ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS
REVISTA DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS
vol. 42, n. 3, noviembre 2024

CONSEJO DE REDACCIÓN

Ana María Abril Gallego. DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE JAÉN. • Lluís Albarracín Gordo. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. • David Arnau Vera. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. • José Cantó Doménech. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. • Consuelo Domínguez Sales. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. • Anna R. Esteve Martínez. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. • Ceneida Fernández Verdú. DEPARTAMENTO INNOVACIÓN Y FORMACIÓN DIDÁCTICA. UNIVERSIDAD DE ALICANTE. • Valentín Gavidia Catalán. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. • Carme Grimalt-Alvaro. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Julià Hinojosa Lobato. DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ LINGÜÍSTICA I LITERÀRIA I DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I DE LA MATEMÀTICA. UNIVERSITAT DE BARCELONA. • Rut Jiménez-Liso. DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN. UNIVERSIDAD DE ALMERIA. • Victor López Simó. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Anna Marbà-Tallada. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. • Fatima Rodríguez Marín. DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOCIALES. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

DIRECCIÓN CIENTÍFICA (EDITORES)

Edelmira Badillo Jiménez. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

Jordi Solbes Matarredona. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

OTROS CONSEJEROS

Digna Couso Lajaron. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. • Anna R. Esteve Martínez. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. • Juan Gutiérrez Soto. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES MATEMÀTICA. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. • Núria Planas Raig. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

CONSEJO ASESOR

Agustín Adúriz-Bravo, INSTITUTO CEFIEC, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. ARGENTINA • Fanny Angulo Delgado, DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES, FACULTAD DE EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. COLOMBIA • Catherine Bruguière, EPISTÉMOLOGIE ET DIDACTIQUE DE LA BIOLOGIE , INSPE DE LYON. FRANCIA • Leonor Camargo Uribe, DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS, UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL. COLOMBIA • Antonia Candela, DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES EDUCATIVAS, CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN. MÉXICO • Marcelo de Carvalho Borba, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" (UNESP). BRASIL • Lydia R. Galagovsky, INSTITUTO CENTRO DE FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS (CEFIEC), FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. ARGENTINA. • Alma Adrianna Gómez-Galindo, UNIDAD MONTERREY, CINVESTAV. MÉXICO • Ángel Gutiérrez Rodríguez. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. Mercè Izquierdo Aymerich, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. ESPAÑA • María Pilar Jiménez Aleixandre, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. ESPAÑA • Rosária Justi, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. BRASIL • Isabel Martins, NÚCLEO DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL PARA A SAÚDE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (NUTES/UFRJ). BRASIL • Conxita Márquez Bargalló. DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA • Vicente Mellado Jiménez, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y MATEMÁTICAS, UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA. ESPAÑA • Cristian Merino Rubilar, INSTITUTO DE QUÍMICA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO. CHILE • Judit Moschkovich, EDUCATION DEPARTMENT, UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT SANTA CRUZ. EE.UU. • Marcela Cecilia Párraguez González, INSTITUTO DE MATEMÁTICAS, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO. CHILE • Francisco Javier Perales Palacios, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES. UNIVERSIDAD DE GRANADA. ESPAÑA • Maurício Pietrocola, FACULDADE DE EDUCAÇÃO, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. BRASIL • Núria Planas, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. ESPAÑA • João Pedro da Ponte, INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, UNIVERSIDADE DE LISBOA. PORTUGAL • Lluis Puig Espinosa, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA, UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. ESPAÑA • Mario Quintanilla-Gatica, DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA, FACULTAD DE EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. CHILE • Luis Radford, ÉCOLE DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION, UNIVERSITÉ LAURENTIENNE. CANADÁ • Pedro Rocha dos Reis, INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, UNIVERSIDADE DE LISBOA. PORTUGAL • Neus Sanmartí Puig, DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA I DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. ESPAÑA • Manuel Santos Trigo, DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA, CINVESTAV, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (IPN). MÉXICO • Graça Simões de Carvalho, CIEC - CENTRO DE INVESTIGAÇÃO EM ESTUDOS DA CRIANÇA, INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, UNIVERSIDADE DO MINHO. PORTUGAL • Jorge Soto Andrade, DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS, UNIVERSIDAD DE CHILE. CHILE • Vicente Talanquer, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y BIOQUÍMICA, UNIVERSIDAD DE ARIZONA. EE.UU. • Oscar Eugenio Tamayo Alzate, UNIVERSIDAD DE CALDAS - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES, DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS EDUCATIVOS. COLOMBIA • Paola Valero, DEPARTMENT OF MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION, STOCKHOLM UNIVERSITY. SUECIA • Manuela Welzel-Breuer, INSTITUTE FOR SCIENCE, GEOGRAPHY AND TECHNICAL ENGINEERING, PHYSICS DEPARTMENT, UNIVERSITY OF EDUCATION HEIDELBERG. ALEMANIA

EDICIÓN

Departamentos de: Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas de la Universitat Autònoma de Barcelona, Didáctica de las Matemáticas de la de la Universitat de València, Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universitat de València.

La Revista Enseñanza de las Ciencias es una revista en español, publicada desde 1983. Riguroso sistema doble ciego de evaluación. Amplia red de revisores científicos. Gestión profesional de los artículos a través de la plataforma OJS. Formato digital on-line. Publica en abierto, el texto completo es accesible de forma gratuita. No cobra a los autores de los artículos publicados.

INDEXACIÓN

CARHUS+	ERIHPLUS	**JCR-WOS SSCI (ISI)**	Scimago
CIRC	FECYT	LATINDEX (Catálogo)	Scopus
DIALNET plus	Google	MathEduc	
DICE	Scholar	MIAR	
	IRESIE	REBIUM	

Diseño del interior y maquetación:
Celso Hernández de la Figuera y Gómez

Gestión editorial:
Felipe Corredor Álvarez

Recepción de originales:
http://ensciencias.uab.es/about/submissions#onlineSubmissions

Correo electrónico
r.ensenanza.ciencias@uab.cat

CC-BY: en cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría. Se permite cualquier explotación de la obra, incluyendo una finalidad comercial, así como la creación de obras derivadas, la distribución de las cuales también está permitida sin ninguna restricción.

ISSN (impreso): 0212-4521 e ISSN (digital): 2174-6486
Depósito legal: B-12373-1983

ÍNDICE

EDITORIAL

Más de 40 años de Enseñanza de las Ciencias, *Edelmira Badillo y Jordi Solbes* 5

Estadísticas de artículos - 2023 7

Relación de evaluadores de artículos recibidos durante el año 2023 9

INVESTIGACIONES DIDÁCTICAS

Identificación de ciclos de generación, evaluación y modificación en estequiometría, *Romina Riva-Riquelme, María Cecilia Núñez-Oviedo, Patricio Flores-Morales* 11

Enseñanza de la ciencia en las aulas de Educación Infantil según los docentes en activo: implicaciones en la formación del profesorado, *José María Marcos-Merino, Elena Calvino Pérez* 33

Conocimiento didáctico del contenido de formadores de profesores sobre didáctica de las ciencias, *María Emilia Ottogalli, Gonzalo M. A. Bermudez*.....55

Resolución de un problema de generalización por alumnado con trastorno del espectro autista, *Ángeles Chico Gómez, Irene Polo-Blanco, Nuria Climent Rodríguez, Inmaculada Gómez Hurtado* ...75

Reflexiones de futuros maestros sobre dónde debe intervenir la ciencia en su día a día, *Marta Reina, Beatriz Pérez-Bueno, Marta Ceballos, Ángel Ezquerra*.....97

Interdisciplinariedad en educación secundaria: un recorrido de estudio e investigación, *Susana Vásquez, Berta Barquero y Marianna Bosch* 115

Cambio climático en educación secundaria: la representación social del alumnado portugués, *Antonio García Vinuesa, Sara Carvalho, Pablo Ángel Meira Cartea* 139

La alfabetización ambiental del futuro profesorado de infantil y primaria en Andalucía, *Ana Rivero García, Emilio Solís Ramírez, Rocío Jiménez Fontana, Lucía Rodríguez Pérez* 159

Creencias y actuación en el aula de los formadores de profesores de Matemáticas, *Wendy Jhoana Jiménez Ávila, Leticia Sosa Guerrero* 185

Noticias de prensa sobre el problema de los residuos en el aula: concienciación frente a información, *Unai Ortega-Lasuen, José Ramón Díez, Patricia Esteve-Guirao, Isabel Banos-González* 203

https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6323
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

EDITORIAL

MÁS DE 40 AÑOS DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Enseñanza de las ciencias es la primera revista de investigación en Didáctica de las Ciencias y de la Matemática que se pública en lengua castellana. Su aparición y su labor en estas cuatro décadas, sin duda, han sido cruciales en la creación y consolidación de nuestro campo de trabajo tanto en nuestro país como en los países latinoamericanos.

Aparece en 1983, hace 41 años, y hay que esperar algún tiempo a que aparezcan otras. Así en Argentina en 1986 surge la *Revista de Enseñanza de la Física*, en 1989 en México *Educación Química* y en España en 1987 *Investigación en la Escuela,* en 1989 *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* y en 1994 *Alambique* y revistas electrónicas, como la *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* en 2002 y la *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* en 2003.

Nace como una iniciativa conjunta de la Universitat Autónoma de Barcelona y de la Universitat de València, en concreto, de sus respectivos Institutos de Ciencias de la Educación. Sus primeros directores desde 1983 a 1991 fueron Berta Gutiérrez de la UAB y Daniel Gil de la UV.

Desde sus inicios en 1982, *Enseñanza de las Ciencias* ha sido un espacio dedicado a fomentar la investigación, la innovación y el desarrollo (I+D+i), de la Didáctica de las Ciencias y de la Matemática, contribuyendo al avance en su enseñanza y consolidándose como una publicación de referencia en el ámbito educativo. La revista desde sus orígenes ha fomentado la divulgación de los resultados de la investigación y ha sido un espacio que busca enriquecer la educación científica a través de la investigación, la innovación y el intercambio de ideas entre profesionales del ámbito educativo, dándole protagonismo a investigadores expertos y noveles, investigadores en formación y a docentes en ejercicio.

Empieza publicándose en papel y su imagen emblemática de portada son los hemisferios de Magdeburgo, diseñados en 1654 por el científico alemán Otto von Guericke, que unos caballos intentan separar. El editorial del primer número de la revista, vol. 1(1), de 1983, manifiesta claramente su objetivo: «promover la investigación en la didáctica de las ciencias». También «contribuir a la promoción de la investigación educativa» y «facilitar la comunicación de los trabajos que algunos grupos vienen ya realizando». Y vaticinaba que «Solo la expansión entre nosotros de la investigación educativa y la creación y consolidación de equipos de trabajo hará posible una presencia real en el ámbito internacional. Y esta expansión requiere la existencia de revistas como *Enseñanza de las Ciencias*». El tiempo ha puesto de manifiesto hasta qué punto era acertado aquel impulso. La Didáctica de las Ciencias se ha consolidado como un área de conocimiento fructífera con investigaciones que ha permitido crear una sólida comunidad científica en España y en los países latinoamericanos.

En sus inicios, la revista constaba de 3 secciones de artículos y dos de notas breves, que se han ido transformando para adaptarse mejor a las necesidades de un mundo educativo en constante trans-

formación. En un primer momento, los artículos estaban dedicados a «Investigación y experiencias didácticas», «Otros trabajos» e «Historia de las ciencias y enseñanza» que, en el vol. 7(3), de noviembre de 1989, se transformaría en «Historia y epistemología de las ciencias». A punto de entrar en el siglo XXI, en el vol. 15(2), de junio de 1997, aparecerían las secciones de artículos que se mantienen en la actualidad: «Investigaciones didácticas», «Innovaciones didácticas» e «Historia y epistemología de las ciencias». Desde sus inicios, la revista ha mantenido como rasgo característico que todas las innovaciones que publica han sido previamente implementadas en el aula y evaluadas.

Por su parte, las notas breves ofrecían «Información Bibliográfica y Noticias». Mientras las Noticias aparecerían por última vez en el vol. 25(3) de 2007, la Bibliografía se reduciría a la subsección de Tesis didácticas. Los «Intercambios, comentarios y críticas» aparecerían por última vez en el vol. 14(1) de 1996.

