocci, S., Pabuccu-Akis, A., y Orhan-Ozteber, N. (2024). Entrepreneurial STEM education: Enhancing students' resourcefulness and problem-solving skills. *Research in Science Education,* 1–32. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10189-y

Kelley, T. R., y Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, *3*(1), 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kutzhanova, N., Lyons, T. S., y Lichtenstein, G. A. (2009). Skill-based development of entrepreneurs and the role of personal and peer group coaching in enterprise development. *Economic Development Quarterly, 23*(3), 193–210. https://doi.org/10.1177/0891242409336547

Martín-Peciña, M., Quesada, A., Abril, A. M., y Romero-Ariza, M. (2025). Breaking Barriers to Unleash STEM Futures by Empowering Girls Through Mentorship in Summer Camps. *Education Sciences, 15*(2), 242. https://doi.org/10.3390/educsci15020242

Nair, P., Huang, J., Jackson, J., y Cox-Petersen, A. (2017). Combining STEM and business entrepreneurship for sustaining STEM-readiness. En *2017 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)* (pp. 76–78). IEEE. https://doi.org/10.1109/ISECon.2017.7910252

Neumeyer, X., y Santos, S. C. (2020). A lot of different flowers make a bouquet: the effect of gender composition on technology-based entrepreneurial student teams. *International Entrepreneurship and Management Journal, 16*(1), 93–114. https://doi.org/10.1007/s11365-019-00603-7

Pergelova, A., Angulo-Ruiz, F., Manolova, T. S., y Yordanova, D. (2023). Entrepreneurship education and its gendered effects on feasibility, desirability and intentions for technology entrepreneurship among STEM students. *International Journal of Gender and Entrepreneurship, 15*(2), 191–228. https://doi.org/10.1108/IJGE-06-2022-0092

Poggesi, S., Mari, M., De Vita, L., y Foss, L. (2020). Women entrepreneurship in STEM fields: Literature review and future research avenues. *International Entrepreneurship and Management Journal, 16*, 17–41. https://doi.org/10.1007/s11365-019-00599-0

Shahin, M., Ilic, O., Gonsalvez, C., y Whittle, J. (2021). The impact of a STEM-based entrepreneurship program on the entrepreneurial intention of secondary school female students. *International Entrepreneurship and Management Journal, 17*(4), 1867–1898. https://doi.org/10.1007/s11365-020-00713-7

Stergiou, K., y Filippidis, K. (2023). *The entrepreneurial mindset as a key factor for youth employability and youth entrepreneurship and the role of youth work in Europe*. Retrieved from https://acortar.link/HGgAzs

Treanor, L. (2022). Gender, STEM women and entrepreneurship: a review and future research directions. *International Journal of Gender and Entrepreneurship, 14*(4), 499–520. https://doi.org/10.1108/IJGE-06-2022-0094.

Lectura dialógica de álbumes ilustrados y desarrollo del pensamiento crítico y científico en las primeras edades

Neus Banqué-Martínez[1], Begonya Oliveras Prat[1], Carme Grimalt-Álvaro[1], Anna Marbà Tallada[1]*

Departament de Didàctica de la Matemática i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona, España.

*Correspondencia: neus.banque@uab.cat

RESUMEN: Esta investigación analiza cómo emergen habilidades de pensamiento crítico e ideas científicas durante la lectura dialógica de álbumes ilustrados en las primeras edades. Se realiza un estudio de caso cualitativo analizando las interacciones verbales antes, durante y después de una lectura. Los resultados muestran que la persona adulta modula el nivel de demanda cognitiva según la fase, y que los momentos de justificación generan interacciones dialógicas donde los niños y niñas explicitan, contrastan y reformulan ideas científicas vinculadas al relato. Se concluye que la discusión posterior a la lectura es un momento clave para promover el pensamiento crítico y la activación de ideas científicas en edades tempranas.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; Educación Científica; Pensamiento crítico; Lectura dialógica; Libro-álbum.

ABSTRACT: This study examines how critical thinking skills and scientific ideas emerge during the dialogic reading of picturebooks in early childhood. A qualitative case study was conducted analyzing verbal interactions before, during, and after the reading session. Findings show that the adult modulates cognitive demand according to the phase, and that justification prompts generate dialogic interactions in which children articulate, contrast, and reformulate scientific ideas linked to the story. The research concludes that the post-reading discussion is a key moment for fostering critical thinking and activating scientific ideas in early childhood.

KEYWORDS: Childhood Education; Science Education; Critical Thinking; Dialogic reading; Picturebooks.

INTRODUCCIÓN

La lectura de libros-álbum (o álbumes ilustrados) es una de las prácticas recurrentes que usan los equipos docentes en la etapa de infantil y está bien documentado su impacto en la adquisición de vocabulario y en el desarrollo de las competencias lingüísticas. Los álbumes ilustrados presentan unas características lingüísticas y gráficas que los hacen herramientas multifuncionales para promover las habilidades lingüísticas del alumnado de educación infantil (Grolig et al., 2020), así como también el pensamiento crítico (Grolig et al., 2020) y científico (Mantzicopoulos & Patrick, 2011). Desde el punto de vista científico, los álbumes ilustrados incluyen contenido informacional a la vez que ficticio y esto puede ser una fuente de errores conceptuales (animales que hablan y van a la escuela, piedras que tienen vida, etc.) por lo que son un contexto propicio para desarrollar el pensamiento crítico (O'Reilly et al., 2022) a la vez que promover la construcción de ideas científicas (Grolig et al., 2020). Ahora bien, la mayoría de las investigaciones están focalizadas desde el punto de vista lingüístico y en cambio, poco se sabe sobre cómo la lectura impacta en la construcción de las ideas científicas en la etapa de infantil (Roy et al., 2025).

Una de las estrategias señaladas como más efectivas es la lectura dialógica, entendida como aquella que promueve la conversación con el alumnado acerca de lo que ocurre en la historia (Lepola et al., 2023). De este modo, el dialogo que establece la persona docente resulta crucial para ayudarles a identificar

qué es real y qué es ficción, así como para favorecer la evolución de sus ideas científicas. Las preguntas a través de la comunicación, la exploración y las interacciones con los otros son un componente vital para desarrollar el pensamiento crítico (O'Reilly et al., 2022). El tipo de interacción que se observa con relación al pensamiento crítico puede categorizarse en 5 niveles distintos según Gangon y Yeregau (2016) desde una interacción aún centrada en el "yo" (anecdótica) hasta la dialógica crítica (donde se puede observar ya una interdependencia explícita en los puntos de vista de los niños y las niñas). Para que la lectura dialógica resulte efectiva, se describen 3 momentos de interacción: antes de la lectura, durante la lectura y después de la lectura, y en los 3 momentos, las preguntas que formula la persona docente son cruciales, aunque con objetivos distintos. Así, se ha descrito que el alumnado aprende más cuando la conversación promueve las preguntas literales e inferenciales (Zucker et al., 2010) y cuando el nivel de demanda cognitiva de las preguntas es el adecuado (Mascareño et al., 2017). Así, las preguntas literales ayudan a centrar la atención en aspectos concretos del libro, mientras que las inferenciales permiten alejarse del texto y del lector para construir significados a partir de pensar sobre lo que se está leyendo (Zucker et al., 2010).

OBJETIVO GENERAL:

Analizar las interacciones verbales en la lectura de un álbum ilustrado para identificar cómo emergen las habilidades de pensamiento crítico y la activación de ideas científicas en las primeras edades.

Objetivos específicos

OE1. Examinar la frecuencia y la función de las interacciones antes, durante y después de la lectura, así como los niveles de abstracción lingüística que emergen.

OE2. Caracterizar qué tipos de interacción promueven las demandas cognitivas y cómo contribuyen a la activación de ideas científicas en la infancia.

METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo sobre la base de una metodología cualitativa de estudio de caso en las aulas de Educación Infantil y Ciclo Inicial de Primaria (3-8 años), de un centro público. Participaron un total de 5 grupos clases, además de una investigadora que dinamizó la lectura dialógica en todas las aulas. Los resultados presentados en esta comunicación se centran exclusivamente en la sesión desarrollada en un grupo de 7 años.

El estudio analizó la interacción verbal producida durante la lectura en voz alta del álbum ilustrado *Petra* (Coppo, 2019). En todas las sesiones se llevó a cabo la misma intervención, estructurada en los tres momentos propios de una lectura dialógica: (antes) un momento inicial de presentación y formulación de hipótesis sobre la historia del libro; (durante) el momento propiamente lector; y (después) un momento final de diálogo y discusión posterior a la lectura. En este momento posterior, la investigadora centró la discusión en torno a cuatro episodios de la historia que requieren que el alumnado movilice habilidades de pensamiento crítico para explicar y dialogar sobre lo que sucede en el relato, a partir de ideas clave de la ciencia (flotación y ser vivo). La duración aproximada de cada sesión fue de 60 minutos.

Las categorías de análisis se definieron mediante una estrategia mixta inductiva y deductiva. En primer lugar, se partió de los niveles de abstracción lingüística descritos por Zucker et al. (2010), y por la propuesta de tipos de interacción observable en un diálogo filosófico propuestas por MarieFrance (2002). Posteriormente, estas categorías fueron revisadas y refinadas inductivamente a partir del análisis de las interacciones registradas en las sesiones (ver Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Categorías de los niveles de abstracción lingüística en una lectura dialógica (Elaboración propia a partir de Zucker et al. 2010).

	- NIVEL DE ABSTRACCIÓN LINGÜÍSTICA +		
NIVEL 0	**NIVEL 1**	**NIVEL 2**	**NIVEL 3**

Otros (gestión de aula)	Denominación y descripción	Relectura	Justificación
Dirigir la atención hacia elementos concretos de la gestión del aula o de la actividad, sin requerir elaboración lingüística.	Nombrar y describir elementos concretos de la historia, localizar información explícita, repetir palabras o parte de la narración, y describir acciones, hechos o cualidades observables del texto o de la historia.	Predecir, formular hipótesis y definir significados a partir de la historia del libro. Identificar causas y consecuencia, distinguir entre realidad y ficción, aportar información factual necesaria y realizar inferencias de los fenómenos del mundo a partir de la narración del texto.	Explicar características, resumir, sintetizar, generalizar y establecer conexiones con la vida cotidiana, razonando más allá del contenido literal de la historia del texto.

Tabla 2. Categorías de los niveles de interacción verbal en una lectura dialógica (Elaboración propia a partir de MarieFrance 2002).

- NIVEL DE INTERACCIÓN VERBAL +			
NIVEL 0	**NIVEL 1**	**NIVEL 2**	**NIVEL 3**
Sin interacción	**Anecdótica**	**Monológica**	**Dialógica**
No mostrar interacción ni responder a la intervención o pregunta planteada.	Responder mediante anécdotas personales, centrarse en la propia experiencia y no atender de forma directa a la pregunta o al contenido planteado.	Responder de manera directa, pero sin relacionar puntos de vista, manteniendo un discurso propio con dificultades para justificarlo o vincularlo con aportaciones previas.	Escuchar las aportaciones de los demás, formular preguntas, responder a las intervenciones y construir significados compartidos de forma colaborativa.

Los datos se recogieron mediante la técnica de investigación participante y a través de grabaciones de vídeo y audio de las sesiones, que posteriormente fueron transcritas y analizadas utilizando el programa Atlas.ti. El análisis de los resultados se realizó a partir de las secuencias de interacción adulto-niño a lo largo de los tres momentos propios de la lectura dialógica. Esta investigación ha sido aprobada por el Comité de Ética en la Investigación de la Universidad de las autoras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para responder al OE1, se analizó la distribución temporal de las interacciones durante la sesión y su relación con los niveles de abstracción lingüística. La Figura 1 muestra una elevada frecuencia de intervenciones por parte del alumno, distribuidas de forma constante a lo largo de toda la sesión, aunque con algunos tramos de mayor concentración. En contraste, las intervenciones de la investigadora aparecen de manera menos densa y más espaciada, aunque mantienen una presencia continua. Este patrón evidencia un claro protagonismo discursivo del alumno. No obstante, destacan dos intervenciones extensas de la investigadora: durante la narración del álbum ilustrado y al inicio de la discusión posterior, cuando se presentan los episodios del relato que se van a analizar.

Figura 1. Distribución temporal de las interacciones y presencia de los niveles de abstracción lingüística durante la lectura dialógica del libro-álbum *Petra*.

En términos de demanda cognitiva, el momento *Antes* está claramente dominado por intervenciones de **Denominación y Descripción**. En este tramo, el alumno debe principalmente reconocer o identificar información, así como analizar características o acciones simples de los elementos presentados. Se

trata, por tanto, de una demanda cognitiva baja, orientada a activar conocimientos previos y facilitar la entrada al contenido del libro (Tabla 3).

Tabla 3. Ejemplo I de una interacción durante la lectura dialógica (momento *Antes).*

– Investigadora: Pues escuchad, hoy os traigo el libro. En este libro hoy descubriremos la portada que tiene.
– Clase: ¡Ohhh!
– Investigadora: Esto es la contraportada… ¿Qué pasa en esta contraportada? ¿Qué tiene de diferente a la portada que vimos el otro día?
– Alumno 1: Que no tiene ojos, ni boca, ni nariz.
– Investigadora: Muy bien, que no tiene ojos ni boca ni nariz.
– Alumno 2: Que no tiene color. (...) ¡Sí! que tiene color.
– Alumno 3: Que no tiene una boca.

Asimismo, aparece un breve episodio de **Relectura** vinculado a la identificación del título del cuento. En este momento, el alumno debe inferir y establecer relaciones entre Petra, el nombre del libro, y piedra, un elemento conocido de su vida cotidiana. Este proceso exige conectar el texto con sus conocimientos previos, activando así una demanda cognitiva algo más compleja que la simple denominación (Tabla 4).

Tabla 4. Ejemplo II de una interacción durante la lectura dialógica (momento *Antes*).

– Investigadora: El título de este libro es…
– Alumno: ¡¡Petra, Petra!!
– Investigadora: Petra. O sea que no es… ¿hay alguna letra que es diferente? […]
– Alumno: Debería haber una D para que fuera piedra. (...)

También se identifican intervenciones con demanda de **Justificación** (Tabla 5). En estos casos, el alumno debe elaborar un razonamiento propio, ya que las ideas necesarias para responder no aparecen explícitamente en la lectura y requieren inferir, explicar o argumentar a partir de sus conocimientos y experiencia, activando una demanda cognitiva superior y fomentando el pensamiento crítico.

Tabla 5. Ejemplo III de una interacción durante la lectura dialógica (momento *Antes*).

– Investigadora: Y vosotros cuando cerráis los ojos, ¿por qué lo hacéis? ¿Qué hace con los ojos cerrados?¡Di!
– Alumno: Cuando vamos a dormir (...)
– Alumno: ¡Cuando parpadeamos!
– Investigadora: ¡Sí, muy bien! (...) Investigadora: ¡Cerramos los ojos para pensar!

En el momento *Durante*, predominan los episodios de **Relectura**, utilizados para reforzar la comprensión del texto. Y en el momento *Después* surgen mayoritariamente intervenciones de **Justificación**, con el objetivo de contextualizar el debate y orientar la interpretación del relato. En este momento reaparecen también intervenciones de **Denominación y Descripción** para aclarar aspectos necesarios para sostener la conversación.

Para responder al OE2, se analizó el tipo de interacciones verbales (Figura 2). En el momento *Antes* se observa una combinación de intervenciones **Anecdóticas** (véanse Tablas 3, 4 y 5) y **Monológicas**. En estas últimas, los alumnos responden de forma directa a las preguntas planteadas por la investigadora; sin embargo, los diferentes puntos de vista expresados no se relacionan entre sí ni se retoman para

desarrollar una línea argumentativa compartida, por ejemplo, la investigadora hace una pregunta sobre la portada del libro y los alumnos responden enumerando diferentes elementos (una piedra, una foca, un pez piedra…). En consecuencia, aunque estas intervenciones generan un intercambio verbal relativamente activo, no llegan a una interacción dialógica. Este momento inicial se orienta principalmente a activar conocimientos previos del alumnado, contextualizar el relato y promover la participación espontánea.

Figura 2. Interacciones observables presentes durante la lectura dialógica del libro-álbum *Petra*.

Durante la lectura del libro, la interacción se vuelve más estructurada y se centra claramente en la figura de la investigadora. Predominan las intervenciones **Monológicas**, asociadas principalmente a la lectura en voz alta y a aclaraciones puntuales del texto. En cambio, en el momento *Después* se observa un cambio significativo en la dinámica interactiva. En esta fase emergen por primera vez intervenciones **Dialógicas**, identificadas en cuatro momentos de la conversación. Esta configuración evidencia un proceso de construcción compartida del significado, en el que investigadora y alumnado articulan conjuntamente interpretaciones, conectan ideas y desarrollan razonamientos de manera progresiva. En este contexto, las intervenciones **Monológicas** cumplen principalmente una función de apoyo, aportando matices o información necesaria para sostener la discusión, mientras que las intervenciones anecdóticas aparecen de forma puntual para ilustrar o contextualizar las ideas que se están explorando colectivamente.

El análisis conjunto del tipo de intervención y del nivel de demanda cognitiva permite observar que cuando la investigadora pide un nivel de abstracción superior (**Justificación**) se promueve la interacción **Dialógica**. En los cuatro episodios de la discusión final, previamente seleccionados por la investigadora, se identifica la emergencia de ideas científicas expresadas por el alumno. En este sentido, la interacción **Dialógica** permite que las ideas del alumnado se expliciten, se contrasten y se reformulen colectivamente, favoreciendo así la construcción progresiva de explicaciones sobre fenómenos físicos (Tabla 6).

Tabla 6. Ejemplo de un fragmento en el que se hace presente la activación de ideas científicas.

– Investigadora: ¿Qué ocurre cuando una piedra llega al agua?
– Alumno: Que se hunde. (...)
– Investigadora: Dejemos que nos lo explique. ¿De qué depende?
– Alumno: Depende de como te pones. Quizás te hundes, pero si te pones en forma de estrella no te hundas y te quedas en la superficie. (...)

CONCLUSIONES

Se observa una evolución clara en la dinámica interactiva de la sesión promovida por como la investigadora

modula el tipo demanda cognitiva en función de los objetivos pedagógicos de cada momento. Este patrón confirma el papel clave de la persona docente en la conducción del diálogo literario y destaca la capacidad del alumnado para implicarse activamente cuando se generan las condiciones discursivas adecuadas, tal y como ya habían descrito Mascareño et al. (2017).

En esta investigación se pone de manifiesto el papel relevante del momento de discusión posterior a la lectura, fase en la que el alumnado dispone de un espacio más amplio para elaborar explicaciones y razonamientos propios a partir del relato (O'Reilly, et al., 2022). Este momento representa una oportunidad privilegiada para que los niños y las niñas de edades tempranas relacionen los acontecimientos narrados con sus conocimientos previos y activen nuevas ideas científicas que emergen de la historia. La riqueza de estas producciones evidencia el potencial de la discusión literaria como contexto para el desarrollo del pensamiento crítico y de las ideas científicas implicadas en las primeras edades.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto PID2022-138166NB-C22 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España) y con el apoyo del grupo de investigación SGR ACELEC ref.2021 SGR 00647 (Generalitat de Catalunya).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coppo, M. (2019). Petra. Joventut.

Gagnon, M. & Yergeau, S. (2016). *La pratique du dialogue philosophique au secondaire. Vers une dialogique entre théories et pratiques.* Presses de l'Université Laval.

Grolig, L., Cohrdes, C., Tiffin-Richards, S. P. & Schroeder, S. (2020). Narrative dialogic reading with wordless picture books: A cluster-randomized intervention study. *J. Early Child. Res. Q.*, *51*, 191–203. https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2019.11.002

Lepola, J., Kajamies, A., Laakkonen, E. & Collins, M. F. (2023). Opportunities to Talk Matter in Shared Reading: The Mediating Roles of Children's Engagement and Verbal Participation in Narrative Listening Comprehension. *Early Educ. Dev.*, *34*(8), 1896–1918. https://doi.org/10.1080/10409289.2023.2188865

Mantzicopoulos, P. & Patrick, H. (2011). Reading Picture Books and Learning Science: Engaging Young Children With Informational Text. *Theor. Pract.*, *50*(4), 269–276. https://doi.org/10.1080/00405841.2011.607372

MarieFrance, D. (2002). El lugar del relativismo en los intercambios filosóficos de los alumnos. *Perf. Educ., XXIV*(96), 5–32.

Mascareño, M., Deunk, M. I., Snow, C. E. & Bosker, R. J. (2017). Read-alouds in kindergarten classrooms: A moment-by-moment approach to analyzing teacher–child interactions. *Eur. Early Child. Educ. Res. J.*, *25*(1), 136–152. https://doi.org/10.1080/1350293X.2016.1266226

O'Reilly, C., Devitt, A. & Hayes, N. (2022). Critical thinking in the preschool classroom—A systematic literature review. *Think. Ski. Creat.*, *46*, 101110. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101110

Roy, G., Sikder, S. & Letts, W. (2025). Understanding the Process of Scientific Literacy Development among Children in the Early Years Through Play and Intentionality. *Res. Sci. Ed.* https://doi.org/10.1007/s11165-025-10291-9

Zucker, T. A., Justice, L. M., Piasta, S. B. & Kaderavek, J. N. (2010). Preschool teachers' literal and inferential questions and children's responses during whole-class shared reading. *Early Child. Res. Q.*, *25*(1), 65–83. https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2009.07.001

Ciencia ciudadana escolar: perfiles del profesorado

Olatz Ortega Vidales [1,2,3], Ainara Achurra Ahumada [3] y Miren Bego Urrutia Barandika [1,2]

[1] Estación Marina de Plentzia, Universidad del País Vasco (EHU), España

[2] Dept. Genética, Antropología Física y Fisiología Animal, EHU, España

[3] Dept. Didáctica de las Matemáticas, Ciencias Experimentales y Sociales, EHU, España

* Correspondencia: olatz.ortega@ehu.eus

RESUMEN: La ciencia ciudadana escolar se ha consolidado como una estrategia con potencial para promover la alfabetización científica del alumnado, así como su participación en prácticas científicas. En este contexto, el profesorado desempeña un papel clave en su implementación, aunque todavía se conoce poco sobre los distintos perfiles docentes. Este estudio tiene como objetivo identificar los perfiles del profesorado participante en una iniciativa de ciencia ciudadana escolar y analizar su relación con variables sociodemográficas y contextuales. Se han analizado los cuestionarios de 51 docentes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) mediante un análisis de clústeres. Las variables están relacionadas con la motivación, el interés por la ciencia y la naturaleza, la conexión con la naturaleza y la percepción de habilidades de indagación. Los resultados permiten identificar cuatro perfiles: poco implicado, instrumental-extrínseco, moderadamente comprometido y altamente comprometido. La mayoría del profesorado se concentra en los dos últimos mencionados. La identificación de estos perfiles permite comprender mejor la diversidad de formas de participación docente en iniciativas de ciencia ciudadana escolar y abre la puerta a futuras investigaciones sobre su relación con la participación del alumnado y el impacto educativo y científico de estas experiencias.

PALABRAS CLAVE: ciencia ciudadana escolar; perfiles profesorado; motivación docente; enseñanza secundaria.

ABSTRACT: Citizen science initiatives in schools have established themselves as a strategy with the potential to promote scientific literacy and student engagement in real scientific practices. In this context, teachers play a key role in their implementation, although little is yet known about the different profiles of teachers involved in these initiatives. This study aims to identify profiles of teachers participating in a citizen science initiative and to analyse their relationship with sociodemographic and contextual variables. Questionnaires from 51 teachers were analysed using a cluster analysis based on variables related to motivation, interest in science and nature, connection with nature, and perceived inquiry skills. The results identify four teacher profiles: minimally committed, instrumental-extrinsic, moderately committed and highly committed. The majority of teachers fall into the latter two categories. Identifying these profiles provides a better understanding of the diversity of forms of teacher participation in citizen science initiatives in school context and opens the door to future research into their relationship with student participation and the educational and scientific impact of those experiences.

KEYWORDS: school citizen science; teachers' profiles; teacher motivation; secondary school.

INTRODUCCIÓN

La ciencia ciudadana se entiende como una forma de investigación participativa en la que personas no científicas profesionales en ese ámbito de estudio contribuyen activamente a la generación de conocimiento científico de una forma democrática e inclusiva (Vohland et al., 2021). Tradicionalmente, estas iniciativas se han desarrollado principalmente en el ámbito de las ciencias naturales y han contado con la participación de personas voluntarias con un fuerte interés por el entorno; en este contexto, predominan los proyectos de carácter contributivo, en los que la ciudadanía participa principalmente en la recogida de datos (Bonney et al., 2009). En los últimos años la ciencia ciudadana ha comenzado a incorporarse también en contextos educativos formales, debido a su potencial para promover la

alfabetización científica, fomentar la participación activa del alumnado y favorecer la comprensión de los procesos de construcción del conocimiento científico (Harlin et al., 2018).