En coherencia con un compromiso para un mundo más sostenible, a partir del vol. 32(3), de noviembre de 2014, desaparece el formato en papel y la revista se publica únicamente en formato digital, siendo de libre acceso diamante, comprometidos también con la libertad de acceso al conocimiento con una licencia Creative Commons by, garantizando acceso inmediato y libre a los artículos publicados, libertad para distribuirlos, sin periodo de embargo y sin cobrar a autores y autoras, gracias al apoyo económico de la Universitat Autònoma de Barcelona y de la Universitat de València.

Enseñanza de las Ciencias está incluida desde 2010 en el *Social Sciences Citation Index* (SSCI) del *Journal Citation Reports* en la categoría Educación e Investigación educativa y también desde ese año en *SCImago Journal & Country Rank*, portal de evaluación basado en la información contenida en la Base de Datos *Scopus*.

También tiene su papel protagonista en uno de los primeros foros de investigación en educación científica del ámbito latinoamericano, co-organizando los *Congresos Internacionales de Investigación en Didáctica de las Ciencias*, que alcanzará su duodécima edición del 2 al 5 de septiembre de 2025 en València.

Todo esto no habría sido posible sin la dedicación de una amplia comunidad de colaboradores: autores y autoras, revisores y revisoras, editores y editoras, directores y directoras, y lectores y lectoras, que han trabajado incansablemente para garantizar el crecimiento y la excelencia de la revista. En esta editorial celebramos no solo el aniversario de una revista, sino el espíritu colaborativo y la pasión por la educación científica que la han sostenido a lo largo de los años.

Deseamos que este 41.º aniversario sea una invitación a seguir explorando, innovando y compartiendo el conocimiento que hará posible que la enseñanza de las ciencias siga avanzando hacia un futuro más equitativo e igualitario y en el que se aborden retos de la sociedad y de la educación científica en contextos cambiantes, desde la incorporación de tecnologías digitales hasta la educación para la sostenibilidad y la formación del pensamiento crítico. Investigaciones cuya última finalidad sea la de formar una ciudadanía alfabetizada científicamente, ya que como señala la UNESCO en su Informe Científico de 2021: «La alfabetización científica puede ser un amortiguador eficaz contra los movimientos anticientíficos que buscan sembrar la duda en la mente del público mediante la difusión de información que saben que es falsa».

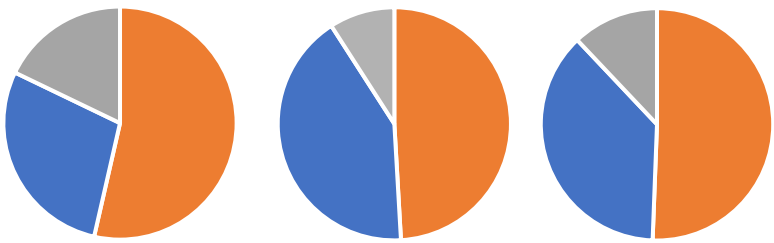
Edelmira Badillo y Jordi Solbes
Directores de la revista

https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6322
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

ESTADÍSTICAS DE ARTÍCULOS – 2023

	Didáctica de las Matemáticas		*Didáctica de las Ciencias*		*Total*	
Artículos recibidos en 2023	52		138		190	
Pasan a evaluación por pares	28	53,85 %	55	39,86 %	83	43,68 %
No pasan a evaluación	24	46,15 %	83	60,14 %	107	56,32 %

	Didáctica de las Matemáticas		*Didáctica de las Ciencias*		*Total*	
Artículos recibidos en 2023 que pasaron a evaluación	28		55		83	
No publicables	15	53,57 %	27	49,09 %	42	50,60 %
Aceptados	8	28,57 %	23	41,82 %	31	37,35 %
En evaluación	5	17,86 %	5	9,09 %	10	12,05 %



RELACIÓN DE EVALUADORES DE ARTÍCULOS RECIBIDOS DURANTE EL AÑO 2023

El equipo editorial agradece a todas las personas que han realizado tareas de evaluación de manuscritos por su inestimable ayuda.

Carlos Agudelo Carvajal
Fátima Aguilera Padilla
Diego Airado Rodríguez
Silvia Albareda Tiana
Lluís Albarracín Gordo
Angel Alsina Pastells
Juan-Francisco Álvarez-Herrero
Lourdes Aragón Núñez
María del Mar Aragón-Méndez
Ainhoa Arana-Cuenca
David Arnau
G. Enrique Ayuso Fernández
Edelmira Badillo
Julio Ballesta Claver
Berta Barquero
Dafne Bastida Izaguirre
Carmen Batanero
Gonzalo Bermudez Bermudez
Norka Blanco Portela
Beatriz Bravo Torija
Alicia Bruno
Aureli Caamaño Ros
José Cantó Doménech
Florentina Cañada
María C. Cañadas
Esther Cascarosa Salillas
Marta Ceballos
Luis Carlos Contreras González
Silvina Cordero
Ana Rosa Corica
Ángel Luis Cortés Gracia
Joaquim Costa Llobet
Marta Cruz-Guzmán Alcalá
João Pedro da Ponte
Carlos de Pro Chereguini
Joserra Díez López
M. Consuelo Domínguez Sales
John Henry Durango Urrego
Anna R. Esteve Martínez
Angel Ezquerra
María de los Ángeles Fanaro Cavalli
Gracia Fernández Ferrer
José Antonio Fernández Plaza
Raquel Fernández-Cézar
Antonio Joaquín Franco-Mariscal
Claudio Eduardo Fuentealba Aguilera
Lydia Raquel Galagovsky
Rosa Esperanza Galera Flores
Leticia Gallegos Cázares
Susana García Barros
Francisco Javier García García
Álvaro García Martínez
Antonio García-Carmona
José María Gavilán Izquierdo
Cristina Gil González
Alma Adrianna Gómez Galindo
Viviana Gómez Nocetti
María Teresa González Astudillo
Francisco González García
José Antonio González-Calero
Rodolfo Gozalo
Carme Grimalt-Álvaro
Soraya Hamed
Lidia Aurora Hernández Rebollar
Miriam Andrea Hernández
Jonathan Heiler Hernández-Prieto
M.ª Pilar Jiménez Tejada
Carol Lindy Joglar
Rubén Limiñana
María del Mar Liñán García
Lidia López Lozano
Víctor López Simó
Rafael López-Gay Lucio-Villegas
Óscar Raúl Lozano Lucia
José María Marbán Prieto
Carolina Martín Gámez
María Martín Peciña
María Martínez Chico
Ángela Martín-Serrano Ortiz
Ainoa Marzabal Blancafort
Carla Inés Maturano
Alexander Maz Machado
Eduardo Luis Méndez Méndez
Cristian Gonzalo Merino Rubilar
Marta Molina
Miguel Ángel Montes Navarro
Mónica A. Mora Badilla
Wiliam Manuel Mora Penagos
Sylvia Moraga
Antonio Moreno
Begoña Oliveras
Antonio M. Oller Marcén
Jairo Ortiz-Revilla
Rafael Palomar Fons
Irene Ferrando Palomares
Matilde Peinado Rodríguez
Francisco Javier Perales Palacios
Uxío Pérez Rodríguez
M. Francisca Petit Pérez
Carolina Pipitone
Núria Planas
Jorge Pozuelo Muñoz
Mario Roberto Quintanilla-Gatica
Silvia Lizette Ramos
Pilar Reyes
Alessandro Ribeiro
Mirela Rigo Lemini
Ana Rivero
Francisco Javier Robles Moral
Luis J. Rodríguez-Muñiz
Francisco Rojas
Marta Romero Ariza
Milton Rosa
Juan Francisco Ruiz Hidalgo
Gemma Sala Sebastià
Gloria Sánchez Matamoros García
Ernesto Alonso Sánchez Sánchez
Neus Sanmartí Puig
Ana Serradó Bayés
M.ª Jesús Fuentes Silveira
Cristina Simarro Rodríguez
Horacio Cristian Solar Bezmalinovic
Emilio Solís Ramírez
Carlos Soneira Calvo
Marta Talavera Ortega
Eva María Terrado Sieso
Manel Josep Traver Ribes
Omar Trujillo Varilla
Rocio Valderrama
Cristina Vallés Rapp
José Benito Vázquez Dorrio
Pedro Vega Marcote
Amparo Vilches Pena
José Miguel Vílchez González
José Eduardo Vílchez López
Jhony Alexander Villa-Ochoa
Joyse Ashley Vitorino de Medeiros
Miguel R. Wilhelmi
Alberto Zapatera Llinares
Kristina Zuza Elosegui

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 11-32
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5965
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Identificación de ciclos de generación, evaluación y modificación en estequiometría

Identifying Cycles of Generation, Evaluation, and Modification in Stoichiometry

Romina Riva-Riquelme
Scuola Italiana de Concepción, Concepción, Chile.
romina.159@gmail.com

María Cecilia Nunez-Oviedo
Departamento de Currículum e Instrucción, Facultad de Educación, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
marnunez@udec.cl

Patricio Flores-Morales
Departamento de Polímeros, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
patflores@udec.cl

RESUMEN • La química es muy importante a nivel terciario, pero por su abstracción el estudiantado siente animadversión hacia ella. Para mejorar esta actitud, el foco parece ponerse en una didáctica que utiliza procesos de construcción y revisión de modelos mentales. El objetivo del artículo es exponer el caso de un curso presentado con un desafío científico en la unidad de estequiometría que consistió en determinar la cantidad de moléculas de un gas generado en una reacción química. La clase se efectuó mediante un proceso de coconstrucción del conocimiento entre aprendices y maestros y organizada en un ciclo didáctico de cinco etapas. Los estudiantes evolucionaron sus modelos mentales mediante ciclos de generación, evaluación y modificación, lo que se reflejó en calificaciones altas en el informe final, y evidenció el efecto positivo de esta metodología en el aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: Estequiometría; Ciclos GEM; Modelización; Razonamiento no formal; Heurísticos.

ABSTRACT • Chemistry is very important at the tertiary level, but because of its abstraction, students feel hostility towards it. To improve this attitude, the focus seems to lie in a didactic approach that uses the construction and revision of mental modeling processes. The objective of the article is to lay out the case of a course presented with a scientific challenge in the stoichiometry unit that consisted in determining the number of molecules of a gas generated in a chemical reaction. The class was carried out through a process of co-construction of knowledge between learners and teachers and was organized in a didactic cycle of five stages. The students' mental models evolved through cycles of generation, evaluation, and modification, which was reflected in the high grades obtained by them in the final report, evidencing the positive effect of this methodology on learning.

KEYWORDS: Stoichiometry; GEM cycles; Modeling; Non-formal reasoning; Heuristics.

Recepción: junio 2023 • Aceptación: mayo 2024 • Publicación: noviembre 2024

Riva-Riquelme, R., Nunez-Oviedo, M. C. y Flores-Morales, P. (2024). Identificación de ciclos de generación, evaluación y modificación en estequiometría. *Enseñanza de las Ciencias*, *42*(3), 11-32
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5965

INTRODUCCIÓN[1]

La enseñanza de las ciencias naturales es una disciplina autónoma (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002) de complejidad inherente y donde coexisten distintos paradigmas educativos. En el caso de la química, su enseñanza se hace difícil debido a los siguientes motivos: la falta de habilidades y motivación de algunos profesores (Méndez, 2015), el hecho de que es una ciencia donde hay que pensar (como declara el estudiantado) (Gómez et al., 2004), la falta de claridad sobre su utilidad (Chamizo, 1995), la falta de relación entre lo macro y lo (sub)microscópico (Harrison y Treagust, 2002) y la cuestión ontológica de esta ciencia (Cardellini, 2012). Estos factores hacen que la química parezca a los estudiantes una ciencia abstracta y sin sentido, cuya consecuencia es el desinterés por su aprendizaje.