Las iniciativas de ciencia ciudadana escolar (ICCE) persiguen simultáneamente contribuir a la investigación científica y promover el aprendizaje a través de prácticas científicas reales en el alumnado (Harlin et al., 2018). Sin embargo, el grado de obtención de esos objetivos varía según el tipo de ICCE, que puede implicar desde el uso o apoyo a la ciencia mediante la recogida de datos hasta una implicación más activa en prácticas propias de la investigación científica (Solé et al., 2024). El profesorado desempeña un papel clave en la implementación y sostenibilidad de las ICCE. Es el profesorado quien se implica, adapta las actividades y media entre el equipo investigador y el alumnado (Harlin et al., 2018). Por este motivo, diversos estudios han comenzado a analizar factores que influyen en la participación del profesorado, como sus motivaciones, percepciones y las barreras para su implementación (Vohland et al., 2021).

No obstante, todavía son escasas las investigaciones que analizan los diferentes perfiles de profesorado que participan en ICCE. Conocer estos perfiles es relevante, ya que las características, motivaciones y percepciones del profesorado pueden influir en el grado de implicación en el proyecto, en la manera en que las actividades se implementan en el aula y, potencialmente, en las oportunidades de aprendizaje que se generan para el alumnado (Vohland et al., 2021).

En este contexto, se pretende explorar las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué tipo de perfiles se pueden identificar entre el profesorado de ESO en el contexto de la ciencia ciudadana escolar? ¿Cómo se relacionan lo perfiles del profesorado con las variables sociodemográficas?

METODOLOGÍA

La iniciativa de ciencia ciudadana escolar (ICCE) "¡Atención! ¡No me aplastes!" promovida y coordinada por un grupo interdisciplinar de investigadoras de la Estación Marina de Plentzia (PiE-EHU) se dirige a alumnado de ESO, Bachillerato y Formación Profesional, así como a aquellas personas frecuentemente no representadas en actividades científicas como son las personas en riesgo de exclusión social, personas con discapacidad mental o enfermedades mentales, personas sordas, mujeres migradas, personas con TEA, etc. Estudios previos han demostrado que los colectivos frecuentemente no representados en actividades científicas obtienen resultados científicos comparables a los grupos educativos tradicionales cuando se proporcionan adaptaciones y acompañamiento adecuados (Ortega-Vidales et al., 2024). La presente comunicación se centra exclusivamente en la participación del profesorado de educación reglada. Según los perfiles de Solé et al., (2024) esta ICCE entra dentro de la categoría "alumnado aprendiendo ciencia actuando como personal científico".

El objetivo científico de la ICCE consiste en caracterizar los arenales mediante la detección de microalgas, meiofauna, bacterias y microplásticos. En paralelo, se plantean dos objetivos de aprendizaje para el alumnado: i) promover el aprendizaje sobre los organismos microscópicos de los arenales participando en prácticas científicas; y ii) sensibilizar sobre la importancia de la conservación del medio marino, poniendo el foco en la presencia de microplásticos y sus consecuencias.

El proyecto se estructura en cinco fases distribuidas a lo largo del curso escolar: (1) inscripción del profesorado, (2) formación docente, (3) preparación de los muestreos, (4) realización de muestreos y análisis de datos y (5) feria del conocimiento y una exposición abierta al público general.

La recogida de datos se ha realizado con un cuestionario de escala Likert (1-5) generado y validado por Phillips et al. (2018). El cuestionario recoge en 59 preguntas información sobre cuatro variables: motivación por participar en proyectos de ciencia ciudadana (14 preguntas), interés por la ciencia y la naturaleza (12 preguntas), conexión con la naturaleza (21 preguntas) y las percepciones de las habilidades de indagación (12 preguntas). Siguiendo el instrumento original de Phillips et al. (2018), la dimensión de motivación se ha analizado diferenciando entre motivación intrínseca y motivación extrínseca. Asimismo, se ha recogido información sobre variables sociodemográficas y contextuales: edad, género, lugar de residencia, nivel de estudios y curso. La muestra analizada está compuesta por

51 docentes participantes en el proyecto. La consistencia interna del instrumento se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo valores entre aceptables y buenos según la clasificación de George y Mallery (2003), con valores entre 0.88 y 0.92 para las distintas dimensiones analizadas.

Para la realización de los cuestionarios se ha obtenido el permiso del Comité de Ética de la Universidad del País Vasco (EHU) con el siguiente código: M10_2024_22MR1

La identificación de los perfiles del profesorado se ha realizado por un análisis exploratorio mediante técnicas de agrupamiento (análisis de clúster). Para ello, primero se ha realizado un análisis descriptivo de las variables y posteriormente se han estandarizado las variables a puntuaciones z. A partir de estas se han aplicado métodos de agrupamiento jerárquicos y de K-medias de forma iterativa para determinar la estructura óptima de conglomerados. A la solución elegida se ha aplicado la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar entre los clústeres y estadística descriptiva. Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el software SPSS y Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables contextuales del profesorado participante reflejan que la ICCE se desarrolla principalmente por profesorado que se identifica como mujer (n=33) y que posee formación universitaria relacionada con las ciencias naturales (n=33) (Figura 1). El nivel educativo donde mayormente se implementa la ICCE es la ESO (especialmente, 3º y 4º de ESO), y en las asignaturas de Cultura Científica y de Biología y Geología.

Figura 1. Descripción de las variables contextuales del profesorado participante (n=51).

Los resultados del cuestionario muestran niveles elevados de interés por la ciencia y la naturaleza (M = 4.20; SD ± 0.85), y de motivación intrínseca para participar en proyectos de ciencia ciudadana (M = 4.11; SD ± 0.81). Asimismo, el profesorado presenta valores relativamente altos en conexión con la naturaleza (M = 3.73; SD ± 1.10) y en la percepción de habilidades de indagación (M = 3.68; SD ± 0.89). En contraste, la motivación extrínseca presenta valores considerablemente más bajos (M=2.42; SD ± 1.32) (**Figura 2**).

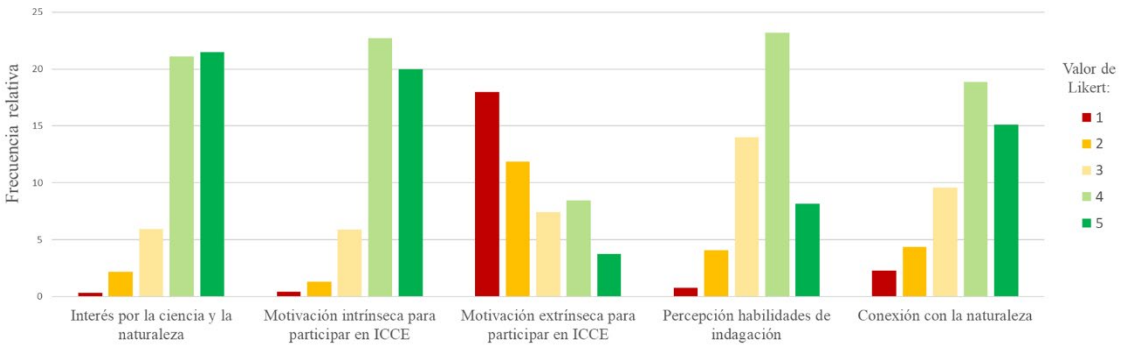


Figura 2. Frecuencias relativas de las respuestas del profesorado (n=51) por cada variable analizada. Escala Likert (1-5).

Este patrón sugiere que la participación del profesorado en el proyecto está principalmente impulsada

por motivaciones internas, como el interés personal por la ciencia, el valor educativo de la experiencia o la contribución al conocimiento científico. Este resultado es coherente con investigaciones previas que señalan que la participación en ICCE suele estar asociada a motivaciones intrínsecas relacionadas con el aprendizaje y el interés por cuestiones científicas (Harlin et al., 2018). Estos resultados son consistentes con investigaciones realizadas en contextos educativos que muestran que el profesorado que participa voluntariamente en iniciativas de innovación educativa o proyectos de investigación escolar suele presentar niveles elevados de interés y motivación intrínseca, lo que favorece la implementación de prácticas científicas (Vohland et al., 2021).

La solución de cuatro clústeres mostró una alta coincidencia estructural con la obtenida mediante el análisis jerárquico y mantuvo coherencia con soluciones de menor número de grupos, lo que sugiere estabilidad en la organización de los datos. Las diferencias entre clústeres fueron evaluadas mediante pruebas no paramétricas de Kruskal–Wallis, observándose diferencias estadísticamente significativas entre los perfiles en todas las variables analizadas ($p < 0.05$). Los análisis post hoc mostraron diferencias significativas principalmente entre el clúster altamente comprometido y el resto de los perfiles en variables como interés, motivación intrínseca, percepción de habilidades de indagación y conexión con la naturaleza (**Figura 3**).

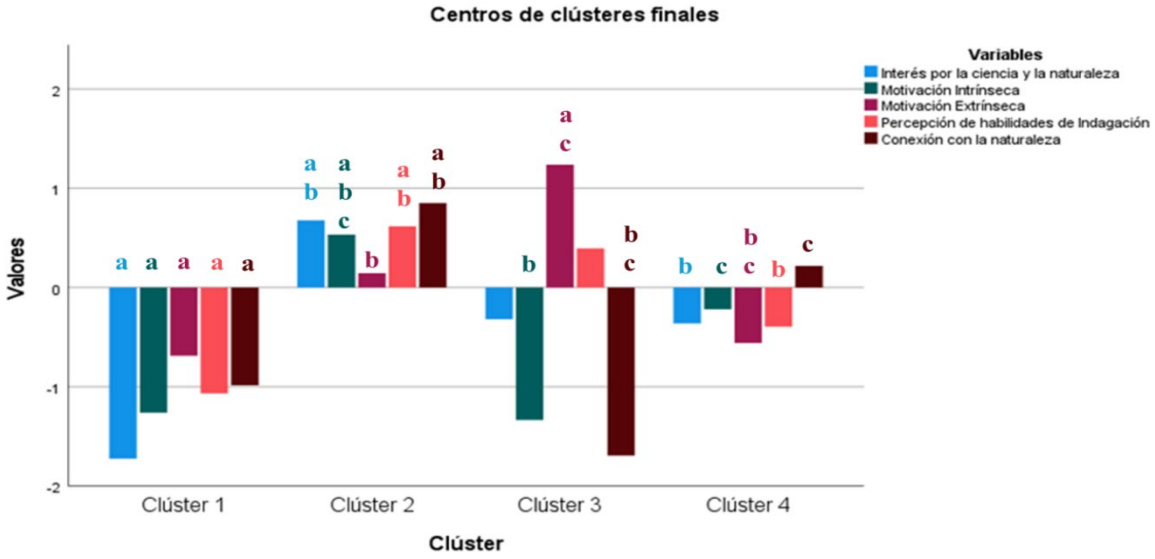


Figura 3. Valores de los centros finales de los 4 clústeres en función de cada variable. Las letras con colores representan la significancia estadística entre las variables de diferentes clústeres (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$).

Así, se identifican los siguientes cuatro perfiles:

Perfil poco implicado (Cluster 1, n = 6). Este perfil presenta puntuaciones bajas en todas las dimensiones analizadas. Aunque representa un grupo minoritario, su identificación resulta relevante, ya que muestra que incluso profesorado con niveles relativamente bajos de interés o motivación puede participar en ICCE.

Perfil altamente comprometido (Cluster 2, n = 20). Este perfil se caracteriza por puntuaciones elevadas en todas las dimensiones analizadas, especialmente en interés por la ciencia, motivación intrínseca y percepción de habilidades de indagación. Este grupo parece representar al profesorado más alineado con los objetivos educativos y científicos de la ICCE, ya que combina un fuerte interés personal por la ciencia con una alta percepción de capacidad para implementar prácticas de indagación en el aula.

Perfil instrumental-extrínseco (Cluster 3, n = 5). Este perfil presenta niveles elevados de motivación extrínseca combinados con niveles bajos de motivación intrínseca y conexión con la naturaleza. Este patrón sugiere una participación motivada principalmente por factores externos, como el cumplimiento de objetivos curriculares, la participación en proyectos institucionales o el reconocimiento académico.

Aunque representa un grupo reducido, su identificación evidencia que la participación del profesorado en ICCE puede responder a motivaciones diversas.

Perfil moderadamente comprometido (Cluster 4, n = 20). Este perfil presenta niveles intermedios en la mayoría de las variables analizadas, con una ligera conexión con la naturaleza, pero niveles moderados de interés y motivación. Puede interpretarse como un grupo de profesorado con predisposición positiva hacia el proyecto, aunque con menor intensidad motivacional que el perfil altamente comprometido. Este perfil podría representar a profesorado que participa en el proyecto principalmente por su valor educativo o por la oportunidad de desarrollar nuevas experiencias de aprendizaje con su alumnado.

De todas las variables sociodemográficas y contextuales comparadas con los clústeres solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la formación académica universitaria del profesorado y en relación con el contexto territorial ($p < 0.05$). Esto sugiere que la participación del profesorado en el proyecto no parece depender del género, la edad o el nivel de estudios, sino más bien de factores relacionados con sus intereses y motivaciones hacia la ciencia y la educación científica.

Los docentes con formación relacionada con las ciencias naturales (biología, bioquímica, geología, ciencias del mar o ciencias ambientales) se concentran principalmente en los clústeres 2 y 4, caracterizados por mayores niveles de motivación intrínseca y conexión con la naturaleza. Este resultado resulta esperable, ya que la temática del proyecto está directamente relacionada con el estudio del medio marino y los ecosistemas costeros, lo que puede favorecer una mayor identificación e interés por parte del profesorado con formación en disciplinas afines.

El profesorado procedente de municipios no metropolitanos aparece con mayor frecuencia en el clúster 1, asociado a niveles más bajos de interés y motivación. Aunque este resultado debe interpretarse con cautela debido al tamaño de la muestra, podría estar relacionado con diferencias en el acceso a recursos educativos, oportunidades de formación o proximidad a instituciones científicas, factores que han sido identificados como influyentes en la participación en proyectos de ciencia ciudadana (Vohland et al., 2021).

En conjunto, estos resultados muestran que, aunque existe una tendencia general hacia motivaciones intrínsecas elevadas, la participación del profesorado en ICCE presenta una diversidad de perfiles motivacionales. La identificación de estos perfiles no solo resulta relevante para comprender quiénes participan en ICCE, sino también para orientar futuras investigaciones sobre cómo estas características del profesorado pueden influir en el desarrollo de las iniciativas en el aula. En particular, analizar los perfiles docentes puede permitir explorar en estudios posteriores si determinadas configuraciones motivacionales se relacionan con mayores niveles de participación activa del alumnado, con la calidad de las contribuciones científicas generadas o con el impacto educativo de las ICCE.

CONCLUSIÓN

El análisis ha permitido identificar cuatro perfiles diferenciados de profesorado participante en la ICCE "¡Atención! ¡No me aplastes!". La mayoría del profesorado se concentra en dos perfiles principales: un perfil altamente comprometido con altos niveles de interés, motivación intrínseca y percepción de habilidades de indagación, y un perfil moderadamente comprometido con niveles intermedios en estas dimensiones.

Los resultados sugieren que la participación del profesorado en este tipo de iniciativas está principalmente impulsada por motivaciones intrínsecas relacionadas con el interés por la ciencia y el valor educativo del proyecto. Asimismo, se observaron algunas diferencias en función de la formación académica y del contexto territorial del profesorado, lo que puede aportar información relevante para el diseño y la implementación de futuras iniciativas de ciencia ciudadana escolar.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto, tanto en esta cuarta edición como en las tres ediciones previas, ha podido llevarse a cabo gracias a la colaboración de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología - Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y al apoyo de la Dirección de Difusión Social de la investigación de la EHU. Especial agradecimiento al grupo investigador coordinador del PiE-EHU; sin ellas todo esto no hubiese sido posible. El proyecto agradece el apoyo de todas las personas participantes en la iniciativa, ahora científicos y científicas ciudadanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonney R., Ballard H., Jordan R., McCallie E., Phillips T., Shirk J. y Wilderman C. C. (2009). *Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education.* Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE).

George, D. y Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference.* (4º ed.). Allyn y Bacon.

Harlin, J., Kloetzer, L., Patton, D. y Leonhard, C. (2018). Turning students into scientists en S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel, & A. Bonn (Eds.), *Citizen science: Innovation in open sicence, society and policy* (pp. 410–428). UCL Press. https://doi.org/10.1021/cen-v033n048.p5162

Ortega-Vidales, O., González-Gaya, B., Bilbao, E., Diaz de Cerio, O., Ruiz, P., Achurra, A., Irazola, M., Eguiraun, H. y Urrutia, M.B. (2024). Experiencia piloto en ciencia ciudadana inclusiva. *Actas 31 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales.* Universidad de Burgos.

Phillips, T., Porticella, N., Constas, M., y Bonney, R. (2018). A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice,* 3(2), 1-19. http://doi.org/10.5334/cstp.126

Solé, C., Couso, D. y Hernández, M. I. (2024). Citizen science in schools: a systematic literature review, *International Journal of Science Education, Part B 14*(3), 383-399. https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2280009

Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R. y Wagenknecht, K. (Eds.). (2021). *The Science of Citizen Science.* Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4

La voz de las maestras en la investigación: repensando el andamiaje en contextos de juego

Sara Fernández-López del Moral[1], María José Sáez-Bondía[1], Ester Mateo[1] y Jorge Martín-García[1]

[1]Departamento de Didácticas Específicas, Universidad de Zaragoza. Grupo Beagle. IUCA, España.

*Correspondencia: sara.fernandez@unizar.es,

RESUMEN: Esta comunicación describe el proceso de desarrollo y validación de un sistema de categorías destinado a analizar el andamiaje docente en contextos de juego científico en Educación Infantil. En el proceso participaron activamente maestras de la etapa, generándose un espacio de discusión en torno a las acciones docentes y las intenciones que las sustentan que derivó en la matización, reformulación e incorporación de categorías del sistema. Los resultados ponen de relieve el valor de incorporar la perspectiva docente en el desarrollo y validación de sistemas de categorías, así como la necesidad de adaptarlos al contexto en el que se aplican.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; enseñanza de las ciencias; andamiaje; reflexión docente; sistema de categorías

ABSTRACT: This paper describes the process of developing and validating a category system designed to analyze teacher scaffolding in scientific play contexts in Early Childhood Education. Teachers from this educational stage actively participated in the process, thus creating a space for discussion around teaching actions and the intentions underlying them. This led to the refinement, reformulation, and incorporation of categories within the system. The results underscore the importance of including the teacher perspective in the development and validation of category systems, as well as the need to adapt these systems to the contexts in which they are used.

KEYWORDS: Early Childhood Education; science education; scaffolding; teacher reflection; category system

INTRODUCCIÓN

Una de las necesidades identificadas en el ámbito de la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales en la etapa de Educación Infantil (en adelante, EI) es la de establecer redes de colaboración horizontales en las que investigadores y docentes puedan compartir experiencias, preocupaciones y necesidades. Asimismo, se plantea la necesidad de acercar la "didáctica de la academia" a la realidad educativa, de modo que los resultados de la investigación puedan ser construidos y compartidos con maestras y maestros (Cantó et al., 2024).

En este sentido, algunos conceptos ampliamente desarrollados en la investigación educativa han sido objeto de evolución sin que en ese proceso se haya incorporado la perspectiva del profesorado. Un ejemplo de ello es el concepto de "andamiaje", que ha ido evolucionando en las últimas décadas. Desde las concepciones iniciales, centradas exclusivamente en el papel dialógico del adulto, se han incluido otros elementos como los materiales y la interacción entre iguales como medios que pueden ayudar al alumnado a salvar la distancia entre su nivel de desarrollo actual y el nivel de desarrollo potencial, definido por las tareas que puede realizar bajo supervisión del docente (Putambekar, 2022).

Para el estudio del andamiaje, uno de los trabajos que ha servido como base de análisis en el ámbito de la enseñanza de las ciencias es el propuesto por van de Pol et al. (2010). Estos autores, a partir de una revisión de la literatura, proponen un sistema de categorías que considera tanto la intencionalidad del andamiaje como los medios para conseguirlo, tales como retroalimentar, dar pistas, instruir, modelar o cuestionar.

Muchos de los trabajos localizados que analizan las estrategias de andamiaje para el aprendizaje

científico en EI incorporan adaptaciones a la categorización propuesta por van de Pol et al. (2010) atendiendo al contexto objeto de estudio y considerando generalmente el discurso del docente y las implicaciones en el aprendizaje del alumnado (Bargiela et al., 2022; Hsin y Hu, 2011; Studhalter et al., 2021, entre otros). No obstante, no se han localizado apenas trabajos que incorporen el papel de los andamios materiales, tan presentes en las primeras etapas educativas (Monteira et al., 2024).

Considerando tanto el papel de los andamios materiales como dialógicos, otro aspecto a tener en cuenta para construir un sistema de análisis que permita caracterizar los medios empleados por el profesorado en sus aulas es el tipo de contexto en el que se inscribe la actividad o secuencia realizada. En este sentido, en la etapa de EI el juego se considera un contexto importante para aprender ciencias (Sliogeris y Almeida, 2019). Durante el mismo, la intervención docente cobra especial relevancia para guiar a los niños y las niñas en la exploración y construcción de conocimiento, así como en la generación de intereses compartidos que permitan planificar y estructurar la enseñanza (Siry et al, 2023). A pesar de ello, el profesorado encuentra dificultades para intervenir en contextos de juego de manera que se promueva un avance educativo que trascienda el desarrollo meramente motor (Sikder, 2024).

Por ese motivo, el desarrollo de un sistema de análisis que permita conocer los medios que el profesorado utiliza para favorecer el aprendizaje en contextos de juego científico, incorporando además la propia visión del profesorado, puede resultar una herramienta de base para la generación de pautas de acción docente que sirvan de orientación al profesorado (Grossman, 2018) y para el uso de un lenguaje compartido.

Atendiendo a esta necesidad, la presente comunicación, muestra el proceso de construcción de un sistema de categorías para el análisis de los medios impulsores del aprendizaje científico que emplean maestras de EI en contextos de juego. En ella se describe el proceso de desarrollo y validación de un sistema de categorías destinado a analizar el andamiaje docente en contextos de juego científico en el segundo ciclo de EI. En dicho proceso participaron activamente las maestras implicadas en el estudio, generándose un espacio de discusión en torno a las acciones docentes y las intenciones que las sustentan. A diferencia de otros trabajos localizados en la literatura relacionados con el andamiaje docente, este proceso de construcción incorpora explícitamente la visión de las maestras.

METODOLOGÍA

El proceso de desarrollo y validación del sistema de categorías empleado en este estudio partió del propuesto por van de Pol et al. (2010). Este sistema se utilizó, en un primer momento, como plantilla en la toma de notas de campo durante la observación directa de las maestras de Educación Infantil del CEIP Fernández Vizarra de Monzalbarba (Zaragoza), participantes en el estudio. Se observó a una maestra de cada uno de los tres niveles del segundo ciclo de EI a lo largo de una secuencia de enseñanza y aprendizaje sobre mezclas. Aunque la estructura general de la secuencia era similar, cada maestra la adaptó a las características de su grupo.La observación directa duró cinco meses, periodo en el que al menos dos investigadoras accedían entre dos y cinco veces a la semana a las aulas de EI en sesiones de entre 20 minutos y una hora de duración. Todas las sesiones fueron grabadas en vídeo, previo consentimiento de las familias. Durante esta fase se realizó una primera revisión del sistema de categorías identificado en la literatura a partir de la experiencia directa del equipo investigador en el aula.

Una vez finalizado el periodo de observación, se seleccionó una actividad de la secuencia de aprendizaje y se extrajeron fragmentos de vídeo correspondientes a su inicio, desarrollo y cierre. Esta misma actividad fue seleccionada en los tres niveles de EI. Posteriormente, los fragmentos fueron analizados individualmente por cada investigadora utilizando el sistema de categorías en revisión, con el objetivo de orientar las entrevistas posteriores y favorecer la identificación de posibles discrepancias que fueran interesantes comentar en las mismas.

A continuación, los vídeos se visualizaron junto a las maestras en entrevistas individuales centradas en la reflexión sobre su propia práctica. En estas entrevistas, se solicitó, por un lado, la identificación de acciones promotoras del aprendizaje y, por otro, la valoración de las acciones previamente identificadas por las investigadoras a partir del sistema de categorías propuesto.

Se realizaron tres entrevistas, una con cada maestra, de aproximadamente una hora de duración que fueron registradas en audio y posteriormente transcritas. El contenido de estas entrevistas fue analizado de nuevo por el equipo investigador: cada investigadora revisó una entrevista, asociando fragmentos relevantes a las categorías existentes o proponiendo nuevas categorías emergentes de ser necesario. Finalmente, una de las investigadoras sintetizó la información asociada a cada categoría, seleccionó los ejemplos más representativos y propuso ajustes en sus definiciones que fueron discutidos por el equipo hasta alcanzar un consenso. Es en este proceso en el que se centra la presente comunicación.

RESULTADOS

A continuación, se presenta el sistema de categorías resultante del proceso de revisión organizado en dos tablas: la Tabla 1, que recoge los andamios dialógicos, y la Tabla 2, que incluye los andamios materiales. En ellas se distinguen, en negro, los elementos ya considerados por el equipo investigador con anterioridad a las entrevistas con las maestras de EI y, en azul, los matices, ideas y aportaciones incorporados tras estas. Asimismo, se han tachado aquellos aspectos que, a raíz de las entrevistas, fueron eliminados. Además, cada categoría se acompaña de un ejemplo que incorpora aportaciones de las maestras y que ha contribuido a precisar su definición.

Tabla 1. Sistema de categorías referido a los andamios dialógicos.