La estequiometría es uno de los temas más importantes en química, ya que permite representar las reacciones químicas y predecir cuánto producto se formará a partir de una cantidad de reactantes conocida. Sin embargo, la enseñanza de la estequiometría se enfoca demasiado en los cálculos matemáticos y se pierde la comprensión del fenómeno reactivo al circunscribirlo a otro simbólico (Labarrere y Quintanilla, 2002; Quintanilla-Gatica y Baeza, 2022). Los estudiantes necesitan relacionar la estequiometría con el mundo molecular y atómico de los compuestos para comprender su utilidad en la química, ya que, de acuerdo con Johnstone (1993), esta tiene tres componentes básicos: la macroquímica (lo visible), la (sub)microquímica (lo invisible) y la representación simbólica (las ecuaciones). Por esta razón, un estudiante que desee aprender química debe relacionar esta tríada tal como lo hace un profesional.

El uso de prácticos de laboratorio que confirmen la teoría desmotiva a los estudiantes (una receta no representa un desafío). Por lo tanto, es importante cuestionarse cómo se enseña la química: ¿se está siguiendo el método obtuso o el método creativo de enseñanza? La teoría y la práctica amalgamadas muestran un aprendizaje positivo, de acuerdo con Concha et al. (2019).

Entre los expertos, al parecer existe consenso en que para superar el obstáculo de la motivación y el «sinsentido» de aprender química es necesario usar y potenciar las secuencias didácticas en el aula (Carrasco Monrroy et al., 2022; Chevalier et al., 2022; Merino et al., 2015; Moreno Martínez y Franco Mariscal, 2023; Quintanilla-Gatica y Baeza, 2022; Rebollar et al., 2022; Reina et al., 2023). De acuerdo con Medina y Salvador (2009, p. 7): «La Didáctica es la disciplina o tratado riguroso de estudio y fundamentación de la actividad de enseñanza en cuanto propicia el aprendizaje formativo de los estudiantes en los más diversos contextos».

Una didáctica para la química, o más generalmente para las ciencias naturales, ha sido el foco de varios autores sobre la base del concepto de prácticas científicas propuesto por Ford (2015, p. 1042): «(1) hacer preguntas; (2) desarrollar y usar modelos; (3) planificar y llevar a cabo investigaciones; (4) analizar e interpretar datos; (5) utilizar pensamiento matemático y computacional; (6) construir explicaciones; (7) impugnar una opinión a partir de evidencias; y (8) obtener, evaluar y comunicar información». Pero este mismo autor comenta que las prácticas científicas no están basadas en reglas, sino en recurrentes procesos de evaluación y revisión que conducen a la comprensión de la naturaleza, lo que se relaciona con el punto 6 de Ford, la construcción de explicaciones, un proceso que mejora o refina una idea primigenia varias veces. Las ideas que surgen se conocen como modelos y su mejora, como modelización. De acuerdo con Gilbert et al. (2000), un modelo es una representación de un objeto o un fenómeno con un objetivo específico, mientras que la modelización tiene distintas acepciones.

Oliva (2019) indica que los conceptos de modelo y modelización son términos empleados en la literatura de didáctica de las ciencias, como: 1) progresión de modelos; 2) práctica científica; 3) com-

1. A lo largo de este manuscrito, por comodidad, se utilizará el masculino genérico para referirnos tanto a lo masculino como a lo femenino, sin por ello pretender realizar una exclusión de género.

petencia; 4) dimensión instrumental; y 5) estrategia de enseñanza. Después de examinar las diferentes acepciones, el autor concluyó que «estas tendencias no son necesariamente incompatibles sino complementarias, de modo que en muchos de los trabajos realizados se sostiene […] más de uno de estos puntos de vista» (Oliva, 2019, p. 15), y que a continuación se describe.

La modelización como progresión de modelos se basa en la modelización mental, donde los científicos, para crear el conocimiento, refinan sus ideas de tal forma que la explicación final del fenómeno observado sea lo más cercana a la realidad, principalmente por el uso de la cognición (Clement, 2000). Como los científicos no dejan de investigar, estos modelos son mutables de acuerdo con la nueva evidencia científica.

La modelización como práctica científica (Oliva, 2019) se refiere a los componentes del ciclo de investigación científica: plantear problemas, formular predicciones, recoger y analizar información para comprobarla, elaborar nuevas ideas y explicaciones (Adúriz-Bravo, 2012; Aliberas et al., 2017). Pedagógicamente hablando, esto implica que el alumnado debe tener iniciativa y realizar una búsqueda de información; es decir, participar, idear y decidir, pero no por su cuenta, sino con el docente formulando preguntas que propicien su reflexión.

La modelización como competencia se refiere a un conjunto de capacidades que un sujeto debe tener, más allá del razonamiento, para realizar ciencia. Es decir, necesita de un dominio de conocimiento, habilidades, destrezas y valores epistémicos tal como lo haría un profesional (Nicolaou y Constantinou, 2014). De acuerdo con Oliva (2019), la modelización como competencia implica el metaconocimiento, la metamodelización y el conocimiento metacognitivo.

La modelización en su dimensión instrumental aboga por la utilización de instrumentos como dibujos, maquetas, modelos mecánicos, metáforas, simulaciones, imágenes, analogías y experimentos mentales (Nersessian, 1995), entre otros, para generar modelos científicos que sean depurables.

La modelización como estrategia de enseñanza se define como el enfoque didáctico para que un docente en el aula promueva una evolución en los modelos de los estudiantes. Esto implica beber de varios de los tipos de modelización definidos anteriormente para generar secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEA) (Plaza y Rubilar, 2020) o ciclos didácticos de modelización.

Volviendo a la didáctica y al desafío de enseñar ciencia, existen aproximaciones didácticas para su enseñanza y aprendizaje que se basan en los tipos de modelización definidos anteriormente, tales como el modelo didáctico analógico (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001), la resolución de problemas científicos con base en competencias científicas (Labarrere y Quintanilla, 2002), la modelización según el cambio químico (Merino-Rubilar e Izquierdo, 2011), el diseño de problemas con una aproximación toulminiana (Merino-Rubilar et al., 2014) y la indagación científica (Ernst et al., 2017; Mercedes y Tembladera, 2013).

En este manuscrito se ha usado la teoría de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias basada en la construcción y revisión de modelos mentales, MOMENT (Clement, 2022; Nunez-Oviedo, 2004; Nunez-Oviedo y Clement, 2019), para provocar el avance de las preconcepciones del estudiantado hacia modelos científicos aceptables en una clase teórico-práctica de estequiometría con gases. Esta teoría aúna las modelizaciones (1), (4) y (5) propuestas por Oliva (2019) y utiliza un ciclo didáctico de coconstrucción del conocimiento científico.

A continuación, se explica la teoría MOMENT y el ciclo didáctico para llevarla a cabo.

MARCO TEÓRICO

La didáctica basada en la teoría MOMENT tiene algunos principios en los que se asienta (Nunez-Oviedo y Clement, 2019) y que son numerados a continuación:

1. Los razonamientos y heurísticos que utilizan los científicos para construir el conocimiento (Clement, 2022).
2. Los ciclos de generación, evaluación y modificación (GEM) que se usan para construir y modificar modelos mentales gracias al conflicto cognitivo (Clement, 1989; Flores-Morales, 2023).
3. El uso de un ciclo didáctico de coconstrucción del conocimiento (Nunez-Oviedo, 2004).
4. La anidación del conocimiento científico (Machamer et al., 2000; Nunez-Oviedo, 2004).
5. La organización jerárquica de los procesos cognitivos del modelamiento para la construcción y revisión de modelos mentales (Clement, 2022).

Los puntos 1, 2 y 3 serán explicados a continuación debido a que forman parte de la intervención didáctica que reporta esta investigación. Los puntos 4 y 5 (implícitos en este estudio) no serán desarrollados por límites de extensión. El lector puede ahondar en dichos puntos consultando las referencias correspondientes.

Los razonamientos y heurísticos que utilizan los científicos para construir el conocimiento

Cuando los científicos trabajan en el laboratorio, se tiene la impresión de que siempre utilizan el método científico (Amiel Pérez, 2007; García, 2020) para lograr resultados reproducibles y conclusiones verosímiles. Si bien esta forma de construir el conocimiento científico está muy expandida desde el siglo XVI (Matías González y Hernández Alegría, 2014), es importante señalar que su uso no es tan rígido, e incluso puede llegar a ser inexistente (Bauer, 1994). Este hecho lo confirma la investigación sobre naturaleza de la ciencia (NOS) al señalar que su enseñanza se basa mucho en el «realismo icónico» (las teorías científicas indican cómo funciona el mundo). En palabras de Amador-Rodríguez y Adúriz-Bravo (2021), «no existe el tan mentado método científico, pues no hay un conjunto único y fijo de normas que sean seguidas universalmente por los científicos en su labor».

Para ilustrar este punto, se harán uso de las ideas de Clement (1989) que se resumen en la figura 1.

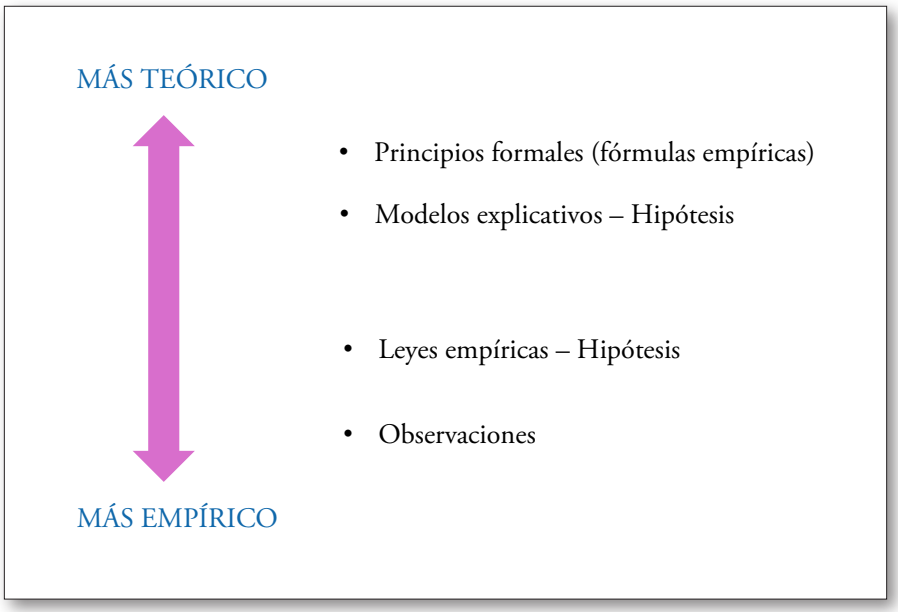


Fig. 1. Tipos de conocimiento científico (adaptado de Clement, 1989).

Para explicar un fenómeno observado (mundo macroscópico), los científicos de las ciencias naturales se enfrentan a un mundo micro- o (sub)microscópico que no se ve a simple vista, pero que explica el fenómeno, y los investigadores deben conectar ambos mundos. Esta conexión requiere de razonamientos no formales y heurísticos (conceptos que se abordarán más adelante), de la construcción y revisión de modelos mentales gracias a la sociocognición (los científicos trabajan en grupos de investigación) y de la reflexión metateórica de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2009).

Particularmente importante es la definición de modelo mental para esta investigación. Un modelo mental (MM) es una representación mental que trata de explicar la causa inobservable de un fenómeno observable y que, principalmente, contiene imágenes complementadas con sonido, movimiento u otras características, siendo evolutivo en el tiempo y, por tanto, predictivo después de su máxima iteración. En este sentido, recoge las definiciones de Johnson-Laird (1983) y Norman (2014) con la finalidad de decantar el sentido polisémico que pueda tener su definición (Gutierrez, 2005).

Tal como se observa en la figura 1, el conocimiento científico estratificado va desde un conocimiento más empírico a un conocimiento más teórico. Usualmente, se comienza con un fenómeno visible (Baker, 2006) y para esclarecerlo se plantean hipótesis (Abreu, 2012; Espinoza, 2018), es decir, se crean explicaciones probables de cómo ocurre el fenómeno. Las hipótesis pueden ser reconsideradas o desechadas, pero una vez que se comprueba que el fenómeno se comporta de la misma forma, cada vez que se reproduce bajo las mismas condiciones, se enuncia una ley (Vexler, 1998). Debido a la pura experimentación consecutiva sin que se perciban cambios en la esencia de este, se sienta el precedente de que el fenómeno siempre ocurrirá así. Pero tras enunciar la ley es necesario buscar un modelo (mental, por ejemplo) que explique la causa del fenómeno. Es en este punto donde la construcción del conocimiento científico se separa del método científico, pues casi siempre los modelos propuestos rehúyen la formalidad (Clement, 2008). En muchas de las teorías suele ocurrir que los modelos mentales derivan en ecuaciones matemáticas que tienen la función de predecir el comportamiento del fenómeno, modificando alguna(s) variable(s). A esto se le llama principios formales, lo que corresponde a la parte superior de la figura 1.

Probablemente, en este momento surja la pregunta: «¿Y cómo se puede transitar de los modelos explicativos a los principios formales?». De acuerdo con Clement (1989, 2022), los científicos utilizan razonamientos no formales y heurísticos para crear conocimiento.

Los razonamientos no formales (RNF) se refieren a procesos cognitivos que no corresponden solo al pensamiento lógico puro, sino también a razonamientos como eventos discrepantes (Rea-Ramírez et al., 2009), experimentos mentales y analogías (Clement, 2008), imaginería mental (Price et al., 2017) y ciclos de refinamiento de ideas (Flores-Morales, 2023) que cualquier persona puede utilizar.

Los heurísticos (H) son razonamientos aún menos formales o métodos no rigurosos para resolver problemas (Real Academia Española, 2001), como la parcelación de problemas, el principio KISS (*keep it simple, stupid!*), el tanteo, el *tincómetro* o la intuición, un conocimiento súbito sobre algo (*insight*), el sentido común, la estimación y la estimación fundamentada (*educated guess*) (Nunez-Oviedo, 2004).

A través de estos razonamientos, los científicos realizan acciones hasta descifrar el comportamiento no observable que explica el fenómeno macroscópico (Clement, 1989), lo que se denomina modelización mental o, en palabras de Nersessian (1995, p. 207), «un proceso de razonamiento no formal dinámico que involucra el uso de analogías, imaginería y simulación mental para crear modelos mentales explicativos de fenómenos naturales».

Los ciclos de generación, evaluación y modificación (GEM) que se usan para construir y modificar modelos mentales gracias al conflicto cognitivo

Si bien los razonamientos no formales y los heurísticos están presentes en la construcción del conocimiento científico, no proporcionan inmediatamente la explicación al fenómeno. Para esto, los científicos acoplan los razonamientos no formales y heurísticos con múltiples ciclos de refinamiento o ciclos de generación, evaluación y modificación (GEM). En la figura 2 se muestra un esquema del proceso que se efectúa en un ciclo GEM.

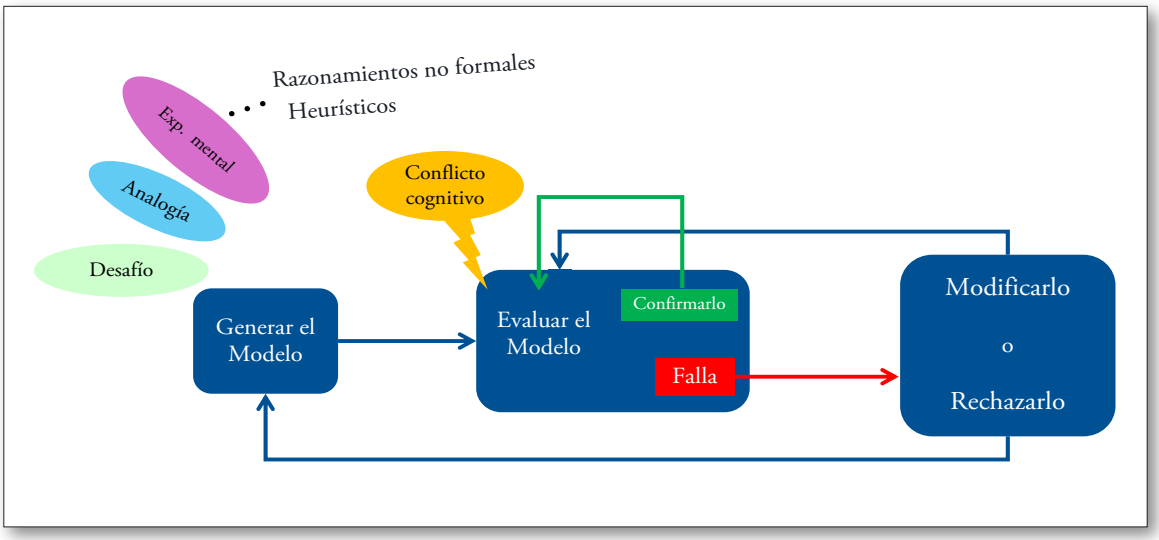


Fig. 2. Ciclos GEM (generación, evaluación, modificación) de construcción del conocimiento que realizan los científicos (adaptado de Núñez-Oviedo y Clement, 2019).

El primer paso en la figura 2 es la generación de un MM. Por ejemplo, en la reacción química clásica del ácido acético con bicarbonato de sodio se puede preguntar al estudiantado: «¿A qué se debe la efervescencia que aparece?». Esta pregunta inicial genera (G), obligatoriamente, una hipótesis o modelo explicativo del fenómeno (Clement, 1989). La respuesta del estudiantado podría ser: «Se debe a la aparición de un gas». El segundo paso en la figura 2 es evaluar si la respuesta es coherente con el modelo propuesto. Para ello, el docente hace uso del conflicto cognitivo o CC (Gavilán, 2009). En este sentido, una pregunta pertinente del docente podría ser: «¿Y cómo sabes que es un gas si no lo puedes ver?». La pregunta del docente necesariamente debe llevar al estudiante a evaluar (E) su hipótesis (MM). Si la respuesta es satisfactoria –cuestión que decide el docente–, el modelo se confirma y puede que necesite mínimos ajustes. Si la respuesta no es satisfactoria, el estudiante debe modificar (M) su modelo y buscar una alternativa acorde. Este modelo vuelve a pasar por E (realizar CC) y se sigue el ciclo. Si la explicación del estudiante falla rotundamente, no queda más que rechazar el modelo y se debe generar uno nuevo desde cero. Los científicos realizan el mismo proceso para llegar a las explicaciones de los fenómenos, y cuando la hipótesis falla, echan mano a otros RNF o H como los que aparecen en los párrafos precedentes.

Mediante estos ciclos GEM es como el conocimiento científico avanza y evoluciona, lo que implica que son procesos iterativos y recursivos que nacen de la sociocognición entre sus participantes y que permiten confirmar, modificar o rechazar su(s) MM.

El uso de un ciclo didáctico de coconstrucción del conocimiento

La investigación sobre cómo razonan los físicos llevó a Clement (1989) a preguntarse cómo trasponer su *modus operandi* al aula. Una de las premisas de enseñar ciencia es que el estudiantado experimente con la materia como lo haría un científico, pero muchos estudiantes ingresan en la universidad sin haber pasado por un laboratorio. La teoría MOMENT permite suplir, en parte, esta necesidad haciendo razonar científicamente a los estudiantes mediante un ciclo didáctico (Flores-Morales, 2023; Nunez-Oviedo, 2004). El ciclo didáctico mostrado en la figura 3 posee una ruta de aprendizaje para el estudiante, interior, y una ruta de enseñanza para el docente, exterior.

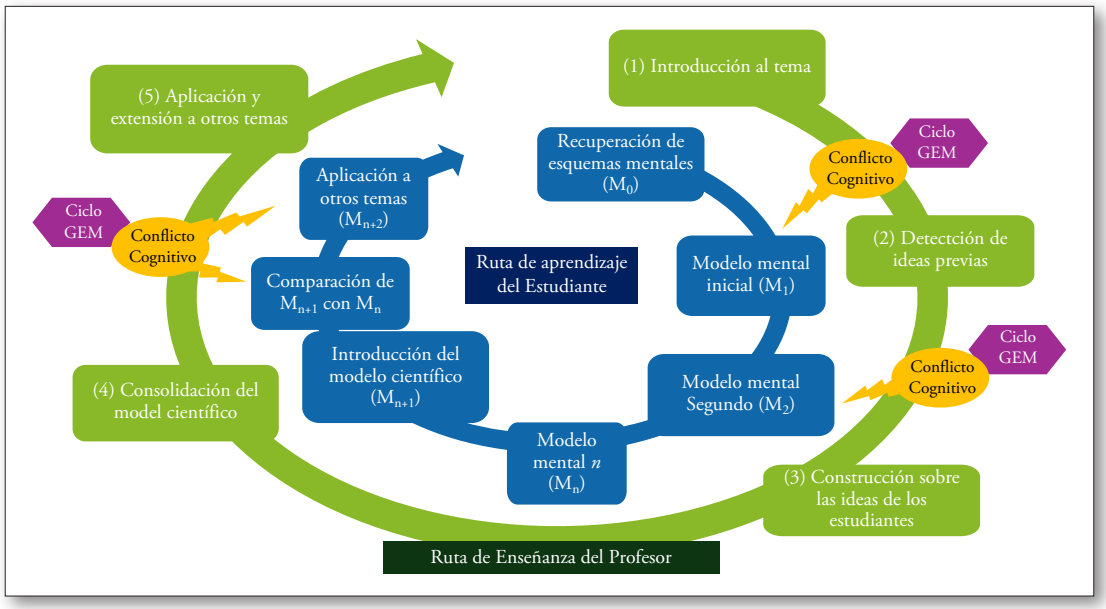


Fig. 3. Ciclo didáctico de coconstrucción del conocimiento (adaptado de Núñez-Oviedo, 2004). El estudiantado construye con el docente el conocimiento científico (modelo científico) gracias a la evolución de sus modelos mentales (modelización mental).

El propósito de este ciclo didáctico es que los docentes realicen una coconstrucción del conocimiento junto a los estudiantes para que lleguen lo más cerca posible al modelo experto (figura 4), que es el concepto que se quiere enseñar. Dicho de otro modo, las clases no son expositivas.

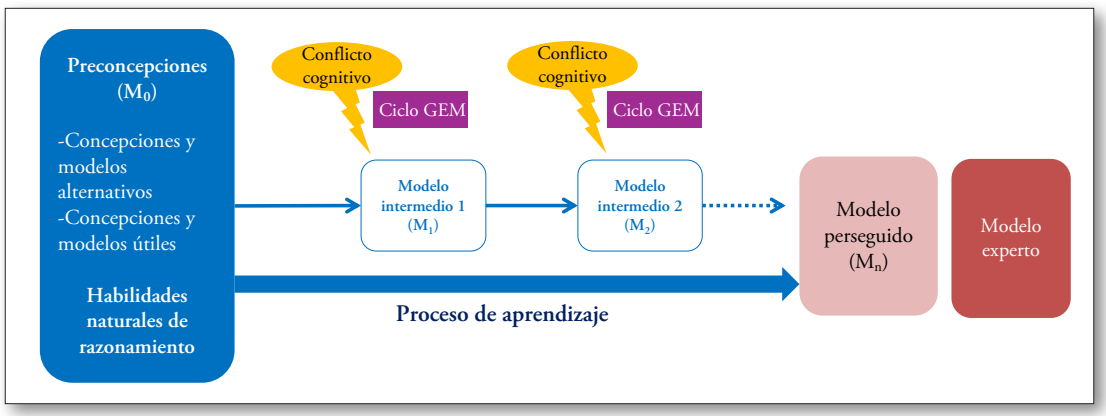


Fig. 4. Ruta de aprendizaje del estudiante (adaptado de Núñez-Oviedo y Clement, 2019).

En la figura 4 se muestra de izquierda a derecha el refinamiento de las ideas, lo que se explica como sigue. El estudiantado posee preconcepciones alternativas e ideas útiles y cómo todo ser humano tiene habilidades naturales de razonamiento. Al comenzar un tema o unidad un docente se encuentra con las preconcepciones y debe hacer avanzar al estudiantado hasta el MM «perseguido», que sería lo más cercano al modelo experto, ME (contenido científico), y requiere que su MM primario (M_0) vaya avanzando desde M_1 a M_n (esto es, refinarlo para que evolucione). Esto se consigue usando los ciclos GEM, y el conflicto cognitivo, lo que requiere un gran esfuerzo por parte del docente. A veces los estudiantes no tienen preconcepciones sobre un tema y es necesario ayudarlos a construirlas (con analogías, por ejemplo). También se observa que los estudiantes no quieren abandonarlas (Fernández-Lozano et al., 2017; Mahmud y Gutiérrez, 2010), y que el ciclo didáctico ayuda a superar estas preconcepciones.