CATEGORÍA	DEFINICIÓN	EJEMPLO
Retroalimentar	Comentar, reforzar o proporcionar información ~~o un feedback~~ al alumnado sobre sus acciones, producciones o razonamientos durante la actividad. Puede ayudar, a su vez, al resto del alumnado a conectar con la información.	Aquí refuerzo lo que han dicho porque veo que hay mucho jaleo para que estén conectados con la información. Todos no pueden participar, entonces necesito que el que no manipula reciba la información.
Recoger la información	Recopilar y sintetizar lo dicho o hecho por el alumnado, promoviendo la identificación de ideas clave y conectándolas con conceptos, fenómenos o relaciones científicas.	Cuando han dicho tres o cuatro ideas importantes, retomo lo dicho para que vayan centrándose y no queden ideas sueltas. Luego retomamos de nuevo la conversación.
Dar pistas	Ofrecer indicios, señales o sugerencias para avanzar en la resolución de un problema o en la exploración de un fenómeno sin proporcionar directamente la respuesta. Las pistas pueden ser de carácter verbal ("¿qué pasaría si…?"), material (acercar o retirar un objeto) o espacial (señalar o reorganizar elementos).	Cuando dicen lo primero que se les viene, les haces reflexionar con preguntas. Queríamos que hicieran mezclas y que vieran que la cantidad influye. Si no sale de ellos, pues les lanzas la pregunta, "¿Crees que puede ser…?" Y les vas dando los instrumentos también para que vayan haciendo.
Instruir	Dar indicaciones sobre cómo actuar en una situación determinada, incluyendo ~~realizar una tarea,~~ cómo usar los materiales, ~~iniciar~~ los pasos a seguir en una actividad o las normas y propósitos asociados. Estas indicaciones pueden transmitirse de forma verbal o mediante elementos externos, como pictogramas o rutinas de pensamiento que orientan las acciones a realizar.	Hay que llevar un poco el control de cómo hacerlo, de si nos sentamos así, o asa; si ahora se puede tocar, ahora no... Eso no lo pueden sobrepasar. Hay unas normas que, para hacer estas propuestas, hay que cumplirlas. Que a veces se pueden modificar esas normas pidiéndoles opinión de cómo hacerlo, pero hay cosas que son inamovibles.
Explicar	Proporcionar información que introduce, amplía o aclara ~~conecta sus acciones con~~ conceptos o relaciones científicas más allá de lo aportado inicialmente por el alumnado, bien en respuesta a sus acciones o partiendo de la iniciativa docente.	Al final yo pregunto y, si veo que no ha quedado claro, ya no pregunto, ya digo: "aquí hemos hecho esta mezcla con esto y esto, hemos conseguido esto, y se llama así". Al final quiero poner nombre a lo realizado.

Modelar	Parte del docente: El docente ofrece un comportamiento para su imitación. Puede incluir la demostración de procedimientos, gestos, actitudes, formas de lenguaje o maneras de razonar. Puede surgir del profesor o como respuesta a la acción del alumnado.	Ponerle tú palabras a lo que ellos dicen, porque si tú no hablas de cantidades, pues "pon cuatro cucharas, ¿cuántos he puesto?". Si tú no dices que eso es cantidad, luego no van a saber que eso es cantidad.
	Parte del alumnado: ~~El docente retoma lo dicho por el niño o niña, ejemplificando lo que entiende que quiere decir para asegurarse de haberlo comprendido a la vez que modela el lenguaje.~~ Utilizar de manera intencionada las acciones, el lenguaje o las actitudes del alumnado como modelo para el resto, ya sea mediante su selección o mediante el refuerzo de su actuación.	La primera en salir ha sido ella para que el siguiente viera que no se ha sentado, sino que se ha puesto a mi lado, me ha hablado, ha esperado el turno... La he utilizado como modelo.
Fomentar la expresión de ideas	Promover la expresión de ideas, sentimientos y opiniones del alumnado, asegurando su participación y validando sus aportaciones. Incluye dar voz a diferentes alumnos, validar sus aportaciones sin juzgar negativamente o generar un clima donde todas las ideas tengan cabida.	Desde un refuerzo positivo siempre. Las preguntas no son: "No, te has equivocado, ¿cómo vas a coger la jeringa?", sino desde el otro lado: "Vamos a probar, compruébalo, obsérvalo...". Con preguntas y comentarios vas fortaleciendo lo que ellos hacen.
Promover la toma de decisiones y el consenso	Implicar al alumnado en la elección, planificación o coordinación de las acciones a realizar de manera cooperativa, así como en la construcción compartida de significados a partir de sus aportaciones.	En la tabla de lo que coge el imán y lo que no yo hubiera puesto un dedo arriba y otro abajo, pero ellos decidieron poner un dedo y una cruz. Entonces digo, "¿qué hago? ¿Les doy lo que es más correcto?", pero, por otro lado, digo, "jolín, tienen que aprender a tomar su idea y ya verán más adelante que igual hay otras maneras mejores".
Adaptar la respuesta al alumnado	Ajustar las intervenciones del docente a las respuestas, necesidades y características del alumnado, modificando el tipo, grado o forma de ayuda proporcionada. Implica la introducción de cambios en la estrategia prevista en un principio o en la actuación desarrollada hasta el momento.	Escuchas lo que ellos dicen y, tal como te lanzan información, la transformas en preguntas. Si no me hubiesen respondido de esa manera, no hubiese hecho esa pregunta. Es fundamental lo que ellos van diciendo. Ellos son los que realmente te reconducen.
Dramatizar	Usar recursos materiales y expresivos vocales, gestuales o corporales, incluyendo variaciones en el tono de voz, preguntas retóricas, pausas, gestos o la representación fingida de situaciones (como duda, sorpresa o desconocimiento).	No es lo mismo si yo saco la hoja y "Mirad, tengo aquí esta hoja y vamos a rellenarla", a tenerla dentro de una caja y "Mirad, vamos a ver qué hay" [tono de secreto]. Así sacas la hoja y es el doble de maravillosa.
Cuestionar	~~Preguntas para consensuar: (…)~~	
	~~Preguntas para evaluar:~~	
	~~Preguntas para la acción:~~ Hacer preguntas que requieren de una respuesta activa en las vertientes comunicativa, cognitiva y/o afectiva, abriendo posibilidades de acción e invitando a la puesta en marcha de destrezas científicas (probar, experimentar, modificar, explicar, justificar, comparar, formular hipótesis…).	Voy lanzando todo el rato preguntas. En lugar de darles la respuesta o contarles lo que pasará al mezclar uno con otro, les pregunto para que vayan pensando. Para que se cuestionen lo que va a pasar y puedan predecir.

Tabla 2. Sistema de categorías referido a los andamios materiales.

CATEGORÍA	DEFINICIÓN	EJEMPLO
Organización del espacio	Organización del mobiliario, delimitación de zonas, uso de alfombras, mesas o bandejas, circulación entre espacios, etc. que puede favorecer o dificultar el aprendizaje.	Poner las sillas en círculo también es una estrategia para que puedan aguantar mejor la sesión. Esa disposición permite ver a todos. Cuando están en el suelo, se va metiendo uno delante, uno detrás, y eso no les deja ver.

Organización de los materiales	Elección, disposición y secuenciación en la utilización de los materiales en la propuesta: agrupados, secuenciados, separados por tipo o nivel de dificultad, dispuestos de manera provocadora o neutra.	Los materiales estaban organizados por grupos: aceite, tres instrumentos; pintura, tres instrumentos; vinagre, tres instrumentos y, entre medio, tarros vacíos para que, si juntaban los líquidos, fueran al tarro vacío.
Organización del grupo	Agrupamientos en los que distribuir al alumnado: (trabajo individual, por parejas, pequeños grupos o grupo clase).	Podríamos hacer grupos de cinco alumnos todas las sesiones, pero no tenemos esa disponibilidad. Hubiera sido maravilloso.
Organización del tiempo	Gestión de los ritmos y duración de la propuesta. Incluye tanto el tiempo total dedicado a ella como la flexibilidad para alargarla, acortarla o retomarla en otro momento. ~~,el momento para introducir un nuevo reto o la espera activa para observar qué emerge.~~ También incluye la estructuración de la sesión en momentos de transición, inicio y cierre.	Pues [de poder modificar cosas] habría hecho sesiones más cortas o les habría dado más tiempo. No habría corrido, que ha habido sesiones que a lo mejor han sido como venga, venga, rápido, rápido. Darles más tiempo e incluir momentos de despedida, de cierre, de calma.

Los resultados evidencian que las entrevistas con las maestras de EI dieron lugar tanto a ajustes en las categorías ya existentes como a procesos más profundos de reformulación, reorganización e incorporación de nuevas categorías.

En concreto, sus aportaciones permitieron introducir matices relevantes. Por ejemplo, explicitar que la instrucción puede realizarse no solo de forma oral, sino también mediante el uso de materiales que estructuren los pasos a seguir en una actividad. Asimismo, se incorporaron nuevas ideas en categorías ya existentes, por ejemplo, entendiendo la retroalimentación no únicamente como dirigida al alumno a cuya acción se da una respuesta directa, sino al conjunto del grupo. Del mismo modo, se procedió a la reformulación y reorganización de algunas categorías. Por ejemplo, la espera activa del docente ante la emergencia de acciones del alumnado, inicialmente considerada como un aspecto de organización del tiempo dentro de los andamios materiales pasó a conceptualizarse como una nueva categoría de andamio dialógico, centrada en la "adaptación de la acción docente a la respuesta del alumnado". Otro caso significativo es la eliminación de la categoría "preguntar para consensuar", sustituida por dos nuevas: "fomentar la expresión de ideas" y "promover la toma de decisiones y el consenso". Esta reformulación permite recoger más matices y responde a la identificación, por parte de las maestras, de diversos recursos más allá de preguntas orientadas a consensuar. Finalmente, las aportaciones de las maestras también dieron lugar a la incorporación de nuevas categorías, como "dramatizar" o "recoger la información", que no habían sido incluidas en la fase inicial.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados en esta comunicación ponen en relieve el valor de incorporar la perspectiva docente en los procesos de desarrollo y validación de sistemas de categorías en la investigación educativa y, de manera más específica, en el análisis del andamiaje docente. Este proceso, permite establecer redes de colaboración bidireccional, donde se establecen conexiones entre maestras e investigadores comenzando a superar una de las barreras actualmente presentes en la investigación en la enseñanza de las ciencias en EI (Cantó et al., 2024).

Lejos de limitarse a validar el sistema inicial, las aportaciones de las maestras lo han transformado, adaptándolo al contexto específico del juego en la etapa de EI. Además, lo han hecho desde una mirada que trasciende la interacción verbal y el plano individual, incorporando elementos como el uso de materiales específicos o el alcance grupal de la mayoría de los andamios, que no solo se hacen evidentes en la actuación en tiempo real en el aula, sino también en su anticipación y diseño.

La necesidad de introducir matices, redefinir categorías o incorporar otras nuevas evidencian que el marco analítico identificado en la literatura debe adaptarse al contexto en el que se aplica. En este sentido, los hallazgos sugieren ciertas limitaciones de los sistemas de categorías existentes para captar la complejidad de las interacciones en contextos de juego, el cual, atendiendo a los resultados obtenidos, parece presentar características específicas, como un carácter más flexible y altamente dependiente de

la respuesta del alumnado, en el que la acción docente se adapta de manera continua a las dinámicas del aula.

No obstante, estos resultados deben interpretarse teniendo en cuenta las limitaciones del estudio, vinculadas a su carácter contextualizado. Futuras investigaciones podrían ampliar este trabajo, explorando la aplicabilidad del sistema propuesto en éste y en otros contextos educativos. En esta línea, el equipo investigador se propone profundizar en el proceso de desarrollo y validación del sistema mediante la colaboración con maestras con formación específica en la enseñanza de las ciencias, así como emplearlo en el análisis de la acción de diferentes maestras de EI en contextos de juego.

AGRADECIMIENTOS

A las maestras, niños y niñas del CEIP Fernández Vizarra con los que tanto aprendemos. Al proyecto PID2024-156735NA-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE y al proyecto PID2022-139472OA-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE. Al Grupo de referencia Beagle. Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (S27_23R, Gobierno de Aragón), perteneciente al IUCA. Al Contrato Predoctoral del Ministerio de Ciencia e innovación (FPU23/03298, Orden 28 de diciembre de 2023 resolución del 16 de diciembre de 2024) del que disfruta la primera autora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bargiela, I. M., Blanco Anaya, P., y Puig, B. (2022). Las preguntas para la indagación y activación de pensamiento crítico en educación infantil. *Enseñanza de las Ciencias, 40*(3), 11-28. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5470

Cantó, J., Solbes, J., de Pro Cherenegui, C., y de Pro Bueno, A. (2024). ¿Qué queremos ser de mayores? En J. Cantó y J. Solbes (Eds.), *La formación Inicial de Maestras y maestros de Educación Infantil en Ciencias Experimentales* (pp. 185-198). Tirant Humanidades.

Grossman, P. (2018). *Teaching core practices in teacher education*. Harvard Education Press.

Hsin, C. T., y Wu, H. K. (2011). Using scaffolding strategies to promote young children's scientific understandings of floating and sinking. J*ournal of Science Education and Technology*, *20*, 656-666. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9310-7

Monteira, S. F., Jiménez-Aleixandre, M. P., y Siry, C. (2022). Scaffolding Children's Production of Representations Along the Three Years of ECE: A Longitudinal Study. *Research in Science Education*, *52*(1), 127–158. https://doi.org/10.1007/s11165-020-09931-z

Puntambekar, S. (2022). Distributed Scaffolding: Scaffolding Students in Classroom Environments. *Educational Psychology Review, 34*(1), 451–472. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09636-3

Sikder, S. (2024). Studying Children's Small Science and Early Engineering Learning Process to Help Shape Their Cultural Identity in Culturally Valued Play-Based Experience. *Cultural Studies of Science Education, 19,* 231-255.

Siry, C., Cabe-Trundle, K. y Sackes, M. (2023). Science education during the early years. Research Themes and Future Directions. En N.G. Lederman, D.L. Zeidler y J.S. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education. Volume III* (pp.499-527). Routledge.

Sliogeris, M., y Almeida, S. C. (2019). Young children's development of scientific knowledge through the combination of teacher-guided play and child-guided play. *Research in Science Education, 49*(6), 1569-1593. https://doi.org/10.1007/s11165-017-9667-6

Studhalter, U. T., Leuchter, M., Tettenborn, A., Elmer, A., Edelsbrunner, P. A., y Saalbach, H. (2021). Early science learning: The effects of teacher talk. *Learning and Instruction, 71,* 101371. https://doi.org/9443/10.1016/j.learninstruc.2020.101371

van de Pol, J., Volman, M., y Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review, 22*(3), 271–296. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6

¿Qué intervenciones educativas basadas en el enfoque STEM se están ejecutando en Educación Primaria? Una revisión sistemática

Sonia Sánchez-Valero, Araceli García-Yeguas y David Aguilera

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada (España).

Correspondencia: soniasv@ugr.es

RESUMEN: A pesar de la creciente relevancia del enfoque STEM tanto a nivel internacional como en Ley educativa española, la falta de consenso sobre su definición y aplicación pone de manifiesto la necesidad de revisar críticamente las prácticas educativas desarrolladas bajo este enfoque. Con el propósito de caracterizar las intervenciones educativas basadas en STEM (incluida su variante STEAM) en Educación Primaria, se llevó a cabo una revisión sistemática conforme al protocolo PRISMA a partir de los artículos indexados en las bases de datos de Scopus y Web of Science publicados entre los años 2000 y 2025 en contextos formales de educación. Como resultado, se han obtenido 11 trabajos, en su mayoría publicados en 2025, siendo España y China los países donde prevalecen las investigaciones. En cuanto a su caracterización, las intervenciones analizadas muestran una notable heterogeneidad. En conjunto, estos hallazgos evidencian la necesidad de impulsar la investigación en Educación Primaria para consolidar buenas prácticas en la implementación del enfoque STEM y favorecer el desarrollo del enfoque STEAM.

PALABRAS CLAVE: educación STEM; educación STEAM; Educación Primaria; PRISMA.

ABSTRACT: Despite the growing relevance of the STEM approach both internationally and within Spanish educational legislation, the lack of consensus regarding its definition and implementation highlights the need to critically review the educational practices developed under this approach. With the aim of characterizing STEM-based educational interventions (including its STEAM variant) in Primary Education, a systematic review was conducted following the PRISMA protocol, based on articles indexed in the Scopus and Web of Science databases published between 2000 and 2025 in formal educational contexts. A total of 11 studies were identified, most of them published in 2025, with Spain and China being the countries where research is most prevalent. Regarding their characterization, the analyzed interventions show notable heterogeneity. Overall, these findings highlight the need to promote research in Primary Education in order to consolidate best practices in the implementation of the STEM approach and to foster the development of the STEAM approach.

KEYWORDS: STEM approach; STEAM approach; Primary Education; PRISMA.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el enfoque STEM (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas) ha adquirido una notable relevancia en las políticas educativas internacionales (Toma y García-Carmona, 2021), siendo impulsado por organismos como la UNESCO (UNESCO, s.f.) y la OCDE (OECD, 2015). En el ámbito de la legislación española en materia de educación, la competencia STEM se ha consolidado como una de las ocho competencias clave para la Educación Primaria (EP) establecidas por la normativa educativa vigente (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, 2020).

No obstante, a pesar de la expansión global del término, persiste una evidente falta de consenso respecto a su definición y aplicación metodológica, lo que genera ambigüedad a la hora de determinar si una intervención educativa puede categorizarse estrictamente como STEM (Perales-Palacios y Aguilera, 2020). A esta complejidad conceptual, se incorpora la variante STEAM, que añade el componente artístico o humanístico al acrónimo (Aguilera y Vílchez-González, 2024). En este sentido, resulta pertinente llevar a cabo una revisión de las prácticas educativas desarrolladas bajo estos enfoques.

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la producción científica sobre las intervenciones educativas basadas en el enfoque STEM (y su variante STEAM) en alumnado de EP, mediante una revisión sistemática PRISMA, a partir de los estudios indexados en Scopus y Web of Science (WoS). Para dar respuesta a este objetivo, se han planteado las siguientes preguntas de investigación: P1: ¿Cómo ha evolucionado la producción científica sobre intervenciones educativas autodeclaradas STEM en EP? P2: ¿En qué países se está interviniendo más? P3: ¿Qué variante (STEM vs. STEAM) del enfoque se emplea con más frecuencia? P4: ¿Cuáles son las metodologías didácticas predominantes?

MÉTODO

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura siguiendo las directrices de la Declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). La muestra se ha obtenido a partir trabajos publicado en las bases de datos Scopus y WoS entre los años 2000 y 2025. Ambas búsquedas se ejecutaron en diciembre de 2025, empleando las ecuaciones detalladas en la Tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda

BASE DE DATOS	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA
Scopus	TITLE-ABS-KEY (STEM OR STEAM OR "STEM education") AND TITLE-ABS-KEY ("educational intervention*" OR "educational experience*" OR "teaching strateg*" OR "didactic intervention*" OR "instructional approach*" OR "learning experience*") AND TITLE-ABS-KEY ("primary education" OR "primary school" OR "elementary education" OR "elementary school" OR "middle school")
Web of Science	TS = (STEM OR STEAM OR "STEM education") AND TS = ("educational intervention*" OR "educational experience*" OR "teaching strateg*" OR "didactic intervention*" OR "instructional approach*" OR "learning experience*") AND TS = ("primary education" OR "primary school" OR "elementary education" OR "elementary school" OR "middle school")

La búsqueda inicial en Scopus identificó un total de 290 documentos. Se cribaron a 127 documentos tras aplicar los siguientes filtros automáticos: año de publicación (2000-2025), idioma (inglés y español), tipo de documento (artículo) y categoría ("Social Sciences"). De manera similar, la búsqueda inicial en WoS identificó 213 documentos. Se cribaron hasta las 115 publicaciones tras aplicar los mismos filtros automáticos, adaptando las categorías ("Education Educational Research" y "Education Scientific Disciplines").

En conjunto se identificaron 503 documentos, que tras la criba automática quedaron 242 artículos, de los cuales 79 fueron eliminados por duplicidad. Tras este proceso, se obtuvieron un total de 163 estudios, que fueron evaluados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión establecidos (Tabla 2), considerando para ello el título, el resumen (abstract) y las palabras clave de cada trabajo. La Figura 1 describe el proceso de revisión completo.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión

CRITERIO DE INCLUSIÓN	CRITERIO DE EXCLUSIÓN
Tipo: artículo de investigación.	Se excluyen documentos de otro tipo -Trabajos de carácter teórico, descriptivo, correlacional, revisiones bibliográficas o metaanálisis o bien, no se trata de un artículo científico (razón 1).

Estudios que se centran en el alumnado que cursa Educación Primaria.	- Estudios desarrollados en Educación Infantil, Educación Secundaria o niveles de educación superior (universidad, formación docente inicial o formación profesional) (razón 2). -Trabajo desarrollados en el ámbito de la educación informal o no formal (razón 3). -Trabajos cuya población son los docentes (razón 4).
Intervención educativa que declaran seguir el enfoque educativo STEM o STEAM	-El acrónimo STEM no se asocia al enfoque educativo (razón 5). -Intervenciones que no se vinculan al enfoque STEM o STEAM (razón 6).
En el artículo se aportan datos de la intervención desarrollada.	En el artículo no se describe la intervención educativa o los datos aportados resultan insuficientes (razón 7).

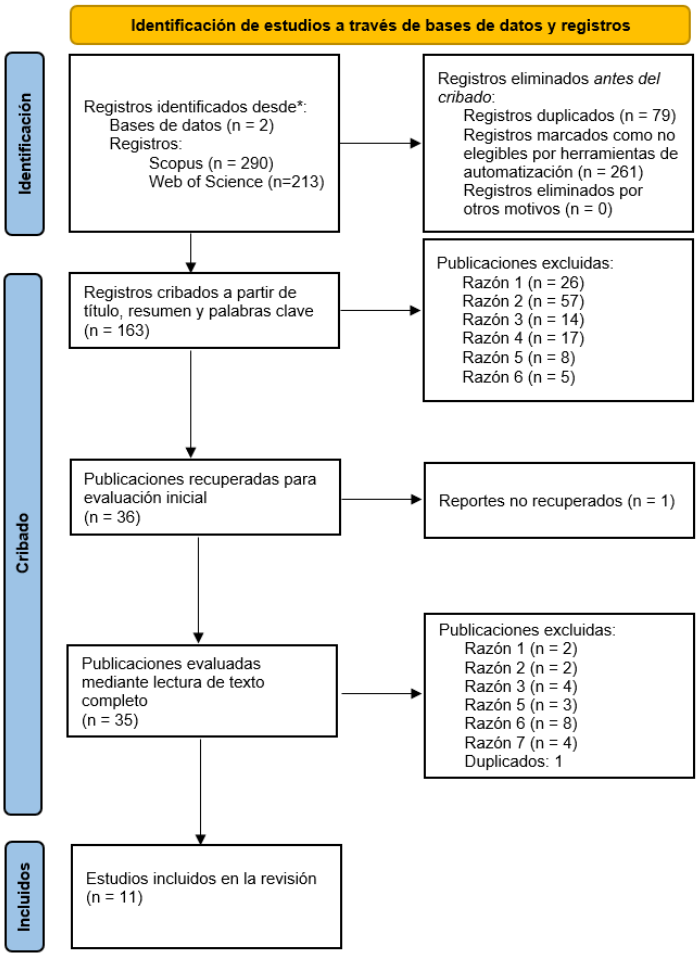


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

Los trabajos se codificaron de acuerdo a su año de publicación, el país donde se realizó la intervención educativa, la variante del enfoque aplicada (STEM o STEAM), las áreas integradas y la metodología didáctica mencionada en la intervención. La codificación se realizó por duplicado, con una coincidencia del 98%. Las discrepancias fueron resueltas mediante consenso hasta alcanzar un acuerdo común; posteriormente, se realizó el análisis descriptivo de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de intervenciones con estudios empíricos que prueban, de una forma u otra, la efectividad del enfoque STEM (o STEAM) en EP es limitado (n = 11), lo que puede explicarse por el carácter

emergente de este campo de investigación (Boz, 2023), así como por el limitado número de investigaciones en Didáctica de las Ciencias Experimentales en EP con respecto a etapas educativas superiores (Aguilera et al., 2021). De esta manera, el 64% de las investigaciones (n = 7) se han publicado en 2025. Durante el periodo 2000-2014 no se han identificado intervenciones educativas basadas en el enfoque STEM e implementadas en EP; mientras que entre 2015 y 2024 se evidencia una producción muy baja e intermitente. Sin embargo, se puede observar que el número de estudios se ha incrementado de manera notable en 2025, por lo que la mayoría de las investigaciones son recientes (Figura 2). Este hecho se puede explicar por la publicación del primer marco de referencia en 2016 para el enfoque STEM (Kelley y Knowless, 2016). Además, la ausencia de publicaciones entre los años 2021 y 2022 podría explicarse por la repercusión de la pandemia COVID sobre la producción científica (Moschella-Smith y Sharyn, 2024).