La figura 3 se puede explicar ahora en términos de la teoría precedente. El ciclo didáctico comienza primero con una introducción al tema. Por ejemplo, el docente puede decir: «Buenos días estudiantes, hoy hablaremos de reacciones químicas». Al hacer esto, los estudiantes recuperan los MM que pudieran tener (M_0), es decir, se sitúan.

El segundo paso consiste en una detección de ideas previas para conocer lo que saben del tema: «¿Qué pasa si se mezcla vinagre con bicarbonato de sodio?». Con esto se provoca en el estudiantado un primer modelo mental (M_1) y, además, el docente evalúa y traza un plan para hacerles llegar el ME con estos conocimientos previos.

En el tercer paso, y para mejorar M_1, se usan distintos razonamientos no formales o heurísticos (figura 2). Por ejemplo, tras haber filtrado las respuestas del paso dos (figura 3), se pregunta a los estudiantes: «¿Qué harían para determinar la cantidad de moléculas del gas generado en la reacción entre ácido acético y bicarbonato de sodio?». En este caso, la G del MM corresponde a un «desafío» e imaginería mental (figura 2); los estudiantes pasan de su M_1 al modelo experimental más refinado (M_2), que cognitivamente es superior a M_1 (figura 4). Para lograr esto, se utilizan los ciclos GEM y el conflicto cognitivo. Los estudiantes idean varias maneras de responder al desafío planteado (G), probarán si su hipótesis es correcta (E) y el docente realizará CC para obligarlos a modificar (M) su montaje y lograr el objetivo, o, por el contrario, lo desecharán, pues son demasiadas las variables que no tomaron en cuenta. Este nuevo modelo mental (M_2) puede sufrir nuevos procesos de refinamiento o iteraciones (M_3, M_4…) para ayudar al estudiantado a llegar lo más cerca posible al modelo experto (imaginar el montaje y construirlo).

El cuarto paso del ciclo didáctico es la entrega del modelo científico. Una vez que los estudiantes se han aproximado al modelo experto, se les entrega el concepto que se está enseñando. En el ejemplo de la determinación del número de moléculas de $CO_2(g)$, se les podría mostrar la ley de Dalton para determinar la presión parcial del $CO_2(g)$, lo que deriva en el modelo experimental creado por Boyle (quien utilizó modelización mental; Pagel, 1962). En este paso también se realiza una comparación con los modelos mentales anteriores, rescatando las preguntas del paso dos e incorporando otras como: «¿Sospechaban que la cantidad de moléculas de $CO_2(g)$ se determinaba así? ¿Qué tan cerca están sus montajes respecto a la técnica aceptada para determinar lo pedido?». Es en ese momento cuando los estudiantes aprenden, pues ellos mismos han sido los protagonistas del descubrimiento del contenido y, comparando sus MM anteriores con el experto, se pueden dar cuenta de sus errores y reestructurar sus ideas.

En el quinto paso se puede aplicar el MM obtenido desarrollando problemas de estequiometría, o extenderlo, es decir, llevarlo a otra situación nueva, como determinar los moles del gas en otro volumen.

En este estudio de caso se mostrarán los resultados obtenidos, al usar la teoría MOMENT en un par de clases teórico-prácticas para la enseñanza de estequiometría con gases. Específicamente, los estudiantes tendrán como misión determinar el número de moléculas de $CO_2(g)$ a partir de la reacción

entre $NaHCO_3(s)$ y HCl(*ac*). En concreto, se centrará la discusión en el uso de los ciclos GEM y el conflicto cognitivo para hacer avanzar los MM del estudiantado hacia el modelo experto, dejando la explicación del ciclo didáctico (implícito) para otro manuscrito, dado que esta requiere una mayor extensión.

Es importante señalar que esta investigación se basa en la experiencia de Concha et al. (2019), en la que se vio que la ejecución de clases teórico-prácticas producen mejores calificaciones que las teóricas y experimentales confirmatorias, pero usando una planificación basada en el ciclo didáctico de la teoría MOMENT.

Así, este manuscrito se estructura de la siguiente forma. Después de este marco teórico, se da paso a la metodología, para continuar con los resultados y su discusión. Para finalizar, se plantean algunas conclusiones y desafíos futuros.

METODOLOGÍA

Información de la muestra

La muestra estuvo formada por:

- 34 estudiantes, que cursaron por segunda vez la asignatura Química General I; 18 mujeres (53 %) y 16 hombres (47 %).
- Las edades fluctuaron entre los 18 y 20 años (88 % con 18; 6 % con 19; y 10 % con 20 años).
- La procedencia geográfica fue como sigue: veinte estudiantes provenían de la ciudad principal donde se ubica la universidad (Ciudad 1), cuatro estaban a 10 km de la ciudad principal (Ciudad 2), ocho a 25 km (Ciudad 3) y dos a 40 km (Ciudad 4).
- Los estudiantes provenían de tres carreras con diferentes índices QG1 y QG2, de acuerdo con su vinculación con la química (Hidalgo et al., 2015), y que requieren altas competencias en esta disciplina.
- No fue posible caracterizar la procedencia socioeconómica porque esta información es confidencial.

Planificación, desarrollo y evaluación de la actividad

Los estudiantes se reunieron en pares o tríos para realizar, en dos sesiones, la reacción ácido-base de ácido clorhídrico diluido (HCl, *ac*) y bicarbonato de sodio sólido ($NaHCO_3$, *s*), y determinar la cantidad de moléculas de dióxido de carbono (CO_2, *g*) generadas por la reacción. Para esto, debían diseñar, dibujar, armar y luego poner en marcha un aparato de captura de gases (ACG).

Se utilizó la reacción de HCl(*ac*) y $NaHCO_3(s)$ debido a su rapidez y facilidad para producir $CO_2(g)$. El docente y la ayudante a cargo pusieron a punto el experimento y descubrieron que, para que el $CO_2(g)$ generado no se escapara del matraz Erlenmeyer inmediatamente, el estudiante debía envolver el $NaHCO_3(s)$ en un trocito de pañuelo desechable y lanzarlo a la disolución de HCl(ac). Para capturar el gas, los estudiantes podían elegir entre el guante de hule y el globo (sesión 1). Además, se les instó a pedir otros materiales para cumplir el objetivo del ejercicio práctico.

Las sesiones prácticas se realizaron en uno de los laboratorios de la facultad respectiva. Para que el experimento siguiese los pasos del ciclo didáctico, se creó un guion (secuencia) didáctico (no mostrado) que contuviera lo que el docente a cargo debía hacer y decir, las respuestas posibles del estudiantado y los recursos didácticos que emplear.

Desarrollo de la actividad experimental

En la sesión 1, se les proporcionó a los estudiantes materiales convencionales y no convencionales para lograr el desafío: HCl 1,0 mol/l, $NaHCO_3$ sólido (1 a 5 g), una pipeta graduada, una propipeta, un matraz Erlenmeyer, un globo de hule, un guante de hule, trozos (3 × 3 cm^2) de pañuelos desechables, cinta adhesiva, una espátula y una balanza analítica.

En la sesión 2, los estudiantes usaron el HCl(*ac*) y el $NaHCO_3(s)$, pero su cantidad se redujo a 0,200 g (ciclo GEM-3 en la tabla 1). Los materiales usados fueron un matraz Erlenmeyer, una probeta de 100 ml, una manguera y un tapón de hule, un vaso de precipitado plástico de 1 l, una regla plástica de 15 cm y trozos de hojas de periódico de 3 × 3 cm^2.

Durante las dos sesiones se fomentó el diálogo entre los estudiantes y el guía para tutelar el trabajo experimental y promover la ocurrencia de CC y ciclos GEM.

Para medir los conocimientos y las habilidades logrados, al final de cada sesión los estudiantes entregaron un informe de laboratorio (anexo A1).

Análisis de calificaciones

Las calificaciones del informe de laboratorio de las sesiones 1 y 2 fueron transformadas en un porcentaje de logro y representadas como gráfico de barras para su comparación (figura 6).

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Panorámica del desarrollo de las sesiones prácticas

Las sesiones teórico-prácticas utilizaron los cinco pasos del ciclo didáctico (figura 5). En la sesión 1, paso 1, el docente recordó lo estudiado en la clase previa sobre las reacciones químicas, lo que retrotrajo los conocimientos previos. En el paso 2, el docente usó como ejemplo la reacción entre $Cl_2(g)$ y Na(*s*) con preguntas como: «¿Qué ven en la imagen? ¿Qué se formará si junto estos dos elementos?», ideas que fueron «reparadas» en el paso 3. Para esto, el docente desafió a los estudiantes a determinar la cantidad de moléculas de $CO_2(g)$ producidas en la reacción entre HCl(*ac*) y $NaHCO_3(s)$, utilizando los materiales de la sesión 1. El paso 4 implicó mostrarles cómo se armaba el ACG, mientras que el paso 5 consistió en una aplicación de estequiometría inversa. Una vez realizado el experimento, los estudiantes completaron la *Guía de Aprendizaje: Experimentando Reacciones Químicas* (anexo A1).

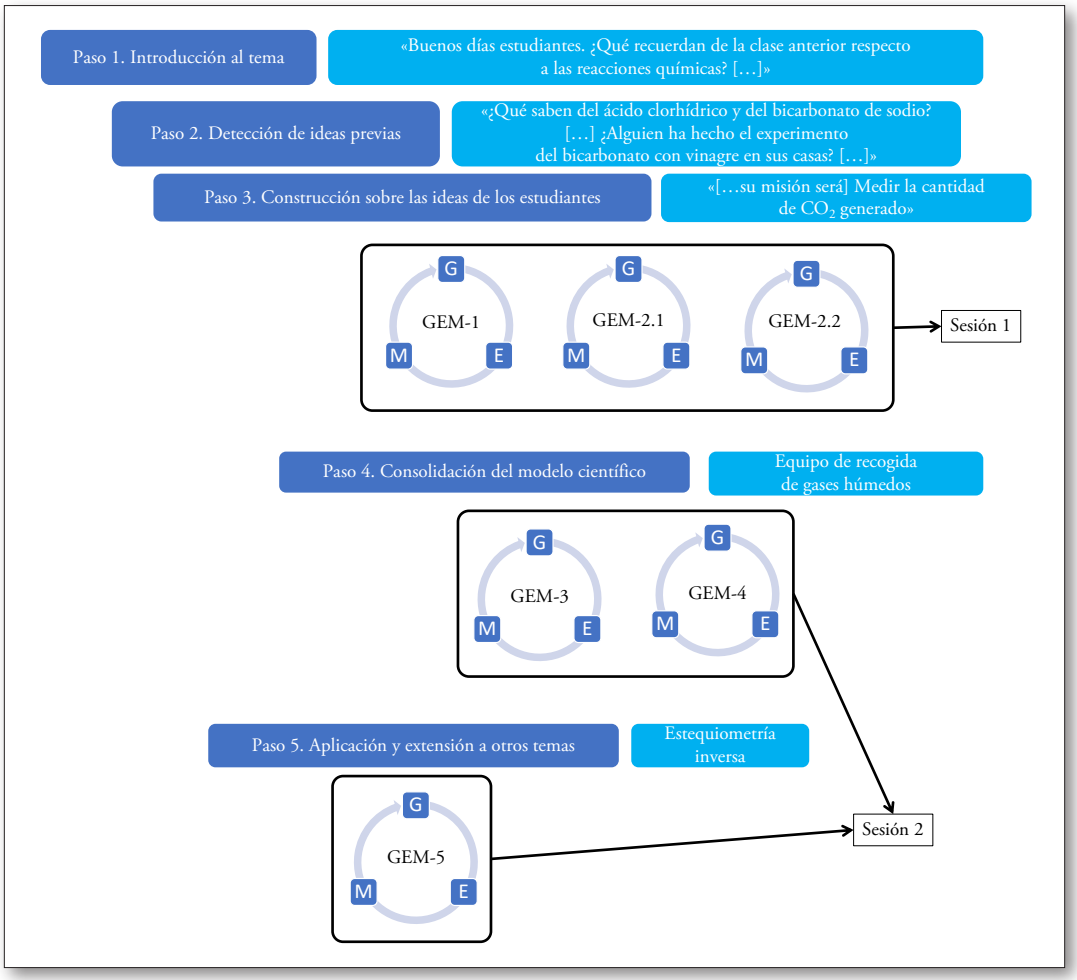


Fig. 5. Esquema resumen del desarrollo de las sesiones teórico-prácticas.