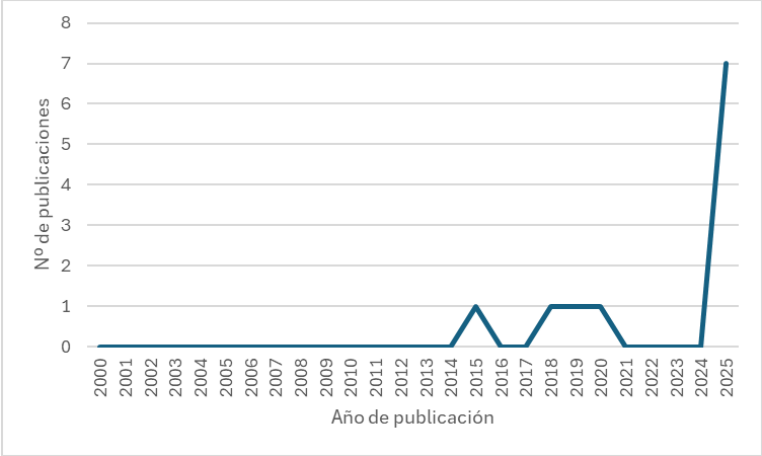


Figura 2. Frecuencia de publicaciones por año

La distribución geográfica de las intervenciones analizadas refleja la expansión global del enfoque STEM (Toma y García-Carmona, 2021). Las publicaciones se concentran principalmente en España (n = 4), al igual que ocurre en los estudios de Rodríguez-Silva y Alsina (2022) y de Yim et al. (2025). Por otro lado, 3 de los trabajos analizados se han desarrollado en China. Además, con prevalencia minoritaria (n = 1), encontramos Indonesia, Kazajistán, Estados Unidos y Australia (Figura 3).

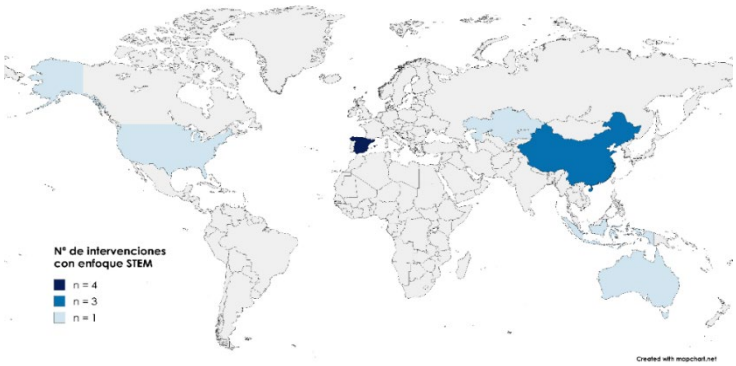


Figura 3. Frecuencia de publicaciones por país

En lo que respecta a la caracterización de las intervenciones educativas, tal y como se ve reflejado en el trabajo de Portillo-Blanco et al. (2024), presentan una notable heterogeneidad en su diseño y características. Así, 7 de los 11 artículos analizados emplean el enfoque STEM, frente a 3 que aplican el enfoque STEAM, mientras que uno de los estudios recurre a ambos enfoques. En línea con lo señalado por Yim et al. (2025), la educación STEAM ha recibido una menor atención investigadora en comparación con el enfoque STEM. Este patrón sugiere que la educación STEAM se encuentra aún en una fase incipiente de desarrollo en la literatura empírica.

En relación con las materias del acrónimo se integran en las intervenciones didácticas, únicamente 3 de los 11 estudios incluyen la totalidad de las áreas en sus intervenciones didáctica; en 5 artículos se abordan únicamente dos de las disciplinas del acrónimo; asimismo, en 3 de los 11 artículos abordan 3 disciplinas. Tal y como afirman Husin et al (2025), es frecuente que en las intervenciones no se asuma una integración completa de las materias, sino que las prácticas estén integradas hacia áreas específicas. La materia que resulta más frecuente en las intervenciones didácticas analizadas es ciencias (se trabaja en 8 de las 11 intervenciones), seguida de tecnología e ingeniería (7 de 11). Las matemáticas únicamente están presentes en 6 de las intervenciones analizadas, lo cual coincide con los resultados de la revisión bibliográfica realizada por Rodrigues-Silva y Alsina (2022), donde se observa que esta disciplina no se aborda en casi la mitad de los estudios analizados. Por último, la dimensión artística queda subrepresentada (únicamente 3 de 11 la presentan entre sus actividades), lo que puede explicarse por la escasez de investigaciones que adopten explícitamente un enfoque STEAM.

Asimismo, en 63,6% de los trabajos no se especifica la metodología didáctica trabajada (n=7). Entre los trabajos en los que se especifica la metodología empleada, destaca el uso del aprendizaje basado en la indagación (Inquiry-Based Learning, IBL), identificado en 2 de los estudios analizados. En los restantes estudios analizados, las estrategias pedagógicas implementadas correspondieron, respectivamente, a la co-docencia, el aula invertida y el aprendizaje basado en proyectos (ABP). No obstante, en la totalidad de los trabajos analizados, aunque no en todos se especifica, se plantean actividades de aprendizaje activo con la implementación del enfoque, resultado que coincide con lo señalado por Amanova et al. (2025).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados, se presentan a continuación las conclusiones del estudio:

- Se puede observar una tendencia creciente del número de producciones científicas sobre el enfoque STEM a nivel de EP, posiblemente vinculado al impulso de políticas educativas. Sin embargo, las producciones con estas características son muy limitadas con respecto a otras etapas educativas superiores.
- Los resultados reflejan la expansión global del enfoque STEM. España y China presentan una representación destacada entre los estudios analizados. En el caso de España, posiblemente se deba a la consideración de la Ley Educativa vigente de la competencia STEM como una de las competencias clave para la EP (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, 2020). No obstante, el reducido número de artículos incluidos impide establecer conclusiones firmes al respecto.
- El predominio del enfoque STEM frente al STEAM evidencia una mayor consolidación del primero en la literatura analizada. Asimismo, se observan indicios de que el enfoque STEAM se encuentra aún en una fase incipiente, al menos en términos de producción empírica.
- Las intervenciones analizadas se caracterizan por una marcada heterogeneidad metodológica, con una tendencia generalizada hacia la implementación de metodologías activas.

Los resultados ponen de manifiesto la necesidad de promover la investigación en EP con el fin de identificar y consolidar buenas prácticas en la implementación del enfoque STEM, así como de fomentar su adopción entre el profesorado. Asimismo, se evidencia la conveniencia de impulsar un mayor desarrollo de investigaciones en torno al enfoque STEAM que favorezcan su consolidación.

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación es parte del proyecto de I+D+i C-SEJ-055-UGR23 (STEMgame) cofinanciado por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación y por la Unión Europea con cargo al Programa FEDER Andalucía 2021-2027.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera Morales, D., Vílchez-González, J. M., Carrillo-Rosúa, F. J., & Perales-Palacios, F. J. (2021). Tendencias investigadoras en enseñanza de las ciencias en revistas españolas 2014-2018. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación Y Experiencias didácticas*, *39*(2), 45–62. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3180

Aguilera, D., & Vílchez-González, J. M. (2024). ¿De qué hablamos cuando hablamos de educación STEAM? Una revisión de experiencias educativas. Revista Fuentes, 26(2), 211–224. https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2024.15412

Amanova, A. K., Butabayeva, L. A., Abayeva, G. A., Umirbekova, A. N., Abildina, S. K., & Makhmetova, A. A. (2025). A systematic review of the implementation of STEAM education in schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 21*(1), em2568. https://doi.org/10.29333/ejmste/15894

Boz, T. (2023). Teacher Professional Development for STEM Integration in Elementary/Primary Schools: A Systematic Review. *International Electronic Journal of Elementary Education, 15*(5), 371-382. https://doi.org/10.26822/iejee.2023.306

Husin, S. H., Abd Halim, N. D., & Abdul, M. F. (2025). Teaching Activities for Integrated STEM in Elementary Education: A Systematic Review. http://dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v14-i4/26687

Kelley, T., y Knowles, G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International journal of STEM education, 3*(11), 1-11. https://doi.org/10.1186/s40594- 016-0046-z

Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes (2020). Competencia en matemáticas y en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM). Educagob. https://educagob.educacionfpydeportes.gob.es/curriculo/curriculo-lomloe/menu-curriculos-basicos/ed-primaria/competencias-clave/mat-ciencia-tec.html

Moschella-Smith, E. A., and Sharyn J. P. (2024). Impacts of COVID-19 on Research Productivity: Disruptions to the Pipeline for Early Career Researchers. Social Sciences 13: 595. https://doi.org/10.3390/socsci13110595

OECD. (2015). Future of Education and Skills 2030. OECD. https://www.oecd.org/education/2030-project/

Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*(160). https://doi.org/10.1136/bmj.n160

Perales-Palacios, F.J. y Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? Ápice. Revista de Educación Científica, 4(1), 1-15. DOI: https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826

Portillo-Blanco, A., Deprez, H., De Cock, M., Guisasola, J., & Zuza, K. (2024). A systematic literature review of integrated STEM education: Uncovering consensus and diversity in principles and characteristics. *Education Sciences, 14*(9), 1028. . https://doi.org/10.3390/educsci14091028

Rodrigues-Silva, J., & Alsina, Á. (2022). Las matemáticas desde el abordaje steam en la educación primaria: una revisión sistemática de la literatura. Mathematics embedded in STEAM approach in primary education: a systematic literature review. *Investigación en educación matemática 25*(509). SEIEM.

Toma, R. B., y García-Carmona, A. (2021). De STEM nos gusta todo menos STEM. Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, *39*(1), 65–80. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093

UNESCO. (s.f.). STEM education. https://www.unesco.org/en/stem

Yim, I. H. Y., Su, J., & Wegerif, R. (2025). STEAM in practice and research in primary schools: a systematic literature review. Research in Science & Technological Education, 43(4), 1065–1089. https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2440424

Conocimiento escolar en Ciencias en la Educación Primaria. Un estudio de caso

Erika Barrios Rodríguez

Candidata a Doctor. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá

*Correspondencia: erikayasminb@yahoo.es.

RESUMEN: La presente investigación tiene como propósito reconocer el conocimiento escolar presente en los niños y niñas de educación básica primaria, en el aula de ciencias naturales, a través de un estudio de caso particular en grado tercero de primaria, mediante la aplicación de un cuestionario, que logra identificar dos categorías relevantes del conocimiento escolar. Como lo son las finalidades y las fuentes y criterios de selección, convirtiéndose en un hallazgo importante que permite ajustar las categorías ajustadas a los niños y niñas, así como plantear en un futuro algunos lineamientos para la enseñanza de las ciencias en primaria.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento escolar; clase de ciencias, educación primaria.

ABSTRACT: The purpose of this research is to recognize the school knowledge present in children of basic primary education, in the natural sciences classroom, through a particular case study in the third grade of primary school, through the application of a questionnaire, which manages to identify two relevant categories of school knowledge. As are the purposes and the sources and selection criteria, becoming an important finding that allows adjusting the categories adjusted to the children, as well as proposing in the future some guidelines for the teaching of science in primary school.

KEYWORDS: School knowledge; Science Class, Elementary Education.

INTRODUCCION

La investigación busca reconocer las categorías del conocimiento escolar, presente en los niños de primaria, enmarcada en el desarrollo de la tesis doctoral que hace parte de la línea de investigación Conocimiento profesional del profesor y conocimiento escolar del doctorado en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Colombia. La exploración se realiza en un grupo de 21 estudiantes, 8 niñas y 13 niños de tercer grado de educación primaria con edades entre los siete y ocho años, en un colegio público de la ciudad de Bogotá, durante la clase de ciencias, mediante la aplicación de un cuestionario diseñado por la autora (docente investigadora) y validado por tres expertos doctores en educación, quienes pertenecen a la Universidad de Sevilla y al grupo de investigación en Didáctica de las Ciencias de la Universidad Distrital. Esta exploración del conocimiento escolar que elabora el niño, a partir de su expresión escrita, propicia la comprensión de los problemas educativos, originando la construcción de las categorías propias del conocimiento escolar de los estudiantes de primaria, lo que conlleva al reconocimiento del Conocimiento Escolar es los niños de primaria, iniciando con las categorías de finalidades y fuentes y criterios de selección.

MARCO TEORICO

El conocimiento escolar se entiende como un conocimiento epistemológicamente diferenciado que corresponde al ámbito de la escuela y que está estructurado en problemáticas reales en la cultura escolar, que se moldea y se reajusta (García, 2015), que se construye en la escuela, mediante las interacciones entre estudiantes, maestros, conocimientos, intereses, conceptos y saberes, de los estudiantes y los profesores, organizados de forma procesual (García 1994, citado por Martínez y Martínez, 2012) y comprendiendo la escuela como eje fundamental de la interacción entre los protagonistas del conocimiento escolar, como un espacio generador de transformación de las comunidades (Martínez y Martínez 2012) que acentúa una relación de los niños y las niñas con su entorno cercano, creando

disposición al aprendizaje, planteando preguntas, expresiones de sus pensamientos, reconociendo que los estudiantes poseen conocimientos, ideas y representaciones (Giordan, 1985).

Este conocimiento está integrado por 5 categorías, que reconocen el conocimiento profesional que poseen los profesores, pero que no en estudiantes de grado primaria. Estas categorías particulares son: los contenidos escolares, las fuentes y criterios de selección, los referentes epistemológicos, los criterios de validación (Martínez, 2000, 2005, citada por Martínez, 2016) y las finalidades (Cárdenas y Martínez, 2021).

Para la presente investigación se hará referencia a dos de las categorías del conocimiento escolar, la primera categoría son las fuentes y criterios de selección; que consiste en el lugar de enunciación donde el educador evoca los conocimientos a desarrollar dentro de su práctica docente. Estos lugares pueden ser los lineamientos oficiales, jurisprudencia nacional o internacional, resultados de investigación, textos escolares, discusión con pares académicos, las experiencias escolares de estudiantes y maestro (Martínez y Rivero, 2001), las actividades académicas o institucionales para la estructuración y formulación de los contenidos escolares (Martínez y Martínez 2012), las preguntas de los estudiantes y las situaciones que plantea el docente para dinamizar el aula (Martínez, 2017).

La segunda es la categoría de finalidades del conocimiento escolar, la cual se enfatiza en los propósitos o metas que se pretende desarrollar como lo son, la construcción de un ciudadano responsable, con valores y actitudes acordes al bienestar de su comunidad, el análisis de los beneficios y perjuicios frente a la toma de decisiones de forma individual y colectiva, el desarrollo del pensamiento científico, habilidades frente a los procesos de construcción de las ciencias, el manejo del pensamiento crítico y a los avances de la ciencia y la tecnología, la reflexión de actitudes frente a la relación laboral productiva y su incidencia en la naturaleza (Cárdenas y Martínez, 2021).

Como se observa, las categorías están estructuradas y relacionadas únicamente con la formación y el ejercicio docente. Por tanto, es importante reconocer los datos que se derivan de las respuestas escritas de los niños, escuchar lo que dicen y potencialmente mejorar la formación en ciencias, (Murphy & Beggs 2003) y establecer las categorías del conocimiento escolar que poseen los estudiantes, como un nuevo espacio de investigación que pueda aportar a la enseñanza de las ciencias en primaria, en cuanto a su estructura didáctica, apoyadas en sus categorías disciplinares, la resolución de problemas y la emocionalidad (Autor 1).

METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolla mediante un estudio de caso en niños y niñas de grado tercero de primaria que asisten los martes y viernes a clases de ciencias semanales, con una intensidad de dos horas para cada sesión en un colegio público de la ciudad de Bogotá. Es un estudio de caso que cuenta con un proceso de carácter no invasivo ni intervencionista, con el fin de obtener una serie de conclusiones a partir de las experiencias que resultan significativas, desde la observación no participante, que conduce a una mejor comprensión del caso intrínseco (Stake, 1999). Apoyada en el análisis del contenido, el cual consiste en reconocer el contenido del mensaje y decodificar las respuestas a las preguntas abiertas.

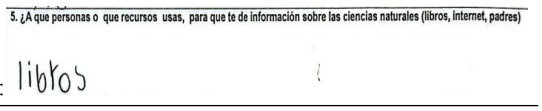
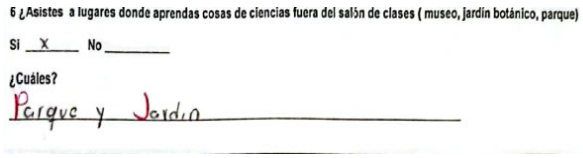
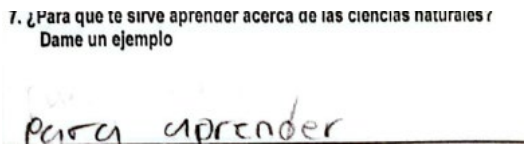
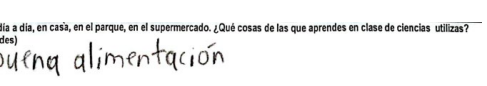
Los resultados obtenidos frente a la observación no participante en el estudio de caso, se realizó mediante un cuestionario llamado Conocimiento escolar en ciencias en estudiantes de primaria, el cual consta de 11 preguntas abiertas, que hacen referencia las cinco categorías del conocimiento escolar como los son: contenidos escolares, referentes epistemológicos, fuentes y criterios de selección, finalidades y fuentes y criterios de validación. Estas preguntas incluyen en su enunciación elementos de explicación o brindar la aclaración mediante la escritura de un ejemplo.

Estas preguntas hacen referencia a cada una de las categorías del conocimiento escolar que, para la presente investigación, se registraran los resultados de dos categorías, la categoría de fuentes y criterios de selección y la categoría de finalidades.

RESULTADOS

Los resultados que se brindan a continuación en la tabla 1 son las respuestas registradas por los estudiantes a cuatro de las preguntas del cuestionario aplicado a 21 estudiantes de grado tercero.

Tabla 1. Cuestionario. Conocimiento escolar en ciencias en estudiantes de primaria.

PREGUNTA	CATEGORÍA DEL CONOCIMIENTO ESCOLAR	RESULTADOS
¿A qué personas o recursos acudes para que te den información sobre las ciencias naturales (libros, internet, padres)	Fuentes y criterios de selección	Los recursos empleados por los estudiantes son los libros, padres, internet, lápiz, borrador, tajalápiz y los recursos naturales. 
¿Asistes a lugares donde hay cosas de ciencias fuera del salón de clases (museo, jardín botánico, parque, huerta, jardín, campo) Sí ____ No _____ ¿Cuáles?	Fuentes y criterios de selección	Los estudiantes en su mayoría asisten actividades relacionadas con las clases de ciencias como lo son la visita a museos, al jardín botánico de la ciudad y a los diferentes parques que se encuentran disponibles en los diferentes sectores de la ciudad. Ejemplo: 
¿Para qué piensas que te sirve saber acerca de las ciencias naturales? Dame un ejemplo	Finalidades	Las ciencias son útiles para saber acerca de la naturaleza, el ecosistema, las plantas, el agua, los hongos, los ecosistemas, el cuerpo humano, la basura, comprender como cuidar la naturaleza y para salir adelante. Ejemplo: 
En tu día a día, en casa, en el parque, en el supermercado, en la calle, en los medios de transporte, en el restaurante, en el centro comercial, en el ascensor ¿qué cosas de las que conoces en clase de ciencias utilizas?	Finalidades	Las cosas relacionadas con la clase de ciencias que usan frecuentemente son los medios de transporte, los elementos que se encuentran en el supermercado, los parques, las plantas, el agua y ellos mismos. Ejemplo: 

Estos resultados obtenidos muestran que existen conocimientos escolares en los niños desde algunos elementos específicos de cada categoría, acordes con la etapa de educación primaria en las ciencias para niños y niñas de grado tercero. Estos elementos, en cuanto a la categoría de fuentes y criterios de

selección como respuesta a la primera pregunta (figura 1), se establece como principal recurso los libros de texto, por ser elemento principal con el que se encuentra relacionada en el ámbito escolar; con el uso de libros en clase y la consulta de estos en la biblioteca escolar. Los niños en segundo lugar hacen referencia a los padres como modelo de identidad y conocimiento, y en tercer lugar el uso de internet como fuente de información rápida y concreta.

Figura 1. Pregunta 1

Esta variedad de fuentes y criterios de selección, permite al estudiante discernir entre las diferentes clases de información y plantear un criterio propio acerca de las respuestas a las necesidades que plantea la clase de ciencias. Así, los niños y niñas, realizan un proceso de acercamiento al pensamiento crítico en su comprensión del mundo, efectuando una discriminación entre la realidad y la fantasía, desarrollando la capacidad de clasificación de los objetos, la definición de espacios, el reconocimiento del tiempo y mejorando la capacidad de memoria y la estructuración de criterios lógicos de clasificación y comparación (Cañal, Gracia et al., 2016). Adicionalmente, el alumnado menciona implícitamente como fuentes y criterios de selección al nombrar los útiles escolares para plasmar su conocimiento, con lo cual pueden generar el interés, la exploración del mundo que lo rodea, la interacción con la realidad y la correlación de fenómenos (Segura, 2011).

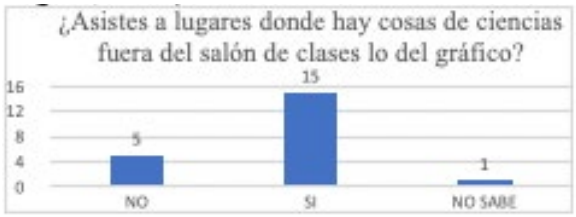


Figura 2. Pregunta 2

En la segunda pregunta (figura 2), las respuestas afirmativas de 15 de los estudiante, indican como fuentes y criterios de selección lugares específicos fuera del aula de clases, como el jardín botánico, por ser un escenario con diversidad de actividades referentes a la ciencias, así como los diversos espacios que evocan los diferentes pisos términos del país, los museos y el parque, propiciando repensar la enseñanza de las ciencias, donde se permitan espacios distintos para contextualizar el conocimiento, tener presentes las múltiples posibilidades por parte de los estudiantes que desde sus vivencias, creencias y particularidades, enriquecen el entorno del aprendizaje (Silveira y Munford, 2020), fomentando la enseñanza de las ciencias contextualizada y fortaleciendo el sentido de pertenencia de los estudiantes a la comunidad (Silva y Freixo, 2020).

En cuanto a la categoría de finalidades, con las respuestas la tercera pregunta (figura 3), se puede apreciar que los niños identifican que, el propósito de las ciencias naturales en primer lugar, es diverso, entre ellos se encuentra aprender sobre recursos, ecosistemas, para trabajar, aprender más, entender cosas del mundo, es saber sobre ciencias y para ser profesional. En segundo lugar, aprender sobre plantas y en tercer ligar sobre la naturaleza. el conocimiento en sí mismo, sobre conceptos y procesos útiles para el mantenimiento de la naturaleza, en consecuencia, esta finalidad está enmarcada en la solución de situaciones que afectan la naturaleza, es decir, la finalidad de soluciones de problemas en su contexto, enunciada por Cárdenas (2021).

Para la cuarta pregunta (figura 4), las respuestas de los niños apuntan al uso de medios de transporte y

del supermercado para solventar necesidades particulares, como, por ejemplo, una dieta saludable, en segundo aprender sobre plantas y el tercer lugar acerca de la naturaleza. Generando en la enseñanza de la ciencia, la potencialidad mediante estos elementos de la categoría de finalidades, la formación de ciudadanos críticos, argumentativos, enriqueciendo las explicaciones de los procesos y fenómenos naturales, la formación en valores, los procesos de comunicación, la relación con los otros (Martínez, 2017), al identificar los objetivos fundamentales de la enseñanza de las ciencia; logrando que los estudiantes paulatinamente construyan su autonomía, que les permita tomar decisiones propias (Pujol, 2003), transformándose en una herramienta para que el estudiante forme su propio criterio, tome decisiones y pueda consolidar sus funciones, como ciudadano dentro de la sociedad de la cual hace parte (Milar**é** y Alves, 2010).

Figura 3. Pregunta 3

Por tanto, la importancia de la enseñanza de las ciencias se centra en ayudar formar a los futuros ciudadanos afrontar las diversas situaciones de la vida cotidiana desde el aprendizaje de conceptos científicos y sus metodologías que les permita reconocer sus acciones, las consecuencias de estas como ser, que conforma un contexto y hace parte de la naturaleza,((Brasil, 1996 citado por Milaré, y Alves 2010; Malafaia, Rodríguez, 2008 citado por Kondrat y Maciel, 2013), que construya conocimiento escolar, comprendido como un conocimiento peculiar de la escuela, formado desde la cultura escolar y que se complejiza con las interacciones diarias con la comunidad, con una perspectiva social crítica, solucionando problemas socioambientales como objeto relevante de la enseñanza (García, 2015) un conocimiento escolar organizado, procesual, jerarquizado, que se reconstruye con la interacción entre diversos sistemas de ideas (García, 1998).

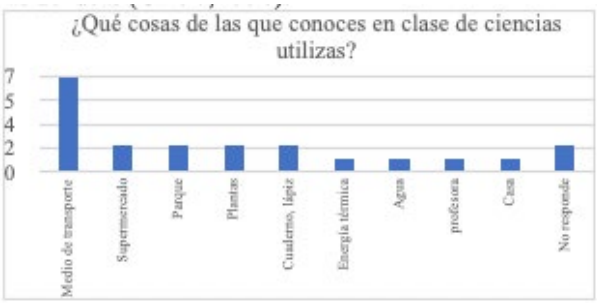


Figura 4. Pregunta 4

CONCLUSIONES

La comprensión de la enseñanza de las ciencias en el nivel de formación en primaria es un campo relevante de investigación, debido al interés de reconocer el conocimiento escolar en los niñas y niños, mediante las respuestas escritas de un cuestionario con preguntas abiertas, que le brinda la posibilidad de expresar el conocimiento del mundo, interaccionan con los otros niños en el marco de su formación escolar**,** el cual se realiza mediante las categorías del conocimiento escolar.