Evidencia de los ciclos GEM y el conflicto cognitivo en la sesión 1

Una vez que los estudiantes recibieron los materiales y reactivos para el desafío, se produjeron tres ciclos GEM, que se describen a continuación.

Primero, los estudiantes diseñaron un modelo experimental del ACG (G) y lo dibujaron (en la *Guía de Aprendizaje: Experimentando Reacciones Químicas*, anexo A1), y lo probaron (E) con escaso éxito. Enseguida, los grupos buscaron la causa (sociocognición) de su fracaso, y se originaron varios CC, ya sea internos (provocados por el propio sujeto) o externos, promovidos por los docentes guías; por ejemplo, no consideraron las presiones de otros gases o el diseño no cumplía la ley básica de la conservación de la materia. Gracias a esto, los estudiantes modificaron (M) o rechazaron (R) su diseño, y se creó un nuevo ACG.

En la tabla 1 se muestran los ciclos GEM detectados que ocurrieron durante la construcción y revisión de los MM de los estudiantes junto a las preguntas discrepantes realizadas por los guías que promovieron el CC, que, a su vez, resultaron en M o R del modelo experimental del ACG. El análisis que viene a continuación se centra en describir los ciclos GEM realizados por el estudiantado cuando se realizó el paso 3 del ciclo didáctico. Los ciclos GEM 1, 3, 4 y 5 se le ocurrieron a todo el estudiantado, mientras que los ciclos GEM 2.1 y 2.2 son particulares de algunos grupos.

Tabla 1.
Ciclos GEM realizados por el estudiantado junto
a los conflictos cognitivos que se les propusieron, así como sus respuestas a estos

	I	II	III	IV	V
Número de ciclo GEM	*Generación (G)*	*Evaluación (E)*	*Preguntas discrepantes*	*Respuesta del grupo*	*Modificación (M) o rechazo (R)*
1	Pesar todo antes de la reacción	Pesar todo después de la reacción	¿Qué dice la ley de conservación de la materia […]?	La masa total de las sustancias se conserva […] la diferencia de masas […] es prácticamente cero	Rechazo
2.1	Pesar solo el globo	Pesar el globo con el gas capturado	¿Están seguros de que todo el CO_2 está dentro del globo? ¿Qué […] propiedades [tiene] un gas dentro de un recipiente?	«Ocupa todo el recipiente que lo contiene» […] si el matraz y el globo estaban conectados […] es posible que dentro del matraz también haya quedado CO_2	Rechazo
2.2	Determinar la cantidad de moléculas de CO_2 midiendo el volumen del globo con el gas capturado	Medir el diámetro del globo con una regla. Usar la ecuación $V = 4/3\ \pi\ r^3$ Usar la ley de los gases ideales para determinar *n* (moles)	¿Están seguros de que todo lo que capturaron dentro del globo es solo CO_2?	Es posible que antes […] hubiera aire en el matraz y en el globo	Rechazo
3	Conversatorio […] para montar un equipo recolector de gases húmedo Instrucción de cómo armarlo	Usar la misma cantidad de $NaHCO_3(s)$ que en los intentos anteriores	¿Por qué se les escapó el gas de la columna de agua?	Hay que utilizar una cantidad de masa menor de $NaHCO_3(s)$	Modificación
4	Usar el mismo equipo recolector de gases	Usar una cantidad de alrededor de 0,200 g	¿Qué sucedió durante la reacción?	[…] el CO_2 se mantuvo dentro de la probeta y se midió su volumen y la cantidad de moléculas mediante la utilización de la ecuación de los gases ideales	Confirmación
5	Determinar la masa inicial de $NaHCO_3$ mediante estequiometría inversa	Usar los moles de CO_2 calculados, usar la estequiometría 1:1 entre CO_2 y $NaHCO_3$ y transformar los moles de este a masa	¿Qué valor de masa esperarían obtener?	El mismo que el que pesamos, pero… ¡¡la masa inicial de $NaHCO_3$ es menor!!	Modificación

En el ciclo GEM-1 de la tabla 1, los grupos pesaron materiales y reactivos antes y después de la reacción. Su MM decía que la masa del $CO_2(g)$ sería diferente antes y después de la reacción. Sin embargo, la diferencia obtenida fue mínima porque su MM era erróneo, debido a que no se crea materia. El docente preguntó a los estudiantes: «¿Qué dice la ley de conservación de la materia de Lavoisier-Lomonósov?» (GEM-1 y columna III, tabla 1) y los grupos contestaron que la masa total de las sustancias se conserva y, al no haber diferencias, desecharon su ACG y construyeron otro.

Algunos grupos volvieron con la idea descrita en el ciclo GEM-2.1. Decidieron pesar solo el globo, capturar todo el $CO_2(g)$ producido dentro, sellar su abertura con cinta adhesiva y pesarlo (G). Por diferencia de masas obtuvieron la masa de $CO_2(g)$ y, mediante su masa molar, determinaron la cantidad de moléculas (E). Sin embargo, el docente preguntó: «¿Qué recuerdan de las propiedades de un gas dentro de un recipiente?» (GEM-2.1 y columna III, tabla 1). Los grupos respondieron: «Ocupa todo el recipiente que lo contiene». Entonces, los estudiantes se dieron cuenta de que en su ACG el matraz y el globo estaban conectados, por lo que dentro del matraz también habría quedado $CO_2(g)$. Por este motivo, rechazaron (R) su montaje de ACG. Una versión similar fue la que aportó otro grupo de estudiantes en el ciclo GEM-2.2. (columna IV, tabla 1). Si capturaban el gas dentro del globo (G), determinarían el número de moléculas de $CO_2(g)$ así; al medir el diámetro del globo con una regla, establecerían su volumen, usarían la ley de los gases ideales para obtener moles, y el número de Avogadro (N_A) para determinar el número de moléculas (E). El docente les preguntó: «¿Están seguros de que todo lo que capturaron dentro del globo es solo CO_2?». Al principio, los estudiantes contestaron afirmativamente, por lo que el docente contrapreguntó: «¿Estaba vacío el globo antes de ponerlo sobre el matraz?». El estudiantado notó que el globo y el matraz pudieron contener aire, y que no lo expulsaron antes de efectuar la reacción química. Así, este MM también fue rechazado (R) y procedieron con otra idea. En resumen, en la sesión 1 se realizaron tres ciclos GEM (figura 5) que provocaron el rechazo de tres MM, con lo cual la evaluación del anexo A1 tuvo magros resultados (figura 6), como era de esperar.

En toda esta discusión es posible observar la combinación de tres tipos de modelización, de acuerdo con Oliva (2019): 1) la modelización como progresión de modelos, porque las ideas del estudiantado evolucionan o se desechan de acuerdo con la ejecución del experimento; 2) la modelización en su dimensión instrumental, debido al cambio de montaje y al de modelo experimental; y 3) la modelización como estrategia de enseñanza, realizada por los guías que cuestionan sus ideas, que se reestructuran mediante preguntas discrepantes y CC.

Evidencia de los ciclos GEM y el conflicto cognitivo en la sesión 2

Previo a la segunda sesión, los estudiantes investigaron cómo montar el ACG de Boyle. El paso 3 del ciclo fue corto, dado que para pasar de los montajes de la sesión 1 al aceptado se requerirían varias sesiones para evolucionar sus ideas, por lo que se les entregó el modelo experimental.

En el paso 4 del ciclo didáctico (figura 5) se realizaron dos ciclos GEM. En el ciclo GEM-3 (columna IV, tabla 1) se montó el ACG aceptado y se realizó la reacción con la misma masa de $NaHCO_3(s)$ de la sesión 1 (G). Este procedimiento fue intencional por parte de los guías. La cantidad de $CO_2(g)$ producida fue tan grande que desplazó la columna de agua fuera de la probeta y el gas escapó al ambiente (E). Los guías preguntaron: «¿Por qué se les escapó el gas?». Los estudiantes entendieron que la cantidad de $NaHCO_3(s)$ fue excesiva, por lo que debían disminuirla en el siguiente intento. Esto se denota como una modificación (M) (GEM-3 y columna V, tabla 1) del MM.

En el nuevo experimento, los grupos utilizaron 0,200 g de $NaHCO_3(s)$ (G) (GEM-4 y columna IV, tabla 1), y el $CO_2(g)$ se mantuvo dentro de la probeta (E); midieron su volumen y determinaron el número de moles con la ecuación de los gases ideales, y el número de moléculas con el N_A (C). Además, el estudiantado usó la ley de Dalton para obtener la presión del gas.

Este procedimiento más riguroso devela que gracias al refinamiento de ideas, que son el resultado de varios ciclos GEM, el estudiantado aprendió que para cuantificar la cantidad de un gas se necesita un equipo sofisticado.

El ciclo GEM-5 (columna IV, tabla 1) se realizó en el paso 5 del ciclo didáctico (figura 5). Se les pidió a los estudiantes comprobar si la ley de conservación de la materia se cumplía con la estequiometría inversa. El docente preguntó: «¿Qué valor de masa [de $NaHCO_3$] esperarían que les diera?». El estudiantado respondió: «El mismo que el que pesamos» (G), pero al hacer los cálculos quedaron desconcertados: «¡La masa inicial de bicarbonato es MENOR que la que pesamos!» (E). El docente preguntó: «¿Por qué ha ocurrido esto?». Los estudiantes explicaron (como MM) que el gas se habría escapado por alguna parte. Sin embargo, la explicación era errónea, pero el docente no promovió la modificación (M), sino que dejó este ciclo abierto porque el estudiantado no tenía la noción de solubilidad de gases en agua (GEM-5 y columna V, tabla 1). Incluso, el docente explicó este concepto, pero ningún grupo reparó en el error de determinar la cantidad de moléculas de $CO_2(g)$ si parte de la masa queda en el agua. Esta discusión se pretende introducir con muestras más grandes de estudiantes.

Comparación de calificaciones entre informe de trabajo práctico previo (sesión 1) y posterior (sesión 2)

Tras las sesiones 1 y 2, los grupos de estudiantes debían completar el informe de trabajo práctico del anexo A1, a medida que progresaban en el experimento. Las diferencias en las calificaciones entre los informes de la sesión 1 y 2 se muestran como porcentajes de logro en la figura 6.

En la figura 6 se observa que en la sesión 1 solo un grupo (el 5) superó el 50 % de logro (calificación mínima para aprobar). Como ningún grupo logró el objetivo, lo que era esperable, no pudieron completar la mitad del informe, de ahí su baja calificación. De hecho, el informe pedía ingresar parámetros que solo podían obtener si realizaban el experimento con el ACG. Esto se hizo con la finalidad de que el estudiantado comprendiera que para lograr el objetivo se requiere un aparato sofisticado y no «materiales caseros». Es evidente que el alumnado implícitamente asimiló este hecho.

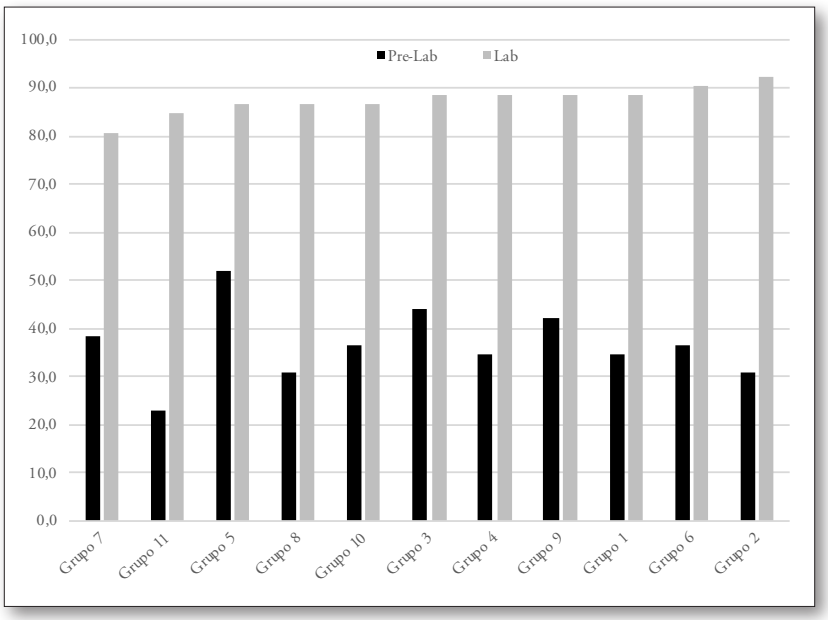


Fig. 6. Calificaciones obtenidas por los grupos de estudiantes en el informe de laboratorio para las dos sesiones realizadas.

En la sesión 2 el porcentaje de logro fue entre un 81 y un 92 %. Este resultado indica que, mediante la sociocognición y los ciclos GEM, fue posible que el estudiantado avanzara desde sus ideas primigenias incorrectas a modelos mentales más avanzados o casi científicamente correctos, que derivaron en el montaje y uso del ACG para cumplir el desafío. Es evidente que entre la sesión 1 y la 2 existe una gran brecha para pasar de un montaje a otro, pero el mero hecho de que los estudiantes evolucionaran sus modelos experimentales (partiendo de modelos mentales erróneos) implica un aprendizaje, tal como lo hacen los científicos (por tanteo y simulaciones mentales, por ejemplo) (Clement, 2022). Ningún grupo alcanzó el 100 % de logro, debido a que no explicaron el resultado obtenido por estequiometría inversa. En próximas versiones de este estudio se espera que los estudiantes lo expliquen.

CONCLUSIONES

Una actividad teórico-práctica que plantea al estudiantado un desafío experimental estequiométrico deriva en una clara inclinación de este a realizar la actividad proponiendo ideas (modelos mentales que llevaron a modelos experimentales) para cumplir el desafío.

En el desarrollo, los estudiantes usaron razonamientos no formales o heurísticos, como el tanteo, la imaginería mental o los dibujos, mediante la asistencia de los guías. Además, este proceso promovió ciclos GEM, cinco de los cuales se repitieron con más frecuencia y fueron promovidos por preguntas discrepantes especialmente diseñadas para promover CC. Es decir, suscitaron sucesivas mejoras de ideas hasta construir la científicamente correcta (consolidación del aprendizaje).

Las calificaciones cercanas al 85 % insinúan que esta actividad teórico-práctica promueve el razonamiento científico. Sin embargo, se hace necesario un estudio confirmatorio mediante preguntas abiertas y entrevistas al estudiantado para profundizar en la evolución de sus MM. Además, sería interesante introducir preguntas que apunten al fenómeno observable (la estequiometría de la reacción), por ejemplo, qué masa de producto se puede obtener a partir de una masa dada de reactante.

La actividad experimental posee algunos matices y detalles que el estudiantado no logra percibir (colisiones, ruptura y formación de enlaces) y que es necesario reforzar en estudios posteriores con muestras más grandes.

La forma de enseñar las ciencias naturales o el conocimiento científico seguirá siendo materia de estudio en tanto en cuanto:

El gran éxito de la ciencia moderna reside en la capacidad de construir hechos crudos y testarudos capaces de silenciar las controversias. La objetividad así lograda permite a los científicos afirmar que es «la naturaleza la que habla» a través de sus curvas y gráficas, porque responde obedientemente a sus preguntas (Bensaude-Vincent y Dorthe, 2022, p. 21).

AGRADECIMIENTOS

P. Flores-Morales, M. C. Nunez-Oviedo y R. Riva-Riquelme quieren mostrar su agradecimiento al proyecto DirDoc UdeC 18-014 y al alumnado que participó en este estudio.

REFERENCIAS

Abreu, J. L. (2012). Hipótesis, Método y Diseño de Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience*, *7*(2), 187-197.

Adúriz-Bravo, A. (2009). Naturaleza de la ciencia y educación científica de calidad para todos y todas. *Revista Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (GEHyD)*, 1-14.

Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, *23*, 248-256. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, *1*(3), 130-140.

Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M. (2017). Introducción a un método para la conducción y análisis de diálogos didácticos basado en la evaluación de modelos mentales. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *35*(2), 7-28. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2028

Amador-Rodríguez, R. y Adúriz-Bravo, A. (2021). ¿Qué naturaleza de la ciencia se presenta en los libros de química para la educación secundaria en América Latina? *Ensenanza de Las Ciencias*, *39*(3), 11-31. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3272

Amiel Pérez, J. (2007). Las variables en el método científico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, *73*, 171-177.

Baker, L. (2006). Observation: A Complex Research Method. *Library Trends*, *55*(1), 171-189. https://doi.org/10.1353/LIB.2006.0045

Bauer, H. H. (1994). *Scientific literacy and the myth of the scientific method* (first). Illini Books Edition. https://doi.org/10.1086/602537

Bensaude-Vincent, B. y Dorthe, G. (2022). Le doute, méthode scientifique ou vertu citoyenne? *Raison Présente*, *222*(2), 19-28. https://doi.org/10.3917/rpre.222.0019

Cardellini, L. (2012). Chemistry: Why the subject is difficult? *Educación Química*, *23*(2), 305-310. https://doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30158-1

Carrasco Monrroy, P. A., Orellana Barahona, N. J. y Quintanilla-Gatica, M. R. (2022). Argumentación y aprendizaje de la Teoría Ácido-Base. *Educación Química*, *33*(2), 50-63. https://doi.org/10.22201/FQ.18708404E.2022.2.78138

Chamizo, J. A. (1995). Mapas conceptuales en la enseñanza y la evaluación de la química. *Educación Química*, *6*(2), 118-124. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1995.2.66719

Chevalier, J. A., De, M. y García, J. (2022). Estrategia didáctica para mejorar el aprendizaje de Química orgánica en estudiantes de Medicina. *UCE Ciencia. Revista de Postgrado*, *10*(3), 2022. http://uceciencia.edu.do/index.php/OJS/article/view/293

Clement. (1989). Learning via model construction and criticism: protocol evidence on sources of creativity in science. En G. Glover, R. Ronning y C. Rynolds (Eds.), *Handbook of Creativity: Assessment, Theory and Research* (1.ª ed., pp. 341-381). Plenum. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5356-1_20

Clement. (2008). *Creative model construction in scientists and students. The role of imagery, analogy, and mental simulation* (1.ª ed.). Springer.

Clement. (2022). Multiple Levels of Heuristic Reasoning Processes in Scientific Model Construction. *Frontiers in Psychology*, *13*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.750713

Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1041-1053. https://doi.org/10.1080/095006900416901

Concha, A., Schiappacasse, L. N., Turra, H. y Villanueva, M. T. (2019). Chemistry in context for engineering students at UCT: Transformation from a villain to a princess. *Education in the Knowledge Society*, *20*, 4 1-4 16.
https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a4

Cristobal, C. y García, H. (2013). La indagación científica para la enseñanza de las ciencias / Scientific inquiry for science teaching. *Horizonte de La Ciencia*, *3*(5), 99-104.
https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2013.5.81

Ernst, D. C., Hodge, A. y Yoshinobu, S. (2017). What is inquiry-based learning? *Notices of the American Mathematical Society*, *64*(06), 570-574.
https://doi.org/10.1090/noti1536

Espinoza, E. (2018). La hipótesis en la investigación (Hypothesis in research). *Mendive. Revista de Educación*, *16*(1), 122-139.

Fernández-Lozano, J., Gutiérrez-Alonso, G. y Diago, M. L. (2017). Preconcepciones en el aula de ciencias en pleno siglo xxi: la tectónica y los procesos de formación de montañas en la Educación Secundaria española. *Revista de Investigación Educativa de La Escuela de Graduados En Educación*, *7*(14).

Flores-Morales, P. (2023). Sistemas de respuesta inmediata combinada con ciclos de generación, evaluación y modificación en Química General. *Educación Química*, *34*(1), 108-127. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.1.82337

Ford, M. J. (2015). Educational implications of choosing «practice» to describe science in the next generation science standards. *Science Education*, *99*(6), 1041-1048.
https://doi.org/10.1002/sce.21188

Galagovsky, L. R. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *19*(2), 231-242.
https://doi.org/10.5565/REV/ENSCIENCIAS.4000

García, B. (2020). Una mirada al método científico. *Leds. Serie: Hojitas del conocimiento*, 319-320. www.cab.cnea.gov.ar/ieds

Gavilán, P. (2009). Aprendizaje cooperativo. Papel del conflicto sociocognitivo en el desarrollo intelectual. Consecuencias pedagógicas. *Revista Española de Pedagogía*, *42*, 131-148.
https://doi.org/10.22550/2174-0909.2432

Gilbert, J. K., Boulter, C. J. y Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. En *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_1

Gómez, M. A., Pozo, J. I. y Gutiérrez, M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, *15*(3), 198-209.
https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66177

Gutierrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto «modelo mental». Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em ensino de ciências*, *10*(2), 209-226.

Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. En J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust y J. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (vol. 17, pp. 189-212). Kluwer Academic Publishers.
https://doi.org/10.1007/0-306-47977-X_9

Hidalgo, P. I., Jiménez, C. A., Buljan, A. G., Pereira, E., Sánchez, S. A., Flores-Morales, P. y Matamala, A. R. (2015). Estudio sobre la diversidad en la oferta de asignaturas de química general para los currículos de otras carreras. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, *102*(1-2), 415-420.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge University Press.

Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching a changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, *70*(9), 701-705. https://doi.org/10.1021/ed070p701

Labarrere, A. y Quintanilla, M. (2002). La solución de problemas científicos en el aula. Reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo. *Pensamiento Educativo*, *30*, 121-137.

Machamer, P., Darden, L. y Craver, C. F. (2000). Thinking about Mechanisms. *Philosophy of Science*, *67*(1), 1-25. http://www.jstor.org/journals/ucpress.html

Mahmud, M. C. y Gutiérrez, O. A. (2010). Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias. *Formación Universitaria*, *3*(1), 11-20. https://doi.org/10.4067/s0718-50062010000100003

Matías González, A. y Hernández Alegría, A. (2014). Positivismo, dialéctica materialista y fenomenología: tres enfoques filosóficos del método científico y la investigación educativa. *Actualidades Investigativas en Educación*, *14*(3), 1-20. https://doi.org/10.15517/aie.v14i3.16155

Medina, A. y Salvador, F. (2009). *Didáctica General* (2.ª ed.). Pearson Educación.

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://doi.org/10.5944/educXX1.14016

Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, M. y Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, *26*(2), 94-99. https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.004

Merino-Rubilar, C. y Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación Química*, *22*(3), 212-223. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30137-X

Merino-Rubilar, C., Jara, R., Leyton, P., Paipa, C. e Izquierdo, M. (2014). Designing problems to learn Chemistry: A Toulminian approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *116*, 2193-2197. https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2014.01.542

Moreno Martínez, N. M. y Franco Mariscal, A. J. (2023). Posibilidades didácticas de la herramienta de realidad aumentada ZapWorks en la enseñanza de las ciencias. Una experiencia con estudiantes de un Máster en Profesorado. *Tecnología, Ciencia y Educación*, (24), 91-118. https://doi.org/10.51302/tce.2023.2808

Nersessian, N. (1995). Should physicists preach what they practice? Constructive modeling in doing and learning physics. *Science y Education*, *4*, 203-226. https://doi.org/10.1007/bf00486621

Nicolaou, Chr. Th. y Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, *13*, 52-73. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001

Norman, D. A. (2014). Some observations on Mental Models. En D. Gentner y A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (1.ª ed.). Psychology Press. https://doi.org/10.4324/9781315802725

Nunez-Oviedo, M. C. (2004). *Teacher-student co-construction processes in biology: strategies for developing mental models in large groups discussions*. University of Massachusetts.