Es un ámbito importante en la niñez porque posibilita valorar el entorno cultural, ambiental, que propicie prácticas sustentables en el tiempo, (Morena, et al., 2016), es un enérgico instrumento de formación intelectual, moral y política, representa la esperanza de una educación primaria completa, digna y válida, con espíritu científico, crítico, pensando con prudencia con una comunicación verdadera que fomenta la investigación rigurosa (Kahn, 2014); en la formación en básica primaria se tiene el propósito de acercar el conocimiento de los fenómenos de la naturaleza a los niños, para que así produzcan sus propios pensamientos, ideas y tomen desde allí sus decisiones frente a situaciones cotidianas. En esta investigación particular se identifican dos categorías del conocimiento escolar, las fuentes y criterios de selección y las finalidades, las cuales requieren ajustes para ser acordes al conocimiento escolar en ciencias que poseen los estudiantes de primaria, con lo cual surge la siguiente propuesta.

Fuentes y criterios de selección: Hace referencia a las fuentes que utiliza el alumnado de primaria de ciencias para seleccionar los contenidos que den solución a un problema en particular y los contenidos aprende, tales como experiencias personales, materiales escritos (textos escolares), saberes de personas, redes de información, familiares que representan conocimiento y dialogo con el alumnado, así como lugares específicos de la ciudad donde reside.

Finalidades: Son las relaciones que desarrollan los estudiantes con las ciencias y su aplicación en la vida diaria, el cubrimiento de las necesidades básicas, así como la convivencia en armonía con la naturaleza, respetando su equilibrio y la toma de decisiones frente a las acciones que afecten el bienestar propio y del entono.

Partiendo de lo anterior, se conoce cómo el niño, mediante su interacción en el aula y desde sus expresiones verbales, se logra observar su conocimiento frente a las ciencias, lo cual permite comprender la riqueza y diversidad que emerge en el aula, identificando los fundamentos científicos e ideológicos, principios didácticos, fines educativos y la práctica escolar (Cañal y Porlán, 1987), que conllevará en el futuro a establecer con claridad los propósitos, metas, ideas conceptos y habilidades a alcanzar en cada nivel, frente a la formación en ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autor 1. Enseñanza de las ciencias en primaria. Una aproximación a una revisión documental. Revista Electrónica EDUCyT, V. 14, (Extra), pp.923-932

Cárdenas, A. M., & Martínez, C. A. (2021). Las finalidades del conocimiento escolar en ciencias en las orientaciones curriculares del Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Praxis & Saber, 12(30),

Cañal, P. Porlán, R. 1987. Investigando la Realidad Próxima: Un modelo didáctico alternativo. Enseñanza de las Ciencias. 5 (2), 89-96

García E. (2015) El conocimiento escolar en el centro del debate didáctico. Reflexiones desde la perspectiva docente. Con-Ciencia Social, 19, 49-62

García, E. (1994) El conocimiento escolar como proceso evolutivo: aplicación al conocimiento de nociones ecológicas. Investigación en la escuela N° 23 (65-76)

Giordan, A. (1985). La enseñanza de las ciencias. Siglo veintiuno editores. Segunda Edición. Madrid

Kahn, P. (2014). Lições de coisas e ensino das ciências na França no fim do século 19: contribuição a uma história da cultura. História Da Educação, 18(43), 183–201.

Martínez, C. A. (2016). El Conocimiento Profesional del Profesor en Ciencias de Primaria sobre el Conocimiento Escolar. Bogotá D. C: Universidad Distrital Francisco José de Caldas DIE

Martínez, C. Valbuena, E. Molina, A. (2013) El conocimiento profesional que los profesores de ciencias de primaria tienen sobre el conocimiento escolar, en el Distrito Capital: un problema de investigación. Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias Sobre el Conocimiento Escolar. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, 13-34

Milaré, Tathiane, & Alves Filho, José de Pinho. (2010). Do ensino disciplinar à formação interdisciplinar da cidadania no Ensino de Ciências. Educación química, 21(1), 53-59.

Morena, W., Geli Figueroa, A., y Martínez Rodríguez, A. (2016). Currículo en los aprendizajes de los niños de la escuela rural: Garantía al Derecho a la Educación. Via Inveniendi Et Iudicandi, 11(2), 181–194.

Murphy, C., & Beggs, J. (2003). Children's perceptions of school science. *The School Science Review*, *84*(308), 109–116.

Pujol, R (2003). Didáctica de las Ciencias en Educación Primaria. Editorial Síntesis S.A. Madrid

Silva, I. T. D., & Freixo, A. A. (2020). Ensino De Botânica E Classificação Biológica Em Uma Escola Família Agrícola: Diálogo De Saberes No Campo. Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (belo Horizonte), 22.

Silveira, L. G. F., & Munford, D. (2020). Aprendizagem de ciências: uma análise de interações discursivas e diferentes dimensões espaço-temporais no cotidiano da sala de aula. Revista Brasileira De Educação, 25

Stake, R. E. (1999). Investigación con estudio de Casos. Segunda Edición. Editorial Morata. Madrid

ADN extremeño, la diversidad bajo lupa en el marco de la escuela inclusiva

Yolanda Escudero Bernal[1], *Elena González Soto*[1] *y José María Marcos-Merino*[2]

[1]CEIP General Navarro y Alonso de Celada, Valencia de Alcántara (Extremadura, España)

[2] Departamento de didáctica de las ciencias experimentales y las matemáticas, Universidad de Extremadura (España)

* Correspondencia: jmmarcos@unex.es

RESUMEN: Este trabajo presenta una experiencia de innovación educativa en el marco del proyecto "*Mismas raíces, horizontes compartidos"*, orientado a promover la inclusión mediante la participación conjunta de alumnado de Educación Primaria, Educación Secundaria y Aula Abierta. La propuesta se concreta en el taller "*ADN extremeño: la diversidad bajo lupa*", basado en actividades experimentales como la observación de distintos tipos de plantas y la extracción de ADN con material cotidiano, con el objetivo de abordar la diversidad desde una perspectiva positiva a través de la enseñanza de las ciencias. La evaluación, realizada con 16 estudiantes de 6º de Educación Primaria mediante dianas de evaluación, muestra una valoración positiva en interés y aprendizaje, aunque con limitaciones en la participación durante la actividad. Los resultados evidencian el potencial de las actividades científicas como herramienta para favorecer la inclusión del alumnado con discapacidad. Como implicación, se destaca la necesidad de contar con más tiempo y recursos materiales para garantizar una participación equitativa en este tipo de propuestas.

PALABRAS CLAVE: educación inclusiva; atención a la diversidad; aula abierta; didáctica de las ciencias.

ABSTRACT: This paper presents an educational innovation experience: the project "*Shared Roots, Shared Horizons*", aimed at promoting inclusion through the joint participation of Primary Education, Secondary Education, and Open Classroom students. The proposal is developed through the workshop "*Extremaduran DNA: Diversity Under the Microscope*", based on experimental activities such as the observation of different types of plants and DNA extraction using everyday materials, with the aim of addressing diversity from a positive perspective through science education. The evaluation, carried out with 16 sixth-grade Primary Education students using evaluation targets, shows positive results in terms of interest and learning, although with some limitations in student participation during the activity. The findings highlight the potential of scientific activities as a tool to promote the inclusion of students with disabilities. As an implication, the need for more time and material resources is emphasized to ensure equitable participation in this type of proposal.

KEYWORDS: inclusive education; attention to diversity; open classroom; science education didactics.

INTRODUCCIÓN

La educación inclusiva constituye hoy un principio fundamental para garantizar el derecho a una educación de calidad para todo el alumnado, situándose como un eje vertebrador de los sistemas educativos contemporáneos desde una perspectiva ética, social y pedagógica. Lejos de limitarse a la integración de determinados colectivos, la inclusión implica un proceso de transformación profunda de las culturas, políticas y prácticas educativas con el fin de eliminar todas las barreras que dificultan el aprendizaje (Echeita, 2020). En el contexto español, este enfoque se ve reforzado por el desarrollo curricular derivado de la LOMLOE, que sitúa la equidad, la atención a la diversidad y el desarrollo competencial como principios clave, promoviendo entornos de aprendizaje accesibles y flexibles. En este marco, propuestas como el Diseño Universal para el Aprendizaje (Alba-Pastor, 2022) subrayan la necesidad de diversificar las formas de representación, acción y expresión para dar respuesta a la heterogeneidad del alumnado.

En el ámbito específico de la didáctica de las ciencias experimentales, la educación inclusiva adquiere una relevancia particular, dado que el aprendizaje científico no solo implica la adquisición de conceptos, sino también la participación en prácticas discursivas, argumentativas e investigativas que pueden generar exclusión si no se abordan de manera adecuada. Investigaciones clásicas han evidenciado cómo el lenguaje científico, las representaciones simbólicas o las dinámicas de aula pueden constituir barreras para parte del alumnado (Wellington y Osborne, 2001). Desde enfoques socioculturales, se destaca la importancia de promover contextos de aprendizaje en los que todo el alumnado pueda construir significados compartidos (Mortimer y Scott, 2003). En esta línea, trabajos desarrollados en el contexto español han aportado criterios sólidos para diseñar prácticas científicas escolares más inclusivas y contextualizadas, poniendo el énfasis en la necesidad de repensar qué ciencia se enseña y cómo se enseña. Así, propuestas como las de Izquierdo *et al.* (1999) subrayan la importancia de concebir las actividades experimentales no como meras reproducciones de protocolos cerrados, sino como oportunidades para que todo el alumnado participe en la construcción de explicaciones, adaptando los niveles de apertura, los apoyos y los lenguajes utilizados. Por su parte, Sanmartí (2002) destaca la relevancia de usar múltiples formas de representación (gráfica, oral, manipulativa, escrita) y de conectar los contenidos científicos con contextos significativos para el alumnado. En conjunto, estos enfoques insisten en que una enseñanza de las ciencias inclusiva debe ofrecer diversas vías de acceso al conocimiento, fomentar la interacción y el diálogo en el aula, y reconocer la diversidad de formas de aprender y expresar ideas científicas, contribuyendo así a que todo el alumnado pueda implicarse activamente en la actividad científica escolar.

No obstante, una limitación recurrente en la práctica educativa es la dificultad para incluir de manera efectiva al alumnado con discapacidad en el desarrollo de actividades científicas en las aulas. En este contexto, surge el proyecto que se presenta en esta contribución: proyecto "*Mismas raíces, horizontes compartidos"*. Se trata de un proyecto de innovación educativa desarrollado mediante la colaboración entre el CEIP General Navarro y Alonso de Celada y el IES Loustau Valverde, situados ambos en la localidad Valencia de Alcántara (provincia de Cáceres, Extremadura). La iniciativa pretende promover experiencias educativas inclusivas mediante la realización de actividades compartidas entre el alumnado de 6.º de Educación Primaria, 1.º de Educación Secundaria Obligatoria y el alumnado del Aula Abierta (Educación Básica Obligatoria). Dentro de dicho proyecto, se implementó una actividad de divulgación científica para trabajar la diversidad biológica dentro de la semana de Extremadura. Los objetivos de esta comunicación son describir el taller de ciencias implementado en el contexto de la semana de Extremadura del citado proyecto de innovación docente, analizar los resultados de su implementación con alumnos de 6º de Educación Primaria y dar a conocer las aulas abiertas como recurso para la atención a la diversidad.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO "*MISMAS RAÍCES, HORIZONTES COMPARTIDOS*" Y DEL TALLER "*ADN EXTREMEÑO, LA DIVERSIDAD BAJO LUPA*"

El Proyecto "*Mismas raíces, horizontes compartidos"*

Este proyecto de innovación educativa tiene como finalidad promover prácticas educativas inclusivas a través de la colaboración entre distintos centros educativos y la participación activa del alumnado, poniendo especial énfasis en la inclusión del alumnado del Aula Abierta mediante su implicación en actividades compartidas con estudiantes de educación ordinaria. Las aulas abiertas son un recurso del sistema educativo extremeño localizado dentro de centros ordinarios (Orden 6 de julio de 2012). Están destinadas a atender al alumnado con necesidades educativas especiales mediante apoyos intensivos, sin perder la vinculación con el centro ordinario. Su objetivo es favorecer una inclusión progresiva y significativa, combinando momentos de trabajo individualizado con la participación en el grupo de referencia. A ella asisten principalmente estudiantes con pluridiscapacidad y necesidades educativas especiales graves y permanentes que no pueden verse atendidas en el marco de la educación ordinaria. Como señalan Ainscow y Echeita (2011), estos recursos solo tienen sentido desde un enfoque inclusivo si contribuyen a aumentar la participación del alumnado y reducir su exclusión.

Metodológicamente, el proyecto se fundamenta en un enfoque basado en el aprendizaje activo y

cooperativo, y siguiendo los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje. Esto permite adaptar materiales, estrategias y formas de participación a la diversidad del alumnado. Las actividades se organizan en forma de talleres en los que participan conjuntamente estudiantes de Educación Primaria, Educación Secundaria y del Aula Abierta, estructurados en pequeños grupos heterogéneos que favorecen la cooperación, el apoyo entre iguales y el desarrollo de habilidades sociales. Además, el proyecto incorpora herramientas de comunicación educativa como RadioEdu, que permiten difundir las experiencias desarrolladas y dar visibilidad al trabajo realizado, reforzando así el sentido de comunidad y participación.

La diversidad en la Semana de Extremadura: taller "*ADN extremeño, la diversidad bajo lupa*"

En el contexto de este proyecto, durante la Semana de Extremadura organizada por el CEIP General Navarro y Alonso de Celada, se puso en marcha un conjunto de actividades destinadas a divulgar la diversidad como un valor positivo, contrarrestando la tendencia social a utilizar este término de manera estigmatizante. En este contexto, el alumnado de Educación Primaria participó en una serie de talleres temáticos que exploraban la diversidad desde múltiples perspectivas: el arte, el deporte, la alimentación, el folclore, los juegos populares... mostrando cómo la pluralidad de formas de expresión y costumbres enriquece la vida cotidiana. Otra actividad realizada fue un taller de diversidad biológica titulado "*ADN extremeño, la diversidad bajo lupa*", en el que los estudiantes realizaron una aproximación práctica al mundo natural (figura 1). Durante la actividad, los alumnos recogieron muestras de plantas del patio centro (musgos, helechos, varias gimnospermas y varias angiospermas), discutieron sus características y clasificaron las especies observadas, utilizando lupas binoculares para examinar detalles que normalmente pasarían desapercibidos. Se enfatizó cómo la diversidad de características de las especies analizadas permite su adaptación a distintos entornos, abordando los conceptos de adaptación biológica y riqueza de las comunidades. De este modo se conectó la actividad científica con el objetivo del proyecto del centro: destacar la diversidad de características biológicas como un aspecto positivo, ya que es precisamente esta diversidad la que permite la vida y su adaptación a distintos entornos.

Además, se incorporó una actividad de extracción de ADN con material cotidiano, que permitió explicar de manera sencilla y visual cómo el ADN constituye la base de la diversidad entre los seres vivos. Estas experiencias combinan la observación directa, la manipulación de materiales y la discusión guiada, favoreciendo la comprensión de conceptos científicos fundamentales a la vez que promueven valores de

Figura 1. Alumnado de 6º de Educación Primaria participante en el taller de ciencias

respeto y aprecio por la diversidad, integrando el aprendizaje científico con la educación ética y social. El taller se implementó con la colaboración de un docente de la facultad Educación y Psicología de la Universidad Extremadura, que trajo varias lupas binoculares para enriquecer el carácter manipulativo de la actividad.

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TALLER

Para valorar el taller de ciencias se contó con los alumnos implicados en la actividad, que forman una muestra de 16 participantes. Como instrumento de evaluación se utilizó una diana de evaluación, una herramienta visual y rápida que permite recoger de forma sencilla la percepción del alumnado sobre distintos aspectos de la actividad, facilitando tanto la autoevaluación como la reflexión conjunta en el aula. Este tipo de instrumento ha sido ampliamente utilizado en el ámbito educativo por su carácter ágil, motivador y accesible para el alumnado, permitiendo obtener información relevante en poco tiempo y favoreciendo la participación de los alumnos (Sanmartí, 2007). En la diana implementada se incluyeron ítems relacionados con el interés por la actividad, el aprendizaje de nuevos contenidos, la disposición a repetir la experiencia y el grado de participación durante la misma (figura 2).

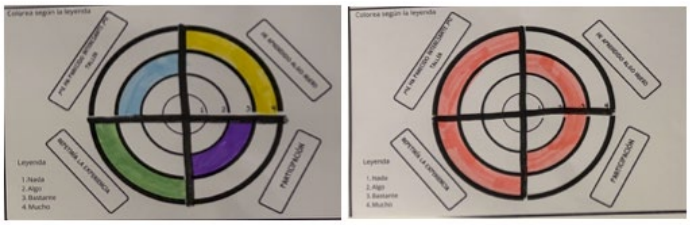
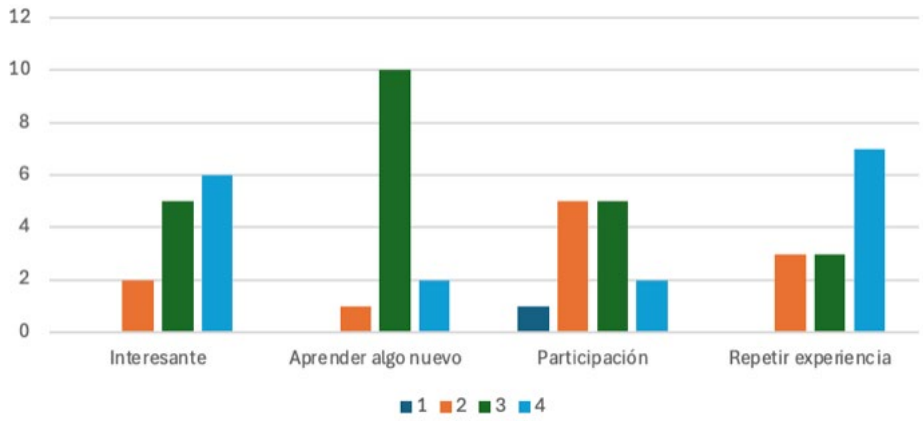


Figura 2. Ejemplos de dianas de evaluación completadas por los participantes.

Los resultados obtenidos con las dianas de evaluación (figura 3) indican una valoración global positiva por parte de los participantes. Estos indican mayoritariamente haber aprendido algo nuevo (media de 3.33 puntos), habiéndoles resultado la actividad interesante (media de 3.30 puntos) y manifestando estar dispuestos a repetirla en el futuro (media de 3.31 puntos). Por el contrario, el grado de participación percibido es el elemento más débil (media de 2.62 puntos). Los diálogos mantenidos con los estudiantes permiten interpretar este resultado, ya que señalan que la falta de un mayor número de lupas binoculares y el tiempo limitado —debido a la coexistencia con otras actividades de la Semana de Extremadura— condicionaron su implicación activa en el taller. No obstante, cabe destacar que el alumnado valora muy positivamente la inclusión de sus compañeros del Aula Abierta, considerándola enriquecedora tanto en esta como en otras actividades del proyecto, lo que refuerza el valor educativo de las propuestas inclusivas desarrolladas.

Figura 3. Evaluación de la actividad de los participantes



CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la experiencia desarrollada en el marco del proyecto "*Mismas raíces, horizontes compartidos*" constituye una propuesta relevante para avanzar hacia una enseñanza de las ciencias más inclusiva y significativa. El taller "*ADN extremeño: la diversidad bajo lupa*" ha evidenciado el potencial de las actividades experimentales y manipulativas para favorecer el aprendizaje científico y promover actitudes positivas hacia la diversidad, integrando contenidos científicos con valores propios de la escuela inclusiva. Asimismo, la experiencia pone de manifiesto que las actividades de ciencias pueden actuar como vehículos privilegiados para la inclusión educativa del alumnado con discapacidad, al generar contextos de aprendizaje compartidos en los que todos los estudiantes pueden participar desde sus posibilidades, interactuar y construir conocimiento de manera conjunta. En este sentido, la participación del alumnado del Aula Abierta ha sido valorada muy positivamente, evidenciando que este tipo de propuestas contribuyen a reducir barreras sociales y a fomentar una cultura escolar más inclusiva.

No obstante, también se identifican implicaciones relevantes para la mejora de futuras implementaciones. En particular, la necesidad de contar con mayor disponibilidad de tiempo y recursos materiales —como un número suficiente de lupas binoculares— se revela como un aspecto clave para garantizar una participación más activa y equitativa del alumnado. Este resultado concuerda con el de diversos estudios previos que han señalado que la falta de tiempo y de recursos materiales constituye una de las principales barreras para el desarrollo de actividades prácticas en la enseñanza de las ciencias, limitando la implementación de metodologías activas y la participación del alumnado (Fitzgerald *et al*., 2019; Del Mario y Tran, 2024; Furtak *et al*., 2012; Lumpe *et al*., 2000). La planificación de actividades prácticas inclusivas requiere, por tanto, no solo de un diseño didáctico adecuado, sino también de condiciones organizativas que permitan su desarrollo pleno. En definitiva, este trabajo refuerza la idea de que avanzar hacia una educación científica inclusiva implica integrar propuestas como la presentada en el funcionamiento habitual de los centros, dotándolas de los recursos necesarios y reconociendo su valor como espacios de aprendizaje compartido y de construcción de una ciudadanía más justa e inclusiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ainscow, M., y Echeita, G. (2011). La educación inclusiva como derecho: Marco de referencia y pautas de acción para el desarrollo de una revolución pendiente. *Tejuelo. Didáctica de la Lengua y la Literatura*, 12, 26–46.

Alba Pastor, C. (2022). *Diseño Universal para el Aprendizaje: Un modelo teórico-práctico para una educación inclusiva de calidad*. Ediciones Morata.

Del Mario, J. J., y Tran, H. (2024). A literature review: Analyzing barriers hindering the implementation of self-regulated learning in science classrooms. *Frontiers in Education*, 9.

Echeita, G. (2020). *Educación inclusiva: El sueño de una noche de verano*. Octaedro.

Fitzgerald, M., Danaia, L., y McKinnon, D. H. (2019). Barriers inhibiting inquiry-based science teaching and potential solutions: Perceptions of positively inclined early adopters. *Research in Science Education*, 49(2), 543–566

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., y Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research,* 82(3), 300–329.

Izquierdo, M., Sanmartí, N., y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45–59.

Lumpe, A. T., Haney, J. J., y Czerniak, C. M. (2000). Assessing teachers' beliefs about their science teaching context. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(3), 275–292.

Mortimer, E., y Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Open University Press.

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis.

Sanmartí, N. (2007). *Evaluar para aprender.* Graó

Wellington, J., y Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Open University Press.

Ciencia accesible para todas y todos: diseño de materiales para la educación científica y la gestión del riesgo

Carolina Villalba Castaño; Adriana Carolina Herrera-López; Maria Alejandra Parra Góez

Área Metropolitana del Valle de Aburrá-Sistema de Alerta temprana del Valle de Aburrá

RESUMEN: La participación de personas con discapacidad y neurodiversidad en procesos de educación científica y gestión del riesgo de desastres continúa siendo limitada debido a barreras comunicativas, metodológicas y educativas. Este trabajo presenta la experiencia de diseño e implementación de materiales educativos accesibles desarrollados en el marco de la estrategia Ciencia para Todas y Todos: una apuesta desde la accesibilidad, una iniciativa del Área Metropolitana del Valle de Aburrá a través del proyecto Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá - SIATA (Colombia). Metodológicamente, se realizó una sistematización analítica con enfoque cualitativo tipo estudio de caso, basada en registros del proceso de implementación, observaciones de las actividades educativas y validación con personas con discapacidad y profesionales especializados. Entre los resultados se destacan el desarrollo de materiales táctiles, recursos en braille, adaptaciones a instrumentos meteorológicos y materiales audiovisuales con Lengua de Señas Colombiana. Los resultados evidencian que estos recursos favorecen la comprensión de fenómenos ambientales y amplían las posibilidades de participación en procesos de educación científica relacionados con la gestión del riesgo de desastres.

PALABRAS CLAVE: accesibilidad, ajustes razonables, ciencia, gestión del riesgo, educación.

ABSTRACT: The participation of people with disabilities and neurodiversity in scientific education and disaster risk management processes remains limited due to communication, methodological, and educational barriers. This paper presents the experience of designing and implementing accessible educational materials developed within the framework of the Science for All strategy: a commitment to accessibility in the Aburrá Valley Metropolitan Area through the Early Warning Systems Aburrá Valley project (Colombia). Methodologically, an analytical systematization was carried out using a qualitative case study approach, based on records of the implementation process, observations of educational activities, and validation with people with disabilities and specialized professionals. Among the results, the development of tactile materials, Braille resources, adaptations to meteorological instruments, and audiovisual materials with highlight Colombian sign language. The results show that these resources promote understanding of environmental phenomena and expand opportunities for participation in science education processes related to disaster risk management.

KEYWORDS: accessibility, reasonables accommodations, science, risk management, education

CONTEXTO CONCEPTUAL

La participación de personas con discapacidad y neurodiversidad en los procesos científicos y de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) sigue siendo una deuda pendiente en muchos contextos. A pesar de los avances normativos e institucionales orientados a promover la accesibilidad, en la práctica persisten barreras que limitan la participación efectiva de esta población en procesos de prevención, preparación y respuesta ante emergencias.

En este contexto, la reducción del riesgo de desastres (RRD) enfrenta el desafío de garantizar condiciones reales de accesibilidad. Las personas con discapacidad representan aproximadamente el 15 % de la población mundial, siendo un grupo históricamente desatendido en la respuesta humanitaria (Bennett, 2020, p. 161). Las construcciones sociales de la discapacidad han contribuido a que estas personas experimenten impactos diferenciales frente a la población general (Bennett, 2020), lo que evidencia que la vulnerabilidad no se explica únicamente por condiciones individuales, sino también por barreras

estructurales, institucionales y culturales que restringen su participación. A ello se suma que los niños y las niñas con discapacidad rara vez son considerados en las iniciativas de RRD, quedando al margen de procesos de preparación y planificación que deberían garantizar su seguridad y bienestar (Stough et al., 2017).

El Marco de Sendai (United Nations, 2015) plantea que la reducción del riesgo de desastres debe desarrollarse mediante un enfoque inclusivo y centrado en las personas, que garantice la participación de toda la sociedad. En este, se reconoce la importancia de incorporar perspectivas de género, edad y discapacidad en las políticas y prácticas de gestión del riesgo, así como de asegurar información accesible y comprensible sobre los riesgos. Además, se destaca el papel de las personas con discapacidad y sus organizaciones en la evaluación de riesgos y en el diseño de estrategias de prevención, preparación y respuesta ante desastres.

De acuerdo con lo anterior, Bennett (2020), realiza una revisión de investigaciones publicadas entre 2015 y 2019 con el propósito de evaluar cómo se ha implementado la accesibilidad de las personas con discapacidad en la RRD desde la adopción del Marco de Sendai, evidenciando que, aunque se han dado avances, persisten limitaciones en la inclusión efectiva de esta poblaciones en las estrategias de gestión del riesgo. Este estudio destaca la importancia de promover la participación de las personas con discapacidad y neurodiversidad, y superar barreras culturales en la planificación y preparación ante desastres.

En línea con esto, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) (Colombia), entidad ambiental del territorio, a través de su proyecto SIATA (Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá), lleva a cabo una apuesta para la accesibilidad, buscando que las personas con discapacidad y neurodiversidad comprendan su territorio y puedan tomar decisiones informadas. En el marco de dicha apuesta, se viene avanzando en el desarrollo de material educativo que les permita acceder a contenido científico y ambiental.

La literatura expone que el diseño de materiales accesibles debe seguir los principios del Diseño Universal (DU), un concepto que busca crear soluciones que puedan ser usadas por la mayor cantidad de personas posible sin la necesidad de adaptaciones o diseños especializados. Tomberg y Laanpere (2014) exponen que el buen diseño no consiste en servir únicamente a las necesidades de la población con discapacidad, sino en servir igualmente a todos, sin hacer distinciones ni excepciones. A esto se suma la importancia de que la enseñanza de las ciencias deje de ser altamente dependiente de textos y actividades impresas (Jones y Burrell, 2022) y se genere material alternativo con la participación de personas con discapacidad, favoreciendo una visión más amplia y diversa, sin sesgos ni estereotipos (Worsley y Bar-El, 2022).

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo, busca socializar la experiencia de diseño y uso de materiales educativos accesibles desarrollados por el proyecto SIATA, destacando los ajustes metodológicos y aprendizajes obtenidos en su implementación con personas con discapacidad en procesos de educación científica y GRD.

METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolla a partir de una sistematización de la estrategia *Ciencia para todas y todos: una apuesta desde la accesibilidad* implementada por el proyecto SIATA del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Se adopta un enfoque cualitativo de estudio de caso (Stake, 1998), orientado a analizar los procesos de diseño, implementación y ajuste de materiales educativos accesibles dirigidos a personas con discapacidad en contextos de educación científica y GRD.

La información se recopiló a partir de registros del proceso de implementación, materiales educativos desarrollados, observaciones de las actividades realizadas con participantes y procesos de validación con personas con discapacidad y profesionales especializados. El estudio se centró en identificar los ajustes metodológicos realizados, los tipos de recursos accesibles implementados y los aprendizajes derivados de la experiencia para favorecer la participación de personas con discapacidad en procesos de educación científica y GRD.

Contexto de estudio

Desde su esquema asociativo, el AMVA ha velado para que el Valle de Aburrá, un territorio con características únicas, sea un espacio en el que se fomente la gobernanza y la cooperación, impulsando diversos proyectos mediante una acción conjunta con los municipios, la academia, el sector empresarial y la ciudadanía. Esta sinergia ha buscado construir un puente sólido que promueve el crecimiento equitativo del Valle de Aburrá, uniendo esfuerzos para hacer de la subregión un modelo de desarrollo armónico y responsable.

Bajo estos principios, su proyecto SIATA no solo representa un papel importante en el monitoreo y la ciencia de datos, sino también una contribución en la apropiación social del conocimiento, buscando que, a través de la ciencia local se construya un presente y futuro más seguro para sus habitantes. En este ejercicio, SIATA ha acompañado a niñas, niños, jóvenes, maestros y otros ciudadanos a ver el territorio con una mirada más cercana, que responde a sus realidades, y necesidades, permitiendo comprender el lugar que habitan para tomar decisiones.

Como parte del proceso de apropiación social del conocimiento, SIATA viene desarrollando la estrategia *Ciencia para todas y todos: una apuesta desde la accesibilidad*, que tiene como objetivo garantizar que la ciencia sea accesible para comunidades diversas, especialmente para personas históricamente excluidas como las personas con discapacidad y neurodiversidad en áreas de la ciencia y la GRD.

La propuesta comenzó a consolidarse en el 2023, aunque en los años 2018 y 2022, se realizaron algunos acercamientos con públicos con discapacidad. Esta iniciativa busca asegurar el acceso y la participación de estas personas en procesos educativos, sociales y de divulgación relacionados con la GRD y las ciencias de la tierra. Una de las estrategias en el marco de esta apuesta ha consistido en la implementación de ajustes razonables en materiales ya creados y la ideación de otros desde la multisensorialidad y el diseño universal, partiendo de las necesidades individuales de las personas con discapacidad y las necesidades individuales y sociales en materia de accesibilidad. Todo este trabajo se enmarca en un enfoque de educación no formal e involucra a público diverso entre el cual se puede mencionar, comunidad educativa, fundaciones y otros grupos organizados que habitan el territorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Proceso de diseño de materiales accesibles

El proceso de diseño de los materiales educativos se configuró a partir de un proceso iterativo que integró la experiencia en campo, la validación con personas con discapacidad y la incorporación progresiva de ajustes metodológicos. Inicialmente, el equipo identificó la necesidad de adaptar algunas formaciones sobre comprensión del territorio y monitoreo ambiental para permitir la participación de estudiantes con discapacidad visual en los procesos educativos desarrollados por el proyecto.

A partir de esta necesidad, se inició un ejercicio de revisión de los recursos utilizados y de identificación de posibles ajustes razonables que permitieran el acceso a la información científica. El proceso fue liderado por una licenciada en educación especial con conocimientos en braille y Lengua de Señas Colombiana (LSC), y se contó con el apoyo ocasional de personas externas que aportaron desde su experiencia y conocimientos específicos (tiflólogo, personas con discapacidad visual y modelos lingüísticos), así como comunidad sorda y personas ciegas con quienes se ajustaba el material a partir de sus necesidades. En el caso de los materiales que no correspondían a ajustes razonables de recursos existentes, se desarrollaron siguiendo el mismo proceso de revisión, diseño y validación participativa con personas expertas y con personas con discapacidad que participaron en los procesos educativos.

Materiales táctiles para personas ciegas

Se desarrollaron materiales táctiles para facilitar la comprensión del territorio y de los fenómenos asociados a la GRD (Figura 1). Entre ellos se encuentra un mapa háptico del Valle de Aburrá, con relieves que representan su configuración y permiten relacionar la topografía con las amenazas socionaturales. También se elaboraron materiales en braille y relieve, como el libro álbum "¡Entonces

yo también puedo serlo!", que promueve una visión inclusiva de la ciencia, y un rompecabezas táctil sobre tipos de nubes, impreso en 3D, para reconocer sus formas y ubicación en la atmósfera.

Asimismo, se realizaron ajustes razonables a una estación meteorológica manual para garantizar la participación de estudiantes con discapacidad visual en actividades de monitoreo ambiental. Para ello, se incorporaron adaptaciones táctiles en algunos instrumentos de medición; en el pluviómetro se añadió una regla en relieve que permite identificar los milímetros de precipitación mediante el tacto; en la veleta se incorporó braille en los puntos cardinales y una rosa de los vientos en relieve para facilitar la orientación; y en el anemómetro se exploró la incorporación de elementos sonoros que permitieran identificar la velocidad del viento.

Materiales audiovisuales accesibles para personas sordas

Como parte de la apuesta por el acceso a la información, también se desarrollaron materiales educativos que incorporan LSC, con el propósito de facilitar el acceso a la información científica por parte de la comunidad sorda. Estos recursos permiten explicar conceptos relacionados con fenómenos atmosféricos, monitoreo ambiental y GRD mediante formatos audiovisuales, favoreciendo así la comprensión y acceso a los contenidos. La incorporación de LSC en los materiales educativos responde a la necesidad de ofrecer múltiples formas de representación del conocimiento científico, reconociendo la diversidad de formas en que las personas perciben y acceden a la información.

Iteración y tecnificación de los materiales

El desarrollo de los materiales accesibles se llevó a cabo mediante un proceso iterativo que incluyó pruebas, ajustes y validaciones sucesivas con personas con discapacidad y profesionales con experiencia en apoyos educativos. En una primera etapa, varios de los recursos que incorporaban braille y relieves fueron elaborados de manera artesanal con el fin de explorar su funcionalidad en contextos educativos reales.

A partir de las observaciones realizadas durante su uso y de las recomendaciones de los participantes, se realizaron ajustes en aspectos como el tamaño de los relieves, la disposición de los elementos táctiles y la claridad de la información presentada. Posteriormente, estos materiales fueron tecnificados mediante el uso de impresión 3D, lo que permitió mejorar la precisión de los relieves, aumentar la durabilidad de los recursos y facilitar su replicabilidad en otros escenarios educativos. Por su parte, los materiales dirigidos a personas sordas se diseñaron y ajustaron con el apoyo de personas sordas, modelos lingüísticos e intérpretes de LSC, lo que permitió validar su pertinencia comunicativa y garantizar su funcionalidad. Todo este proceso iterativo evidenció la importancia de considerar el diseño de materiales accesibles como un ejercicio progresivo, en el que la validación con usuarios y la experimentación en campo juegan un papel fundamental para garantizar su pertinencia y usabilidad.

Aprendizajes derivados de la implementación

La implementación de los materiales accesibles permitió evidenciar una mayor motivación hacia el aprendizaje de la ciencia de la tierra y la GRD por parte de los participantes. Los recursos táctiles y las adaptaciones realizadas favorecieron la comprensión de conceptos relacionados con el territorio, los fenómenos meteorológicos y los procesos de monitoreo ambiental. Se observó que las estrategias implementadas no solo beneficiaron a las personas con discapacidad y neurodiversidad, sino que también aportaron al proceso de aprendizaje del grupo en general, esto se debe a que su diseño buscaba como lo propone Tomberg y Laanpere (2014), que sirviera no solo a las necesidades de las personas con discapacidad.

Por su parte, los docentes que acompañaron las actividades identificaron nuevas posibilidades para la enseñanza de contenidos científicos mediante el uso de materiales accesibles y recursos de fácil implementación, lo que contribuyó a ampliar las estrategias pedagógicas utilizadas en el aula y a promover prácticas educativas más pertinentes.

La experiencia permitió evidenciar que el diseño de materiales accesibles constituye un proceso dinámico que requiere experimentación, validación y ajustes continuos, reconociendo que los apoyos deben adaptarse a las características y necesidades de cada grupo participante. Además, deben diseñarse con la participación de los usuarios de estos materiales, con el fin de evitar sesgos y garantizar que respondan efectivamente a sus necesidades, tal como lo plantean Worsley y Bar-El (2022).

Figura 1. Materiales con enfoque de accesibilidad y su implementación

Nota. Primera fila (de izquierda a derecha): recursos en braille y relieve correspondientes a las convenciones para la velocidad del viento, libro álbum ¡Entonces yo también puedo serlo! y convenciones de los puntos cardinales. Segunda fila (de izquierda a derecha): materiales en braille y relieve correspondientes al mapa háptico del Valle de Aburrá y rompecabezas táctil sobre tipos de nubes. Tercera fila (de izquierda a derecha): materiales en relieve y LSC correspondientes a pluviómetro para la medición de la lluvia, cuento ¿Qué pasa al interior de una nube? en LSC y adaptación de anemómetro y veleta para la medición de la velocidad y dirección del viento. Elaboración propia.

Si bien la implementación de estos ajustes ha permitido evidenciar procesos de comprensión y apropiación de los conceptos abordados, es importante aclarar que no constituyen una fórmula estandarizada aplicable a todas las personas. Por el contrario, los ajustes deben ser flexibles y susceptibles de modificación, de acuerdo con los apoyos específicos que requiera cada participante.

CONCLUSIONES

Las acciones impulsadas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá a través del proyecto SIATA constituyen avances iniciales orientados a fortalecer la accesibilidad en procesos de apropiación social del conocimiento. La sistematización y visibilización de estas experiencias resulta clave para ampliar su alcance hacia otros escenarios educativos y comunitarios, así como para consolidar referentes que integren accesibilidad, educación científica y GRD en el territorio.

La implementación de materiales accesibles permitió evidenciar que el diseño de recursos educativos orientados por principios de accesibilidad no solo favorece la participación de personas con discapacidad. Esto reafirma la importancia de promover materiales educativos concebidos para ser utilizados por todas las personas, independientemente de sus características o condiciones. Además, plantea la necesidad de ampliar el alcance de estrategias de este tipo hacia otros escenarios educativos y comunitarios vinculados al proyecto, con el fin de consolidar procesos de formación y divulgación científica accesibles que promuevan una participación más amplia de la ciudadanía en la GRD.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bennett, D. (2020). Five years later: Assessing the implementation of the four priorities of the Sendai framework for inclusion of people with disabilities. *International Journal of Disaster Risk Science*, *11*(2), 155–166. https://doi.org/10.1007/s13753-020-00267-w

Jones, T. R. y Burrell, S. (2022). Present in class yet absent in science: The individual and societal impact of inequitable science instruction and challenge to improve science instruction. *Science Education*, *106*(5), 1032–1053. https://doi.org/10.1002/sce.21728

Stough, L. M., Ducy, E. M. y Kang, D. (2017). Addressing the needs of children with disabilities experiencing disaster or terrorism. *Current Psychiatry Reports*, *19*(4). https://doi.org/10.1007/s11920-017-0776-8

Stake, R. E. (1998). *Investigación con estudio de caso*. Morata.

Tomberg, V. y Laanpere, M. (2014). *Teaching design for all through empathic modeling: A case study in Tallinn University.* Institute of Informatics, Tallinn University.

United Nations. (2015). *Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015–2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

Worsley, M. y Bar-El, D. (2022). Inclusive making: Designing tools and experiences to promote accessibility and redefine making. *Computer Science Education, 32*(2), 155–187. https://doi.org/10.1080/08993408.2020.1863705

Experienciar: hacia las prácticas científicas en el primer ciclo de Educación Infantil

Almudena Marín[1], José Cantó[2], Mª Lluïsa Ortiz[3], José Rafael Viana[4]*

[1]Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Almería. Grupo Estels d'Infància

[2]Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Grupo Didacies. Universitat de València. Grupo Estels d'Infància. [3]Escola Infantil "El Castell". Grupo Estels d'Infància

[4]Grupo Estels d'Infància

*Correspondencia: jose.canto@uv.es

RESUMEN: El primer ciclo de la etapa de la Educación Infantil abarca de los 0 a los 3 años y es donde realmente los niños y niñas tienen sus primeros contactos con su entorno más próximo para, posteriormente, pasar a relacionarse con los demás y con el mundo que les rodea. Es, por tanto, donde surge la exploración sensorial, la percepción de las cualidades físicas y los primeros descubrimientos. Estas primeras acciones o microacciones son actos o componentes elementales que todavía no implican una intención científica clara pero que son el inicio hacia las prácticas científicas. Es una realidad que los trabajos de Didáctica de las Ciencias centrados en 0-6 años están aumentando, pero se constata un sesgo hacia el segundo ciclo de esta etapa y, además, cuando se refieren a estas prácticas encontramos un uso indiferenciado de muchos procesos de ámbito científico (indagar, experimentar...) que se toman muchas veces de manera indistinta. Todo esto nos ha llevado a una reflexión teórica sobre lo que significa hacer ciencia en el 0-3, de la que ha surgido el término "*experienciar*" para referirnos a cómo los niños y niñas hacen ciencia desde el nacimiento a través de la experiencia directa y mediante la exploración y la acción y, a partir de ella, van construyendo y dando significado a aquello que hacen. En esta comunicación pretendemos mostrar parte de esta reflexión teórica y cómo se ha llevado a la práctica en una intervención con niños y niñas de 1 y 2 años.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; primer ciclo; experienciar; prácticas científicas.

ABSTRACT: The first cycle of Early Childhood Education (ECE), encompassing ages 0 to 3, constitutes the stage where children establish their initial contact with their immediate environment before expanding their interactions to others and the world. This period is characterized by the emergence of sensory exploration, the perception of physical properties, and foundational discoveries. These initial 'micro-actions' represent elementary components that, while lacking an explicit scientific intent, serve as the precursor to formal scientific practices. Despite the growing body of research in Science Didactics focused on ECE, a prevailing bias towards the second cycle (ages 3-6) remains, often resulting in an undifferentiated application of pedagogical concepts. This disparity necessitates a theoretical reflection on the nature of 'doing science' within the 0–3 age range. Consequently, we propose the term *'Experiencing'* (*Experienciar*) to describe how infants and toddlers engage with science from birth through direct experience, exploration, and agency, through which they construct meaning from their actions. This paper presents a segment of this theoretical framework and demonstrates its practical application through an intervention conducted with 1 and 2-year-old children.

KEYWORDS: Early Childhood Education; first cycle; experiencing; scientific practices.

INTRODUCCIÓN

La etapa de la Educación Infantil (EI) es una etapa educativa no obligatoria y no propedéutica que abarca desde los 0 a los 6 años y que está dividida en dos ciclos: el primero abarca desde los 0-2 años y el segundo desde los 3 a los 6. A pesar de la no obligatoriedad, la tasa de escolarización en el curso 2023-24 alcanzaba, según datos del Instituto Nacional de Estadística, el 15,1% en menores de 1 año, el 45,9% en 1 año, el 71,2% en dos años, el 95,5% en tres años, el 97,6% en cuatro años y el 98,1% en

5 años. Para su desarrollo, existe un currículo nacional oficial para toda la etapa (0-6) diseñado con la misma estructura curricular que el resto de las etapas educativas que sí son obligatorias (Real Decreto 95/2022). De esta manera esta etapa deja de ser solo asistencial para considerarse plenamente educativa.

Este Real Decreto 95/2022, establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la EI, organizadas en torno a tres áreas: 1) Crecimiento en Armonía; 2) Descubrimiento y Exploración del Entorno; y 3) Comunicación y Representación de la Realidad. Aunque no deben tratarse de forma separada, sino de manera globalizada, por lo que respecta a las ciencias, están más presenten en la segunda y la tercera. Concretamente, en el área 2 se pretende favorecer procesos de descubrimiento, observación y exploración de los elementos físicos y naturales del entorno, concibiéndolo como una fuente generadora de emociones y sorpresa; y en el área 3, se pretende que los niños y las niñas puedan utilizar diferentes formas de comunicación y representación en contextos significativos y funcionales, desarrollando capacidades que les permitan expresarse a través de diversos lenguajes como medio para construir su identidad, representar la realidad y relacionarse con los demás.

Todo lo anterior pone de manifiesto la importancia de abordar la educación científica en la primera infancia ya que son áreas muy conectadas con las habilidades y prácticas científicas que los niños y niñas pueden desarrollar y llevar a la práctica. Esto se fundamenta según numerosos autores en la curiosidad natural de los niños y en su necesidad de comprender el mundo que les rodea (Eshach y Fried, 2005). En este contexto, el trabajo con las ciencias en EI se debe orientar principalmente hacia enfoques basados en la indagación, que promuevan la participación activa de los niños y niñas en dichos procesos de exploración y descubrimiento. De hecho, la mayoría de los currículos educativos europeos incorporan un enfoque de *ciencia para todos*, cuyo propósito es promover la alfabetización científica de la población desde las primeras etapas educativas (Couso et al., 2011).

Tal como señala Trundle (2015), los primeros años de vida implican un proceso continuo de aprendizaje en el que los niños y niñas intentan dar sentido al entorno mediante la observación, la exploración y la formulación de preguntas. En esta línea, Siry et al. (2023) destacan que la educación científica en la primera infancia se fundamenta precisamente en la curiosidad natural de los niños y niñas y en su tendencia a explorar el mundo que les rodea lo que favorece el desarrollo de habilidades científicas básicas como la curiosidad, la capacidad de preguntar, la observación sistemática y la reflexión sobre aspectos observados. Todo esto lleva de manera progresiva al desarrollo del pensamiento científico desde edades tempranas.

Aunque es una realidad que en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) existen cada vez existen más trabajos centrados en el desarrollo e implementación del pensamiento científico y de las prácticas científicas en la etapa de EI, también se constata que existen pocos ejemplos centrados en el primer ciclo (Cantó et al., 2023; Pedreira et al., 2023). Por otra parte, si se analizan los trabajos centrados en EI, se observa que en numerosas ocasiones se emplean como sinónimos términos como investigar, indagar, experimentar, etc. cuando realmente son procesos diversos. Todo ello nos ha llevado a cuestionarnos si este vocabulario puede transferirse al primer ciclo o si, al hablar de hacer ciencia en estas edades, resulta más apropiado referirse a otra forma de aproximación al conocimiento científico. En este sentido, en el presente trabajo (que forma parte de un estudio más amplio que desarrollamos en el seno de los grupos "Estels d'Infància" y "Didacies" de la Universitat de València) queremos mostrar los primeros avances en la conceptualización y concreción de un marco teórico adecuado y específico de lo que significa hacer ciencia en 0-3, así como mostrar parte de una situación de aprendizaje que se ha implementado en la escuela pública de primer ciclo infantil "El Castell" de La Pobla Llarga (València).

Todo lo expuesto en el apartado anterior nos lleva a plantearnos los objetivos de investigación que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Objetivos marcados en la presente investigación.

OI.1	Construir un marco teórico que permita situar y contextualizar la educación científica en el primer ciclo de EI.
OI.2	Establecer un vocabulario específico que se adecue a lo que significa hacer ciencia en el primer ciclo de EI.
OI.3	Mostrar un ejemplo práctico de implementación de propuestas de ámbito científico para en el primer ciclo de EI en dicho marco.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada ha sido doble: una de naturaleza teórico-reflexiva en la que los autores y autoras de este trabajo junto con otros profesionales de la educación del primer ciclo de EI (educadoras y maestras), hemos podido repensar de manera pausada y convergente distintos aspectos que afectan a la educación científica en el primer ciclo de EI y, por otro, de naturaleza experiencial donde hemos podido llevar a cabo una intervención práctica denominada "El bosc de cartró" (El bosque de cartón) con dos grupos de 2 años (10-12 alumnos y alumnas) y un grupo de 1 año (8 alumnos y alumnas) durante el primer trimestre del curso 2025/26. Así, se combina la sistematización de experiencias del grupo de investigación con la revisión de la literatura como fundamento de las conclusiones obtenidas a partir de dichas experiencias (Pedreira et al., 2025).

"El bosc de cartró" es una instalación (que forma parte de una situación de aprendizaje más amplia) cuyo elemento base es una caja de cartón en la que está perforada una figura geométrica básica (círculo, triángulo y diferentes tipos de cuadriláteros). La apertura en cada caja va aumentando proporcionalmente cinco centímetros para permitir que niños y niñas puedan vivenciar la geometría y la topografía de la misma permitiendo, además, la circulación a través de las formas recortadas (Figura 1).

Figura 1. Fotografías del detalle de las cajas y de cómo variaba el área recortada.

En total, la instalación de juego estaba constituida por 25 cajas, dispuestas en cuadrícula de 5 x 5 estableciendo distancias iguales entre caja y caja en los ejes de abscisas y ordenadas (Figura 2 izquierda). Esta disposición es una configuración geométrica sencilla de forma cuadrada, que según Abad y Ruiz Velasco (2023) permiten encuadrar el juego y dar una idea de unidad pero que también facilita la circulación entre la misma. Esta configuración espacial, en un momento determinado, se rompía y se pasaba a una disposición circular que permitía otras acciones (Figura 2 derecha). Además, en cada caja, estaba marcada un eje de simetría fundamental que también estaba presente en la parte recortada de cada caja que estaban disponibles para los niños y niñas en una parte de la actividad. En el caso del grupo de 1 año, se utilizó el mismo elemento (la caja de cartón) pero disminuyendo el número de elementos y utilizando un espacio más adecuado a las características de los niños y niñas de esas edades que dispone el centro.

Figura 2. Fotografías de las dos configuraciones de instalación realizadas.

RESULTADOS

La revisión de la literatura en DCE, junto con el proceso de análisis y reflexión llevado a cabo de manera coral con maestras y educadoras, nos ha conducido a la propuesta de un término que, a nuestro juicio, recoge de manera adecuada lo que podría significar hacer ciencia en el primer ciclo de EI. Además, como se comenta en la introducción, se ha constado que en la investigación en DCE existe una confusión y un uso ambiguo de vocablos para referirse a los procesos enseñanza y aprendizaje de la ciencia en estas primeras edades y, en muchas ocasiones, son una transferencia de un lenguaje adulto y no propio de EI. Así, el término acuñado para referirnos a cómo los niños y niñas hacen ciencia desde el nacimiento a través de la experiencia directa mediante la exploración y la acción y, a partir de ellas, van construyendo y dando significado a aquello que hacen es el de "***experienciar***".

La acción de *experienciar* en estas edades se puede hacer de forma espontánea y libre, de manera solitaria o grupal, aunque creemos que, si se hace con el adecuado acompañamiento de la persona adulta, que propone, sostiene y posibilita experiencias significativas, globales y cercanas a la infancia, permite aprendizajes más ricos y diálogos más poderosos con las propias propuestas y con los materiales y situaciones. *Experienciar* es pues una acción a través de la cual los niños y niñas de estas edades sienten, vivencian, exploran y construyen conocimiento a través de la propia experiencia utilizando el cuerpo, los sentidos, el movimiento y el vínculo afectivo como principales vías de aprendizaje. Como señalan Napal y Vázquez (2023), la ciencia en estas primeras edades puede entenderse, por tanto, como una herramienta para comprender el funcionamiento del mundo, aspecto este también recogido en el currículo de EI.

A diferencia de lo que sucede con el término experimentar que se puede asociar a un concepto más científico, *experienciar* hace referencia el hecho de sentir o vivir la experiencia mucho más apropiada para unas edades tan sensoriales como las que cubre el primer ciclo de EI. Una vez acuñado el término, se investigó sobre el origen etimológico y aunque la palabra moderna proviene del latín *experiri* / *experientia*, el equivalente conceptual griego es ἐμπειρία (*empeiría*), que también significa experiencia adquirida por práctica. De esta palabra griega se desprenden cuatro términos que forman un mapa semántico que encaja perfectamente en lo que podríamos llamar el inicio de las prácticas científicas en estas edades: 1) *Bibion o Bioô* (βιόω / βίωσις), vivir una experiencia, pasar por ella; 2) *Peira* (πεῖρα), intento, prueba; 3) *Empirizomai* (ἐμπειρίζομαι), adquirir experiencia, experimentar directamente; y 4) *Metekho o Metexis* (μετέχω / μέθεξις), participación o compartir experiencias. Este pequeño mapa de palabras lo convertimos en diferentes dimensiones: sentir, explorar, construir y comunicar (Figura 5) y que correspondería lo que antes se había comentado con lo que podría entenderse como el inicio de las prácticas científicas en esta primera infancia. *Experienciar* permite, en consecuencia, ir construyendo el conocimiento a través de la experiencia directa y personal en el que se utilizan como principales vías de aprendizaje el cuerpo, los sentidos, el movimiento y el vínculo afectivo.

Figura 5. Dimensiones de *experienciar.* Elaboración propia.

Con respecto a la implementación del "Bosc de cartró" desarrollado, teniendo en consideración este sistema de referencia teórico, mostramos por cuestiones de espacio solo lo observado con el alumnado de 2 años. En este caso, el grupo se encontró con la instalación en el patio y, sin que la educadora y maestra diera ninguna consigna, se permitió que interactuaran de manera libre con la misma. Los miembros de grupo se posicionaron en diversos puntos clave e iban anotando lo que observaba mediante una rúbrica única que permitía realizar un seguimiento coherente con las dimensiones de "experienciar". De esta manera constatamos que:

- La instalación despertó su interés y rápidamente comenzaron a interactuar con ella sin ningún tipo de instrucción.
- Se observó una preferencia hacia ciertas formas geométricas (círculo y cuadrado) mientras que el resto pasaron un poco inadvertidas al principio, aunque poco a poco interactuaron con todas.
- Existió un fuerte respeto hacia la disposición del material y la configuración 5x5 se mantuvo bastante tiempo inalterada.
- Existió una prevalencia importante hacia acciones de imitación de los semejantes mientras no hubo intervención por parte del adulto. Cuando éste intervino y propuso alguna acción la iniciativa personal decayó notablemente.
- Las primeras acciones fueron de reconocimiento del material y posteriormente apareció el juego simbólico, creando circuitos de recorrido y utilizando las cajas para poder estar y habitar ese espacio.
- Pasado un breve intervalo de tiempo del inicio (unos 5 minutos) la configuración inicial empezó a desdibujarse porque los niños y niñas movían las cajas de manera libre y dejaron de tener conciencia de que formaban parte de un todo.
- En algunos pocos casos, se observó que algún participante intentaba hacer agrupaciones de cajas con la misma figura geométrica o se daba cuenta que todas teníam una línea marcada (eje de simetría) y jugaba a seguirla. Al darles las partes recortadas unos pocos intentaban (sin haberles dado ninguna instrucción) colocarlas al lugar que correspondían y solo unos pocos lo intentaban siguiendo la línea de simetría que tenía cada figura.
- Cuando la configuración 5x5 estuvo deshecha (a los 15 minutos del inicio), se pasó a una configuración en círculo y las dinámicas cambiaron totalmente. Algunos hicieron uso de las cajas de manera libre y otros intentaron agruparlas por similitud de la figura.
- Fue notable la diversidad de utilidad de los elementos presentes cuando no se les daba ninguna instrucción frente a cuando el adulto hace un comentario concreto.
- Pasados unos 20 minutos del inicio, la instalación dejó de tener la función didáctica prevista y pasó a ser un espacio de juego libre. Algunos probaban a utilizar elementos para transportar tierra, otros desmontaron por completo la caja o las arrastraban por el espacio, otros lanzaban al aire los elementos o los agrupaban sin ningún criterio.

CONCLUSIONES

Entendemos que hacer ciencia en el primer ciclo de EI consiste en *experienciar* el mundo que rodea a la infancia, es decir, participar activamente en situaciones donde los niños y niñas puedan sentir, explorar, construir y comunicar los fenómenos naturales y los contextos naturales a partir de la acción, la curiosidad, el descubrimiento y con el acompañamiento y guía de la persona adulta que posibilita y facilita experiencias significativas respetando los ritmos y procesos individuales. Con la propuesta del "Bosc de cartró" hemos querido pasar de la teoría a la práctica y mostrar cómo es posible diseñar e implementar acciones atendiendo a este marco teórico propio del área de la DCE. Con ello, pretendemos avanzar hacia un trabajo más extenso y profundo sobre las implicaciones de hacer ciencia en estas edades tanto para los niños y niñas como para el profesorado en activo y en formación de los que tenemos la responsabilidad y obligación de mostrarles propuestas coherentes con la normativa y la investigación didáctica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto "Propuestas de mejora de la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias en Educación Infantil y Primaria basadas en la indagación y la modelización contextualizadas, con código PID2022-142019OB-100, y que está financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ FEDER, UE. Queremos agradecer también a las educadoras y a los niños y niñas de la Escuela de Educación Infantil "El Castell" de la Pobla Llarga (València) por permitirnos entrar en sus vidas y aprender con ellas y ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad, J. y Ruiz de Velasco, A. (2023). Documentación pedagògica e investigación etnogràfica de la creación simbòlica de la infància en las instal·lacions de Juego. *RELAdEI-Revista Latinoamericana d Educación Infantil, 12*(1), 105-118. https://instalacionesdejuego.com/wp-content/uploads/2022/12/DOCUMENTACION-PEDAGOGICA-Y-ETNOGRAFIA-VISUAL-REVISTA-RELADEI.pdf

Cantó, J., Marín Porta, A., Ortiz Hernández, M. L. y Viana Sánchez, J. (2023). Pañales científicos: una situación de aprendizaje contextualizada en el aula de 2 años para trabajar la ciencia. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, *(45),* 17–34. https://doi.org/10.7203/dces.45.27372

Couso, D., Jiménez-Aleixandre, M. P., López-Ruiz, J., Mans, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J. M. y Sanmartí, N. (2011). *Informe ENCIENDE: Enseñanza de las ciencias en la didáctica escolar para edades tempranas en España*. Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE).

Eshach, H. y Fried, M.N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology,* 14(3), 315-336. https://doi.org/10.1007/s10956-005-7198-9

Napal, M. y Vázquez, L. (2023). La intervención adulta determina el desarrollo de las destrezas científicas en la etapa de infantil. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 45, 53-68. DOI:10.7203/DCES.45.27375

Pedreira Álvarez, M., Lemkow-Tovias, G., Eugenio-Gozalbo, M. y Martín-García, J. (2025). Espacios de ciencia inclusivos de libre elección: fundamentación teórica e implicaciones para su diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 22*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i3.3101

Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. Boletín Oficial del Estado, 28, de 2 de febrero de 2022. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/95

Siry, C., Cabe-Trundle, K. y Saçkes, M. (2023). Science education during the early childhood years: Research themes and future directions. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 3). Routledge.

Trundle, K. C. (2015). The inclusion of science in early childhood classrooms. En K. C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in Early Childhood Science Education* (pp. 1–6). Springer.

¿Son legales los ECILEs?

Montserrat Pedreira[a], Irene Tort[b] and Sara Fernández-López del Moral[c]*

a Facultat de Ciències Socials de Manresa. UVic – Universitat Central de Catalunya. España.

b Departament d'Arts i Humanitat. Universitat Oberta de Catalunya, España

c Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). U. Zaragoza. España

*Correspondencia: mpedreira@umanresa.cat

RESUMEN: Esta comunicación plantea si la reciente concreción de los conceptos clave para la creación y diseño de los Espacios de Ciencia Inclusivos de Libre Elección (en adelante ECILEs) sigue las directrices que marca el currículum oficial de Educación Infantil en Catalunya. Para ello, se hizo un análisis por pares del contenido del eje 3 del currículo catalán identificando aquellas referencias que presentan coincidencias conceptuales con los ECILEs. Los resultados evidencian una clara coherencia entre las directrices curriculares y los propósitos de los ECILEs, aunque se identifican algunos vacíos: aspectos como la interacción, la comunicación y el lenguaje o el respeto y la autonomía tienen poca presencia en el eje curricular analizado. Si bien es verdad que estos aspectos pueden estar recogidos en otros ejes, su desplazamiento a dichos ejes puede llevar a diluir su aplicación en la enseñanza de las ciencias.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; ciencia; currículo, libre elección

ABSTRACT: This paper examines whether the recent specification of key concepts in the definition of Free-Choice Science Spaces (hereinafter ECILEs) aligns with the guidelines set out in the official Early Childhood Education curriculum in Catalonia. To this end, a pairwise analysis of the content of Axis 3 of the Catalan curriculum was conducted, identifying references that conceptually coincide with those of the ECILEs. The results reveal a clear coherence between the curricular guidelines and the objectives of the ECILEs, although certain gaps are identified: aspects such as interaction, communication and language, or respect and autonomy are scarcely represented in the curricular axis under analysis. While it is true that these aspects may be addressed in other axes, relocating them to those areas may lead to a dilution of their application in science education.

KEYWORDS: Childhood Education; Science; curriculum, free-choice learning

INTRODUCCIÓN

Desde el auge de la organización en libre elección en Cataluña han ido surgiendo voces pertenecientes a distintos ámbitos, generalmente no académicos, cuestionando el valor educativo de dicha organización. En otras publicaciones, las autoras han defendido la oportunidad y el valor de introducir la libre elección en la escuela infantil para favorecer el aprendizaje científico. En esta comunicación la intención es valorar si los principios que rigen los ECILEs concuerdan con los principios establecidos en el currículum de Educación Infantil en el ámbito de Cataluña.

MARCO TEÓRICO

En una publicación reciente (Pedreira et al., 2025), realizada en el marco del Proyecto ImpactLab (Proyecto PID2022-139472OA-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE), investigadores de las universidades de Zaragoza, Soria y Manresa, universidades que cuentan con ECILEs, definieron los conceptos clave que deben estar presentes en su creación y diseño. En el contexto de una literatura aún emergente sobre esta conceptualización, se usará como base de análisis la definición propuesta por dichos autores.

En dicha propuesta, Pedreira et al. (2025) organizan los conceptos clave de un ECILE en tres apartados: el primero recoge las características necesarias para poder definir el espacio como espacio de aprendizaje; el segundo se centra en su potencial como espacio de inclusión; y el tercero recoge las características que el espacio debe reunir para promover las habilidades específicas del ámbito de las ciencias.

Los ECILEs como espacios de aprendizaje

Se relacionan cuatro conceptos clave para conseguir que un ECILE sea espacio de aprendizaje: vivencia positiva, experiencia con la realidad, iniciativa e interacción. Por un lado, y como se refieren tanto desde la psicología o la neurociencia (Mora, 2013; Ruiz-Martín, 2020) o como desde la didáctica de las ciencias (Eshach y Fried, 2005; Harlen, 2010), aprender es un proceso gratificante en sí mismo, placer que la escuela debe mantener. Por otro, si el ECILE se centra en el estudio de la ciencia, disciplina que pretende anticipar el funcionamiento del mundo en el que vivimos, ello debe hacerse necesariamente en contacto con la realidad (Bulunuz, 2013; Larimore, 2020). Otro aspecto importante es la necesidad de que la iniciativa recaiga en los niños y las niñas, dado que seguir instrucciones de otro poco cambia las maneras de pensar (Vartiainen y Kumpulainen, 2020). Por último, si sabemos que se aprende más con y de los demás (Frejd, 2021; Tenenbaum et al., 2020), es importante favorecer la interacción entre iguales.

Los ECILEs como espacios de inclusión

En un momento en que la diversidad está más que presente en las aulas, la organización del tiempo y del espacio escolar debe favorecer el bienestar de todos y todas. En este sentido, la libre elección es un contexto favorecedor de la inclusión en sí mismo, puesto que niños y niñas pueden escoger su actividad; las propuestas son abiertas, es decir sin un objetivo finalista único; y no hay evidencia pública de error. Pero para conseguir ser realmente inclusivo es menester atender a dos conceptos clave. El espacio ha de ser respetuoso, es decir, ser un espacio seguro y confortable para que todo el mundo se sienta en confianza para poder expresar sus propias ideas (Brauns y Abels, 2021)not only research in the inclusive context needs to be further developed, but teachers also require guidance on how to implement inclusive science education in practice. To meet this demand, the Framework for Inclusive Science Education was developed in the federally funded project “Teaching Science Education Inclusively” (Nawi-In y debe ser un espacio que garantice la autonomía de niños y niñas sin barreras de ningún tipo (Koivula et al., 2019).

Los ECILEs como espacios de promoción de habilidades científicas

Por último, evidentemente, un espacio de ciencia debe promover habilidades científicas. A partir de la clasificación de Martin et al. (2005), los autores apuntan que un ECILE debe recoger todos aquellos procesos interesantes ligados a la indagación: observar, clasificar, comunicar, medir, predecir, inferir, controlar variables, formular hipótesis, anticipar, experimentar, actitud investigadora, curiosidad y hacerse preguntas.

Y un último aspecto relevante, la importancia de la comunicación en el aprendizaje de la ciencia, en tanto que expresar en palabras la experiencia contribuye a organizar el conocimiento (Arcà, 2000; Sanmartí, 2006).

METODOLOGÍA

A partir del Decreto 21/2023, de 7 de febrero, de ordenación de las enseñanzas de la Educación Infantil que regula la educación hasta los 6 años en Cataluña, se selecciona el “Eje 3, un infante que descubre el entorno con curiosidad”, por la coincidencia temática con los ECILEs. Se decide excluir las orientaciones que son exclusivas para el primer ciclo (0-3), dado que en esta etapa la libre elección no suele ir asociada a disciplinas específicas.

Teniendo como base los conceptos clave definidos para los ECILE (Tabla 1), dos de las autoras realizaron de forma independiente la identificación de palabras, frases o ideas del currículo asociadas a dichos conceptos. Los análisis fueron comparados, obteniéndose un porcentaje de acuerdo entre evaluadores del 72,3%. Posteriormente, usando el programa de análisis de datos cualitativos NVivo,se volvió a

analizar el documento de manera conjunta en base a los acuerdos identificados y la discusión sobre los desacuerdos.

Tabla 1. Ideas clave empleadas en la definición de ECILEs establecidas por Pedreira et al. (2025).

	Conceptos clave	Definición
Espacio de aprendizaje	Vivencia positiva	Referencias a aquellas expresiones que expresan la conveniencia de vivir de manera satisfactoria el proceso de aprendizaje.
	Experiencia	Referencias a la necesidad de entrar en contacto directo con la realidad física.
	Iniciativa	Referencias al juego (en tanto que comporta iniciativa) a la acción intencionada, a retos, a la flexibilidad cognitiva y a la creatividad.
	Interacción	Referencias a la interacción entre iguales como manera de aprender con y de los demás.
Espacio de inclusión	Respeto	Referencias al respeto a ritmos distintos, a la diversidad, referentes diversos, accesibilidad o barreras, evitación de discriminación.
	Autonomía	Referencias orientadas a aumentar la autonomía y autorregulación de los niños y niñas.
Espacio de promoción de habilidades científicas	Indagación	Referencias a los procedimientos y habilidades científicas: observar, clasificar, comunicar, medir, predecir, inferir, controlar variables, formular hipótesis, anticipar, experimentar, actitud investigadora, curiosidad, hacerse preguntas.
	Comunicación	Referencias al lenguaje como instrumento de construcción de conocimiento.

RESULTADOS

El resultado del análisis del currículum en base a los conceptos básicos de los ECILEs se muestra en la figura 1.

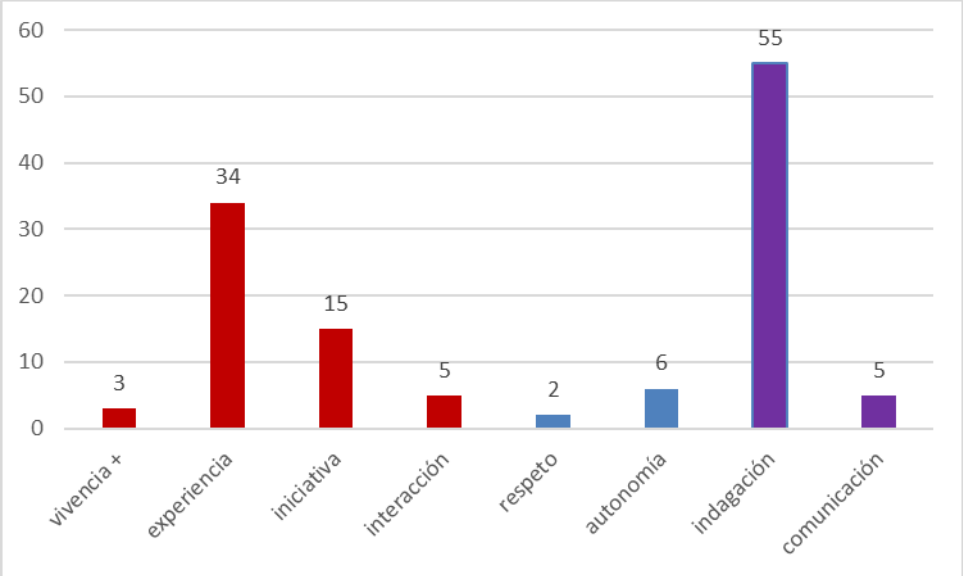


Figura 1. Frecuencia de referencias identificadas por categorías en el currículum de Cataluña

Los ECILEs como espacio de aprendizaje en el currículum

La importancia que da el currículo catalán a la necesidad de tener experiencia directa con los fenómenos es evidente en la gran cantidad de referencias (34), las cuales se podrían resumir en la frase ““se concibe el medio natural como la realidad en la que se aprende”. Además, palabras como entorno, natural, elementos, medio, objetos o materiales están entre las 20 más utilizadas.

Sobre la necesidad de promover la iniciativa de niñas y niños (15 referencias), el currículo recoge frases como "En el juego, intervienen una serie de procesos que son la base para ir construyendo conocimientos de todo tipo: sensoriales, motores, sociales, físicos..." que evidencian el valor del juego como base para el aprendizaje a partir de la iniciativa de los niños y niñas. Expresiones como "actitud creativa", "retos", "estrategias y formas de razonar propias" o "búsqueda de soluciones originales", son nombradas en múltiples ocasiones, evidenciando el énfasis en la necesidad de traspasar la agencia a las criaturas.

Mucho menos numerosas son las referencias a la interacción y a la necesidad de vivir el aprendizaje como experiencia positiva. Las cinco referencias sobre la interacción exponen la interacción entre iguales, la cooperación y la participación en retos colaborativos en pequeño grupo.

Las tres únicas referencias a la necesidad de vivir el aprendizaje de manera positiva se refieren al propósito de obtener placer por sentir y tocar y al entusiasmo.

Los ECILEs como espacio de inclusión en el currículum

Es el apartado con menos referencias en el currículo, a pesar de su importancia. Sobre el respeto (2 referencias), sólo se refiere la necesidad de compartir desde una actitud de respeto y la valoración de las aportaciones de los otros niños y niñas.

La autonomía (6 referencias) es referida cuando se habla de autoimagen, de autorregulación y de utilizar diferentes estrategias para la toma de decisiones con progresiva autonomía, tanto en la planificación y organización de las acciones como en el llevar a cabo las mismas acciones.

Los ECILe como espacio de promoción de las habilidades científicas en el currículum

Como es lógico, el apartado específico dedicado a los aprendizajes del área destaca por ser el concepto que más referencias coincidentes aporta (55 referencias). Observación, situaciones, relaciones, exploración, conocimientos, medio, descubrir, desarrollo, estrategias, procesos o experimentación se sitúan entre las 20 palabras más utilizadas. Destacan ideas como que "el niño o niña tiene una necesidad natural de entender el mundo que le rodea y desde las primeras edades elabora hipótesis y pensamientos sobre este mundo", o como que "la manipulación y la experimentación con diferentes materiales favorecen la construcción de las primeras relaciones causales". Las ideas sobre la indagación son absolutamente coincidentes entre la propuesta de los ECILEs y el currículo, que sugiere el desarrollo de estrategias como la anticipación y la previsión, la formulación de hipótesis y la observación de fenómenos, así como la discriminación de características o atributos.

Por otro lado, en cambio, hay muy pocas referencias a la importancia de la comunicación y el lenguaje como instrumento de creación de conocimiento (5 referencias). El currículo apunta la idea de utilizar diferentes lenguajes, explicar, verbalizar, comunicar, formular ideas o preguntas y contar o representar las interpretaciones o conclusiones. Y aunque ciertamente, el lenguaje (los lenguajes) tienen un eje propio (eje 2, un infante que se comunica con diferentes lenguajes) centrado en la importancia de la comunicación, hay poca referencia a la comunicación como base para la construcción del conocimiento

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Los ECILE dan una respuesta muy ajustada a las demandas de la legislación vigente en Educación Infantil en Cataluña. Lejos de constituir una propuesta descontextualizada, recogen y concretan de manera especialmente operativa los principios propuestos en el propio currículo como la relevancia de la experiencia directa en el conocimiento del entorno próximo, el papel activo de la infancia en la construcción del conocimiento o la importancia de los procesos de indagación.

No obstante, el estudio también permite identificar ciertos vacíos. Aspectos como la interacción, la comunicación y el lenguaje o el respeto y la autonomía tienen poca presencia en el eje curricular analizado. Si bien es verdad que estos aspectos pueden estar recogidos en otros ejes, su desplazamiento a dichos ejes puede llevar a diluir su aplicación en la enseñanza de las ciencias.

En este sentido, los ECILEs no solo se alinean con el currículo, sino que lo amplían, respondiendo a la

idea de infancia potente y autónoma, a la necesidad de atender a la diversidad en un clima de respeto, o a la relevancia de poner palabras a las experiencias de niños y niñas.

En definitiva, los ECILEs no se sitúan en los márgenes de la legalidad, sino en el centro mismo de sus intenciones. La cuestión, por lo tanto, no es si estos espacios se alinean con el currículo, sino... si estamos dispuestos a asumir las implicaciones pedagógicas que dicho currículo plantea.

- Si el currículo es suficientemente abierto como para dar cabida a los ECILEs, ¿lo es también para dar cabida a prácticas muy alejadas de sus principios? ¿Dónde se sitúan los límites de la apertura curricular?
- ¿Hasta qué punto la organización tradicional del espacio y el tiempo escolar limita el desarrollo de propuestas alineadas con el propio currículo?

AGRADECIMIENTOS/FINANCIACIÓN

Esta publicación es parte del proyecto ImpactLab (PID2022-139472OA-I00) financiado por el MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arcà, M. (2000). *Hacer ciencia con los niños: De la experiencia a la estrategia de pensamiento*. Cosmocaixa.

Brauns, S. y Abels, S. (2021). Validation and Revision of the Framework for Inclusive Science Education, Working Paper No. 1/2021. *Leuphana University Lüneburg, Science Education*, (1/2021), 1-31. https://www.leuphana.de/institute/insc/didaktik-der-naturwissenschaften/publikationen/inclusive-science-education/the-framework-for-inclusive-science-education-working-paper-01-2021.html

Bulunuz, M. (2013). Teaching science through play in kindergarten: Does integrated play and science instruction build understanding? *European Early Childhood Education Research Journal*, *21*(2), 226-249. https://doi.org/10.1080/1350293X.2013.789195

Eshach, H. y Fried, M. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of science education and technology*, *14*(3), 315-336.

Frejd, J. (2021). When Children Do Science: Collaborative Interactions in Preschoolers' Discussions About Animal Diversity. *Research in Science Education*, *51*(S1), 21-42. https://doi.org/10.1007/s11165-019-9822-3

Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education* (W. Harlen, Ed.). Ashford Colour Press.

Koivula, M., Gregoriadis, A., Rautamies, E. y Grammatikopoulos, V. (2019). Finnish and Greek early childhood teachers' perspectives and practices in supporting children's autonomy. *Early Child Development and Care*, *189*(6), 990-1003. https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1359583

Larimore, R. A. (2020). Preschool Science Education: A vision for the future. *Early Childhood Education Journal*, *48*, 703-714. https://doi.org/10.1007/s10643-020-01033-9

Martin, D. J., Jean-Sigur, R. y Schimdt, E. (2005). Process-oriented Inquiry-A constructivist approach to Early Science Childhood Education: Teaching Teachers to do science. *Journal of elementary science education*, *17*(2), 13-26.

Mora, F. (2013). *Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza.

Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, *25*(2). https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1

Pedreira, M., Lemkow-Tovías, G., Eugenio-Gozalbo, M. y Martín-García, J. (2025). Espacios de ciencia inclusivos de libre elección: Fundamentación teórica e implicaciones para su diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *22*(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_di-vulg_cienc.2025.v22.i3.3101

Ruiz-Martín, H. (2020). *¿Cómo aprendemos?* ISTF/Graó.

Ryan, R. M. y Deci, E. L. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 11.

Sanmartí, N. (2006). Aprendre ciències: Connectar l'experiència, el pensament i la parla a través de models. *Curs d'actualització de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències a l'educació infantil i primària*. https://docplayer.es/63500278-Aprendre-ciencies-connectar-l-experiencia-el-pensament-i-la-parla-a-traves-de-models-neus-sanmarti-universitat-autonoma-de-barcelona.html

Tenenbaum, H. R., Winstone, N. E., Leman, P. J. y Avery, R. E. (2020). How effective is peer interaction in facilitating learning? A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, *112*(7), 1303-1319. https://doi.org/10.1037/edu0000436

Vartiainen, J. y Kumpulainen, K. (2020). Playing with science: Manifestation of scientific play in early science inquiry. *European Early Childhood Education Research Journal*, *28*(4), 490-503. https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1783924

Repensar la evaluación en espacios de ciencia inclusivos de libre elección

Laia Claret[a], Anna Arola[b], Jorge Martín[c] y Montserrat Pedreira[d]*

[a] Llar d'infants Municipal Petit Estel, Súria. España

[b] Lab 0_6 Umanresa. España

[c] Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón. Universidad de Zaragoza, España

[d] Facultat de Ciències Socials de Manresa. UVic – Universitat Central de Catalunya. España.

*Correspondencia: mpedreira@umanresa.cat

RESUMEN: Esta comunicación propone la creación y uso de un mapa como instrumento de evaluación en espacios de libre elección. A partir de la observación y seguimiento individual de un infante en una sesión de libre elección se registran tres parámetros: propuestas visitadas, tiempo de permanencia y calidad de la interacción en función de la adecuación al objetivo. Se justifica la creación del instrumento y se pone a prueba en un estudio de caso con el seguimiento de una niña en 3 visitas realizadas a lo largo del curso 24-25 en el Lab 0_6 UManresa. La herramienta confirma que en las sesiones en libre elección se aprovecha el tiempo desde el punto de vista del aprendizaje, a la vez que se destaca como una aportación útil para el análisis de la validez de los ECILEs que puede sugerir mejoras en el diseño del espacio y las propuestas.

PALABRAS CLAVE: evaluación; mapa; libre elección; ECILE.

ABSTRACT: This communication proposes the creation and use of a map as an assessment tool for free-choice learning environments. Based on the observation and individual monitoring of a child during a free-choice session, three parameters are recorded: activities visited, duration of engagement, and quality of interaction in relation to the intended learning objective. The rationale for creating the instrument is presented, and it is tested through a case study involving the monitoring of a girl across three visits conducted throughout the 2024–2025 academic year at Lab 0_6 UManresa. The tool confirms that free-choice sessions provide meaningful learning opportunities, while also proving to be a useful contribution for analysing the validity of ECILEs and for identifying potential improvements in the design of both the learning space and the proposed activities.

KEYWORDS: evaluation; map; free-choice, ECILE

INTRODUCCIÓN

Como recogen autores de referencia sobre el tema, la evaluación es de por si un aspecto tan controvertido como relevante en educación. Si la evaluación ya es controvertida, mucho más problemática se aparece en contextos de libre elección, donde la acción de niños y niñas es autónoma y diferente para cada persona del grupo. En esta comunicación se propone la creación y uso de un instrumento que refleja de manera gráfica aspectos que permiten, por un lado, evaluar el espacio, y por otro, el aprovechamiento de la sesión por parte de los niños o niñas en un contexto de Espacio de Ciencia Inclusivo de Libre Elección (en adelante, ECILEs), tal como fue definido por Pedreira et al (2025)

OBJETIVO

Crear y probar un instrumento de evaluación que permita recoger el valor de las interacciones de los infantes con las propuestas de un ECILE en base a 3 parámetros: propuestas visitadas, tiempo de permanencia y calidad de la interacción en función de la adecuación al objetivo.

MARCO TEÓRICO

En ocasiones, la evaluación se enfoca más a "rendir cuentas" a las familias o a calificar que como medio para fomentar el aprendizaje de niños y niñas, priorizando los resultados frente al desarrollo integral del alumnado. Barandarian (2021) propone cambiar la mirada de la evaluación pasando de centrarnos en el alumnado para hacerlo en el contexto que el niño y la niña están viviendo. Sanmartí (2024) promueve pasar de una evaluación del aprendizaje a una evaluación para aprender.

Propuestas de evaluación en los Espacios de Ciencia Inclusivos de Libre Elección

Los ECILEs son una propuesta de distribución espacio temporal basada en proveer de material real desde la libre elección. En este contexto se han publicado algunas aproximaciones a la evaluación, tanto del espacio como de las acciones de los participantes. Mateo González et al. (2023) se centran en la evaluación del diseño orientado a cómo plantear un conjunto de propuestas coherente para elaborar un espacio monotemático. Sáez-Bondía et al. (2024) apuntan que la evaluación se centra en el cumplimiento o no de los objetivos de las propuestas por parte del alumnado de diferentes edades. Y muy recientemente, Pedreira y Mateo-González (2026) han publicado una propuesta de evaluación de los ECILES basada en evaluar:

a) el diseño del espacio y de cada propuesta,

b) las interacciones de los infantes con las propuestas, entre pares y con la maestra,

c) la autorregulación del alumnado, de las maestras y el uso de la documentación como elemento de evaluación.

Parámetros: propuestas visitadas, tiempo, adecuación a la intencionalidad de la propuesta

En los ECILES, donde el niño ejerce una autonomía plena, la evaluación debe apoyarse en indicadores indirectos que permitan inferir la calidad de la experiencia sin interferir en ella. En este contexto, tanto el espacio como la manera en que está distribuido son factores determinantes para la consecución de los objetivos educativos (Laorden Gutiérrez y Pérez López, 2002) . Por ello, dentro del ECILE el recorrido y las propuestas visitadas son la manifestación física de la toma de decisiones del niño, que puede contribuir a verificar si el espacio y las propuestas son adecuadas (Schautz et al., 2016)

Sobre el tiempo, tomando como referente las aportaciones de la neurociencia (Posner et al., 2014), el mantenimiento prolongado de la atención en una propuesta es síntoma de interés y de que el niño se encuentra en su zona de desarrollo óptimo. La implicación del niño puede considerarse un indicador de la calidad y eficacia de su experiencia de aprendizaje. La cantidad de tiempo es importante, pero tiene que ir siempre ligado a la acción porque se trata de discernir entre "cantidad de minutos" frente a calidad de la atención sostenida. La interpretación resulta siempre compleja. Por ejemplo, una inversión temporal elevada podría ser un síntoma de que se están movilizando recursos cognitivos de alto nivel (Cairns, 2025), pero solamente si durante esa intervención se están haciendo acciones productivas. En caso contrario, si se invierte tiempo en acciones que no son productivas puede ser en una evidencia de que esa propuesta es interesante desde el punto de vista visual o de la atracción, pero esconde un mal diseño de la propuesta que provoca que los niños y niñas no comprendan qué tienen que hacer o que no deduzcan cómo interaccionar con los materiales. Dado que un requisito de un ECILE es ser diseñado con una intencionalidad didáctica clara y unos objetivos de aprendizaje concretos para cada propuesta, discernir la adecuación a la intencionalidad de la acción de los infantes es fácil.

Estudios previos en el marco de los ECILES, como los de Mateo González et al., (2023) o Sáez-Bondía et al., (2023), han atendido a uno de estos tres parámetros, las propuestas visitadas, el tiempo de estancia en cada propuesta y la adecuación de la acción de la niña o niña a los objetivos de la propuesta por separado. Sin embargo, los tres están íntimamente interrelacionados por lo que es difícil valorar individualmente cada una de las dimensiones y deben ser registrados de manera simultánea para poder realizar una evaluación adecuada tanto del diseño del ECILE como de la experiencia del niño o niña.

METODOLOGÍA

Esta comunicación presenta un estudio de caso centrado en la aplicación del instrumento de observación creado para ver su viabilidad. Se basa en la observación no participante en contexto natural, con toda su riqueza y todas sus dificultades.

En el marco del proyecto ImpactLab (ID2022-139472OA-I00, financiado por el MI-CIU/ AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE), una de las autoras estuvo registrando en vídeo la acción de una niña escogida al azar del grupo de 5 años de la escuela Pla del Puig (Sant Fruitós de Bages, Barcelona) en las tres visitas realizadas en el curso escolar 24-25 (noviembre, enero y abril) al Lab 0_6 UManresa. El registro se realizó evitando la intervención de la investigadora (observación no participante) que gravaba de la manera más discreta posible. Posteriormente, a partir del vídeo registrado, se analizó el recorrido y las propuestas visitadas por la niña en cada sesión, el tiempo invertido en cada propuesta y la adecuación de la acción de la niña al objetivo previo planteado por las maestras responsables del espacio.

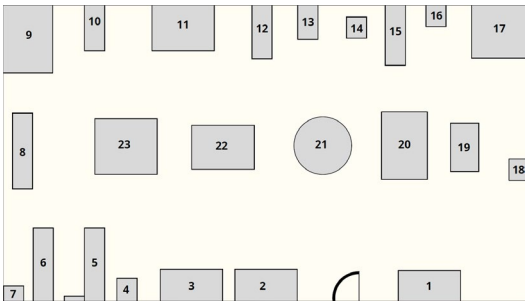


Figura 1: mapa de las propuestas del Lab 0_6 UManresa

Construcción del instrumento

Una primera acción necesaria es la construcción del plano de todas las propuestas del espacio (Figura 1), plasmadas en relación a su formato real y la definición de la intención educativa de la propuesta (Tabla 1), para lo que se contó con la contribución de las maestras responsables del espacio.

Tabla 1: Relación de propuestas del Lab 0_6 UManresa con la definición de su intención educativa

Nº propuesta	Definición del material	Intención educativa
1	arenero de semillas	separación por tamaño
2	canales dirigibles	control de la trayectoria
3	réplica de un medio playa	deducción de información sobre los seres vivos a partir de restos
4	mesa de luz con radiografías de animales	relación dentro-fuera en los seres vivos
5	colección de cacas	relación alimentación-estructura en los seres vivos
6	terrario insectos palo	observación seres vivos
7	pes i mesura	peso-volumen-densidad
8	colección de cráneos, pieles, astas	deducción de información sobre los seres vivos a partir de restos
9	biblioteca de libros de ciencia	búsqueda de información
10	colección de semillas	clasificación
11	circuito cerrado de agua	control de la trayectoria, necesidad de esfuerzo para subir el agua
12	engranajes	transmisión de movimiento
13	rampas	factores que afectan a la velocidad de bajada por un plano inclinado
14	mesa de materiales distintos y ventosas	propiedades de los materiales en relación a la adhesión con ventosas
15	pizarra magnética	materiales que son atraídos o no por los imanes
16	plataforma en equilibrio con piezas	peso y situación para mantener el equilibrio
17	espacio oscuro	propiedades de la luz, perspectiva elástica, opacidad/transparencia
18	espejo en libro	simetrías, multiplicación de imagen
19	módulo geología	propiedades de muestras geológicas
20	peonzas	factores que afectan al tiempo de giro de las peonzas
21	laberinto cerrado	control de la trayectoria de la bola
22	rampa con piezas de madera y dispensador de la bola	control de la trayectoria
23	palancas con ejes cambiables	funcionamiento de la palanca de 1r grado

Cada sesión se recoge en un único mapa que refleja:

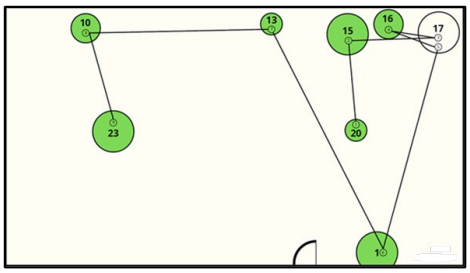
a) el recorrido de la niña: representado con una línea que evidencia las propuestas visitadas.

b) el tiempo de estancia en la propuesta: representado con un círculo, de tres tamaños en función del tiempo total de estancia: de 0 a 2 minutos, de 2 a 4 m., entre 4 y 6 m..

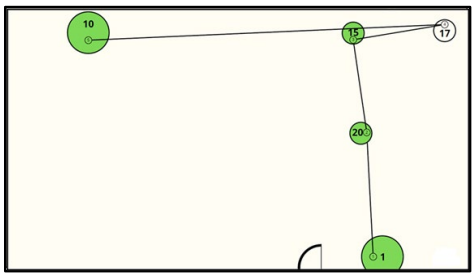
c) la adecuación al objetivo: que se marca con el color del círculo: verde si la acción de la niña coincide con la intención educativa de la propuesta, amarillo si no coincide con la intención educativa de la propuesta pero es una acción interesante desde el punto de vista de la ciencia y rojo si la acción es no deseable desde el punto de vista adulto. Para definir la adecuación al objetivo se parte de la definición previa de la intención educativa de cada propuesta (tabla1)

En los mapas a fin de mejorar la legibilidad, sólo se recogen las propuestas visitadas. La propuesta 17 no tiene color porque es una sala oscura donde la investigadora no podía entrar para valorar la adecuación de la acción de la niña a los objetivos de la propuesta.

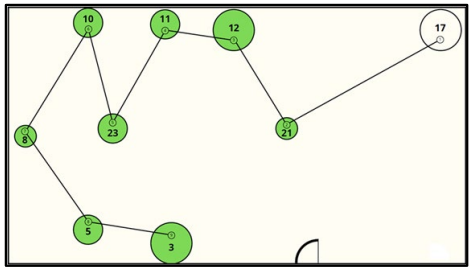
RESULTADOS



a) mapa de la sesión de noviembre



b) mapa de la sesión de enero.



c) mapa de la sesión de abril

Propuestas visitadas en las 3 sesiones: 10, 17 Clasificación de semillas, espacio oscuro,
Propuestas visitadas en 2 sesiones: 1, 15, 20, 23. Arenero de semillas, pizarra magnética, peonzas, palanca.
Propuestas visitadas en 1 sesión: 3, 5, 8. 11, 16, 21. Arenero playa, cacas, restos animales, circuito agua, equilibrio, laberinto
Propuestas no visitadas: 2, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 18, 19, 22. Canales dirigibles, radiografías, terrario, peso, biblioteca, engranajes, rampas, ventosas, libro espejo, geología, trayectoria

Figura 2: Mapas de las tres visitas, noviembre (a), enero (b), abril (c) y tabla resumen de las propuestas visitadas (d).

DISCUSIÓN

La aplicación del instrumento de observación ha permitido identificar que los recorridos realizados por la alumna son diferentes en cada una de las visitas al ECILE, explorando además zonas distintas del espacio en cada sesión. En conjunto, a lo largo de las tres sesiones la niña visita aproximadamente la mitad de las propuestas que componen el ECILE. No obstante, el análisis de los recorridos sugiere la existencia de ciertas preferencias. Algunas propuestas, como la 17 y la 10, son visitadas en las tres sesiones y, en varios casos, con tiempos de permanencia superiores a los observados en otras actividades. Otras propuestas, como la 1, 15, 20 y 23, aparecen en dos de las sesiones.

Estos resultados reflejan cómo en un espacio donde cada visitante construye su propio itinerario de exploración en función de sus intereses y decisiones momentáneas las trayectorias de exploración e interacción con el material y las propuestas pueden ser diversas, por lo que cada una de ellas debe ser capaz de promover un aprendizaje por sí misma, sin necesidad de secuenciación o interacción con otras. Por otro, apuntan a que determinadas propuestas pueden ejercer una mayor capacidad de atracción o de mantenimiento del interés, aspecto que podría estar relacionado tanto con el tipo de reto planteado como con las características materiales de la propuesta. Estos hallazgos son consistentes con los que se plantean en otros contextos de libre elección como los museos de ciencias (Schautz et al., 2016).

Para valorar la aportación del espacio al aprendizaje, y siguiendo la propuesta de Pedreira (2016) que el Museu de Ciències \nNaturals de Barcelona ofereix per a grups escolars de 2 a 6 anys, per tal d'identificar- \nne el valor i les aportacions com a vivència positiva i afavoridora d'aprenentatge \ncientífic i extreure orientacions que puguin ser útils a l'hora de crear noves propostes \nd'aprenentatge científic per a infants. \nEl text comença fent ressaltar els principis bàsics que orienten la proposta: el respecte \na l'infant, l'aproximació al coneixement des de la complexitat, l'aprenentatge com a \ncanvi en les maneres d'entendre el món o el valor de centrar-se a fer ressaltar el patrimoni \nde la institució de referència, i se'n justifica el funcionament i l'organització en \nbase als principis educatius exposats. \nA partir de l'observació dels infants i de les opinions de les mestres i de les educadores \ndel museu, i des d'una perspectiva metodològica qualitativa, s'enfoca la recerca \na treure conclusions en dos aspectes. D'una banda, s'han identificat evidències que \nposen en relleu que la proposta proporciona una vivència positiva als infants en un \nclima confortable i estimulant. D'una altra, els resultats obtinguts apunten que el valor \nd'aprenentatge científic de la proposta se centra en el fet que proveeix els infants \nd'experiència directa amb el material natural, afavoreix l'explicitació de les seves \nidees i proporciona abundants estímuls per a iniciar recorreguts d'aprenentatge que \nrequereixen, però, la col·laboració des d'altres contextos, essencialment l'escola, perquè \npuguin tenir continuïtat. \nFinalment, s'identifiquen factors inherents a la proposta que afavoreixen el seu valor \nglobal com a proveïdora de vivències positives d'aprenentatge científic: el funcionament \nen lliure elecció, la qualitat del material (amb especial atenció al material natural, la aportación más relevante de los espacios de ciencia de libre elección es proveer de tiempo de experiencia directa con los fenómenos. Los tres mapas validan el aprovechamiento de la sesión como proveedora de tiempo de experiencia directa con fenómenos y materiales. Asimismo, permiten inferir que el carácter diverso y abierto de las propuestas que conforman el ECILE, junto con su organización basada en la libre elección, parece favorecer que el tiempo de la sesión se invierta prácticamente en su totalidad en la interacción directa con los materiales y los fenómenos presentados.

En relación con el grado de cumplimiento de los objetivos, los mapas de observación reflejan que la niña observada, en todas sus intervenciones, actúa de manera consecuente con la intención educativa de la persona responsable del espacio, por lo que su actuación valida la adecuación didáctica del diseño de las propuestas que visita. En concreto, estos resultados indican que la niña ha podido "leer" (Mateo-González et. al, 2023) los materiales y comprender los retos planteados sin dificultad, lo que sugiere que el diseño de las propuestas facilita su comprensión y uso autónomo.

En caso de disponer de una muestra mayor de participantes, el análisis comparado de las propuestas más o menos visitadas podría aportar información relevante para la mejora del espacio. No obstante, un aspecto de interés para futuros trabajos sería contemplar la posible intervención de la persona adulta durante el desarrollo de la actividad, en la línea de lo planteado por autores como Haldón et. al, (2022).

Esta información resultaría especialmente relevante para interpretar con mayor precisión el proceso de interacción del alumnado con las propuestas, ya que la intervención adulta puede desempeñar un papel de apoyo o de andamiaje en la comprensión de los retos planteados y en la exploración de los materiales.

CONCLUSIONES

El presente trabajo ha permitido explorar las posibilidades del instrumento de análisis basado en mapas de recorrido, tiempos de permanencia y grado de cumplimiento de las acciones propuestas para estudiar la interacción del alumnado con un espacio de ciencia inclusivo de libre elección (ECILE). Este tipo de representación facilita la interpretación conjunta de estos indicadores y permite aproximarse al análisis del uso que los niños y niñas hacen del espacio, así como al grado en que el tiempo de la sesión se dedica a la interacción directa con los materiales y los fenómenos presentados. En definitiva, la herramienta confirma que las niñas y niñas que asisten a sesiones de un ECILE aprovechan el tiempo desde el punto de vista del aprendizaje, a la vez que se destaca como una herramienta de análisis de la validez de los ECILEs que puede sugerir posibles mejoras en el diseño del espacio y las propuestas. La dificultad de este tipo de análisis recae en la necesidad de una persona que se ocupe del seguimiento de la niña o niño en las sesiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barandiaran, A. (coord). (2021). *La evaluación en la educación infantil*. Graó.

Cairns, D. (2025). Balancing teacher-led and student-led learning in science: The importance of cognitive load | Large-scale Assessments in Education | Springer Nature Link. *Large-scale Assessments in Education*, *13*(27). https://doi.org/10.1186/s40536-025-00263-w

Laorden Gutiérrez, M. C. y Pérez López, C. (2002). El espacio como elemento facilitador del aprendizaje: Una experiencia en la formación inicial del profesorado. *Pulso*, (25). https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/5112

Mateo González, E., Sáez Bondía, M. J., Martín García, J. y Fernández López del Moral, S. (2023). Algunos principios de diseño de espacios de ciencias de libre elección monotemáticos. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (45), 35-52. https://doi.org/10.7203/dces.45.27360

Pedreira, M. (2016). *«Puc tocar?» Anàlisi d'una proposta educativa del Museu de Ciències Naturals de Barcelona per a infants de 2 a 6 anys*. http://www.tdx.cat/handle/10803/386493

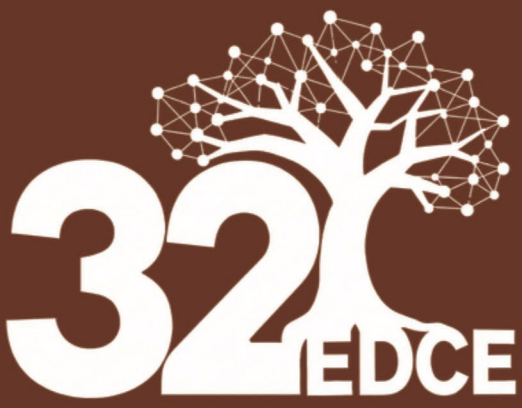
Pedreira, M. y Mateo, E. (2026). La evaluación en los ECILE. En *Espacios de ciencia inclusivos de libre elección*. Graó.

Posner, M. I., Rothbart, M. K., Sheese, B. E. y Voelker, P. (2014). Developing Attention: Behavioral and Brain Mechanisms. *Advances in Neuroscience*, *2014*(1), 405094. https://doi.org/10.1155/2014/405094

Sáez-Bondía, M. J., Mateo, E. y Martín-García, J. (2024). Science learning in 3- and 5-year-old children in the same free-choice learning environment on plant diversity. *Learning Environments Research*, *27*(1), 199-215. https://doi.org/10.1007/s10984-023-09475-9

Schautz, A. M., Van Dijk, E. M. y Meisert, A. (2016). The Use of Audio Guides to Collect Individualized Timing and Tracking Data in a Science Center Exhibition. *Visitor Studies, 19*(1), 96-116. https://doi.org/10.1080/10645578.2016.1144032

Sanmartí, N. (2024). ¿Por qué es importante pensar en la evaluación como aprendizaje? *Revista Grao 0-6*, *3*, 12-20.



EHU

APICE
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PROFESORES E INVESTIGADORES EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

IkasGaraia
Educación, cultura y desarrollo sostenible