Nunez-Oviedo, M. C. y Clement, J. (2019). Large scale scientific modeling practices that can organize science instruction at the unit and lesson levels. *Frontiers in Education*, *4*(July), 1-22. https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00068

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

Pagel, W. (1962). A History of Chemistry. En J. R. Partington (Ed.), *Medical History* (vol. 2, p. 795). Macmillan Co. https://doi.org/10.1017/S0025727300027216

Plaza, M. I. y Rubilar, C. M. (2020). 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), 1105-1107. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1105

Quintanilla-Gatica, M. R. y Baeza, M. E. M. (2022). Caracterización sobre explicaciones de docentes en servicio acerca de la noción científica de disolución. *Educación Química*, *33*(3), 80-91. https://doi.org/10.22201/FQ.18708404E.2022.3.81475

Real Academia Española (2001). Heurístico, heurística. En *Diccionario de la lengua española*. https://dle.rae.es/heur %C3 %ADstico

Rea-Ramirez, M. A., Nunez-Oviedo, M. C. y Clement, J. (2009). Role of discrepant questioning leading to model element modification. *Source: Journal of Science Teacher Education*, *20*(2), 95-111. https://doi.org/10.1007/s

Rebollar, I. M. S. A., García, Á. de la C. V. y Lorenz, L. M. A. (2022). Propuesta didáctica para la profesionalización de las actividades experimentales de la asignatura química orgánica a la carrera ingeniería química. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, *13*(5), 124-137. https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalia/article/view/1496

Reina, A., Lhardy, C., García-Ortega, H., Gracia-Mora, J., Marín-Becerra, A. y Reina, M. (2023). GALIO Gaming: Aprendizaje lúdico de química inorgánica y orgánica parte 1: desarrollo de un proyecto lúdico-didáctico en la facultad de química de la UNAM. *Educación Química*, *34*(2), 108-138. https://doi.org/10.22201/FQ.18708404E.2023.2.83704

Vexler, M. (1998). Génesis del concepto de ley científica. *Escritura y Pensamiento*, *1*, 91-110.

ANEXO

A1. Informe de laboratorio. Guía de Aprendizaje: Experimentando Reacciones Químicas

1. **Diseñen** en el recuadro un equipo recolector de gases para la reacción demostrativa del docente y luego experimenten su funcionamiento.

2. Indique los materiales y reactivos a utilizar durante la reacción y captura del gas.

   Reactivos:

   Materiales:

3. Contesten las siguientes preguntas con respecto al experimento que acaban de realizar:

   a) ¿Pudieron establecer **la temperatura** del gas obtenido? ¿Cómo la establecieron?

   b) ¿Pudieron determinar **el volumen** del gas obtenido? ¿Cómo lo determinaron?

   c) ¿Lograron calcular **la presión** del gas generado por la reacción? ¿Cómo lo hicieron?

   d) ¿Consiguieron determinar **los moles de moléculas de gas** generado por la reacción? ¿Cómo lo consiguieron?

e) Con los datos que lograron determinar, ¿pueden calcular la cantidad de moléculas de gas generado por la reacción? Si es así, utilice el siguiente espacio para desarrollar operaciones matemáticas.

Complete la siguiente tabla con los datos experimentales obtenidos por la reacción que acaba de ejecutar, no olvide las respectivas unidades de medida.

Presión (atm)				Temperatura, K (T)	Volumen, L (V)	Cantidad de sustancia, mol (n)	Moléculas de CO_2
Atmosférica (P_{atm})	Vapor de agua(P_{vap})	Columna (P_h)	Parcial de CO_2 (P_{CO2})				
Masa inicial de $NHCO_3$ pesada	Masa inicial de $NHCO_3$ comprobada						
De ser necesario, utilice el siguiente recuadro para desarrollar cálculos matemáticos							

Nombres integrantes

_____

_____

_____

Identifying Cycles of Generation, Evaluation, and Modification in Stoichiometry

Romina Riva-Riquelme
Scuola Italiana de Concepción, Concepción, Chile.
romina.159@gmail.com

María Cecilia Nunez-Oviedo
Departamento de Currículum e Instrucción, Facultad de Educación, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
marnunez@udec.cl

Patricio Flores-Morales
Departamento de Polímeros, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
patflores@udec.cl

Chemistry is very important at the tertiary level, but students find it an abstract and uninteresting field of science. Stoichiometry is taught mainly by mathematical calculations, but its understanding involves relating macro, (sub) micro and chemical equations like a professional chemist would do (Johnstone 1993). Confirmatory labs demotivate students and it is not clear whether the obtuse method or the creative method of teaching is followed in these cases. Teaching sequences that promote scientific practices are increasingly used in the classroom to teach Chemistry. Ford (2015) argues that such practices are not based on rules, but on recursive processes of evaluation and revision to explain its nature better. The ideas that thus emerge are known as models and their improvement as modeling. A model is a representation of an object or phenomenon, while modeling has different meanings (Gilbert et al., 2000). Oliva (2019) describes five complementary meanings of the concept of modeling that originate diverse didactic approaches. This manuscript uses the theory of science teaching and learning based on the construction and revision of mental models, MOMENT (Clement 1989 and 2022; Flores-Morales 2023; Nunez-Oviedo 2004; Nunez-Oviedo and Clement 2019; Machamer et al., 2000). This theory brings together three modeling concepts proposed by Oliva (2019) and uses a didactic cycle of co-construction of scientific knowledge.

The MOMENT theory has five principles: (1) scientists use heuristics to construct knowledge as well as (2) generation, evaluation, and modification (GEM) cycles to construct and revise mental models through cognitive conflict; (3) science teaching uses a didactic cycle of co-construction of knowledge; (4) scientific knowledge is nested; and (5) the cognitive processes of modeling are hierarchically organized to construct and revise mental models. Points 1, 2 and 3 are explained in the theoretical framework and points 4 and 5 are not developed because of length limits.

A couple of theoretical-practical sessions were conducted to teach stoichiometry with gases to determine the amount of $CO_2(g)$ molecules produced in the reaction between $NaHCO_3(s)$ and $HCl(aq)$. The experiment was guided by a cycle contained in a didactic sequence. The research was based on Concha et al. (2019), which indicates that theoretical-practical classes are better than confirmatory theoretical-experimental classes.

Thirty-four students organized in pairs or trios participated. In session 1, they were to set up a gas capture device (ACG) using a rubber glove or balloon and 2 grams of $NaHCO_3(s)$. There were three GEM cycles that rejected three mental models, and the evaluation had poor results. Prior to session 2, students researched Boyle's ACG and during the session they were given the experimental model and used 0,200 g of $NaHCO_3(s)$. Three GEM cycles were promoted to determine the volume of the gas, the number of moles with the ideal gas equation, the number of molecules with the N_A, and to measure the pressure of the gas with Dalton's law.

The achievement was between 81 and 92 %, which indicates that the students progressed from their original incorrect ideas to almost scientifically correct mental models. In modeling, student-guide dialogue was encouraged, and non-formal or heuristic reasoning was used (groping, mental imagery, drawings), as well as GEM cycles, discrepant questions, and cognitive conflict. The results obtained suggest that the activity promotes scientific reasoning, although no group realized the importance of inverse stoichiometry. In future versions, in-depth interviews will be conducted with the students to investigate the evolution of their mental models and to reinforce some nuances and details that they did not perceive (collisions, ruptures and the formation of bonds).

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 33-54
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6095
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Enseñanza de la ciencia en las aulas de Educación Infantil según los docentes en activo: implicaciones en la formación del profesorado

Science Teaching in Early Childhood Education according to In-Service Teachers: Implications for Teacher Education

José María Marcos-Merino, Elena Calvino Pérez
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura, Badajoz, España
jmmarcos@unex.es, ecalvino@alumnos.unex.es

RESUMEN • Las últimas innovaciones curriculares y los resultados de la investigación educativa muestran que la ciencia ha adquirido un protagonismo creciente en Educación Infantil. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en otros países, apenas existen estudios que analicen cómo los docentes en activo enseñan esta disciplina, centrándose la investigación en docentes en formación. En este trabajo se presenta un estudio exploratorio y cualitativo en el que se analiza la visión que tiene sobre la enseñanza de la ciencia una muestra de cincuenta docentes en activo de Extremadura. Los resultados muestran que los participantes trabajan de manera habitual la ciencia, principalmente la biología, y mediante actividades experimentales o proyectos. A pesar de que su sentimiento hacia la enseñanza de la ciencia es generalmente positivo (sobre todo en docentes más experimentados), describen dificultades relacionadas con la disponibilidad de recursos materiales y con la adaptación de los contenidos a la etapa, así como un bajo grado de satisfacción con la formación recibida. Se discuten las implicaciones educativas de estos resultados, y se proponen acciones para la formación inicial y continua del profesorado.

PALABRAS CLAVE: Educación Infantil; Enseñanza de la ciencia; Maestros en activo; Formación inicial; Formación continua.

ABSTRACT • The latest curricular innovations and the results of educational research show that science has become increasingly important in Early Childhood Education. However, unlike what happens in other countries, there are hardly any studies that analyze how in-service teachers teach this discipline, mainly focusing on teachers in training. This paper presents an exploratory and qualitative study that analyzes the vision that a sample of 50 active teachers from Extremadura have about science teaching. The results show that the participants usually teach science, mainly biology, through experimental activities or projects. Although their feelings towards science teaching are generally positive (especially in more experienced teachers), they describe difficulties related to the availability of material resources and the adaptation of the contents to this stage, as well as a low satisfaction with their previous training. The educational implications of these results are discussed, proposing actions for initial and in-service teacher training.

KEYWORDS: Early Childhood Education; Science education; In-service teachers; Initial training; In-service training.

Recepción: noviembre 2023 • Aceptación: mayo 2024 • Publicación: noviembre 2024

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

INTRODUCCIÓN

Con la implementación de la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020) se han introducido una serie de cambios que han afectado a la Educación Infantil. Algunos de estos afectan de manera directa a la ciencia, que ha ganado protagonismo con los cambios curriculares derivados de esta nueva normativa (Real Decreto 95/2022). Así, se han incluido las competencias clave, entre ellas las competencias en matemáticas y ciencia, tecnología e ingeniería (STEM). Su adquisición está dirigida a que los escolares den «los primeros pasos hacia el pensamiento científico a través del juego, la manipulación y la realización de experimentos sencillos» (Real Decreto 95/2022, p. 14571), a la vez que se debe potenciar la curiosidad por comprender su entorno trabajando habilidades como «observar, clasificar, cuantificar, construir, hacerse preguntas, probar y comprobar» (Real Decreto 95/2022, p. 14571). Por otro lado, se incluyen las competencias específicas en cada área (Real Decreto 95/2022). Entre las competencias del área «Descubrimiento y exploración del entorno» encontramos la segunda, basada en desarrollar procedimientos del método científico, ya que «sentar las bases del pensamiento científico, iniciativa investigadora y curiosidad por el conocimiento es inherente al desarrollo de la etapa Educación Infantil» (p. 14583). El refuerzo de la enseñanza de la ciencia en esta etapa debe apoyarse en los resultados de la investigación desarrollada desde la didáctica de la ciencia. En concreto, es particularmente interesante estudiar las concepciones de los docentes sobre la enseñanza de esta disciplina, aspecto clave para poder diseñar cambios con los que mejorar este proceso. Por ello, en este trabajo se realiza un estudio exploratorio y cualitativo en el que se analiza la visión de una muestra de cincuenta maestros en activo de Educación Infantil sobre la enseñanza de la ciencia.

MARCO TEÓRICO

La didáctica de la ciencia en Educación Infantil

La importancia asignada por el nuevo currículum a la ciencia ha sido defendida por la didáctica de las ciencias desde hace décadas. Ya Brown (1991) abogaba por incluir en Educación Infantil experiencias de interacción con el medio para permitir a los alumnos apropiarse de ideas para sus futuros aprendizajes. Abordar la ciencia en esta etapa es, pues, clave para ayudar al alumno a comprender su entorno físico y natural y para contribuir a su alfabetización científica. Sin embargo, es necesario considerar que, dadas las características de esta etapa (enfoque globalizador, formación integral, relevancia de los aspectos afectivos…), la ciencia debe estar más centrada en desarrollar habilidades científicas y en fomentar actitudes positivas hacia la ciencia (García-Carmona, Criado y Cañal, 2014). Como afirmó Brown (1991, p. 7): «la ciencia en Educación Infantil está más interesada en el proceso que se sigue que en el producto final». Esto es posible porque el método científico encaja con la manera natural con la que los niños tratan de explicar su entorno (Gopnik, 2012). Según esta investigación, introducir el método científico es conveniente, ya que los escolares de estas edades están familiarizados con él: cuando se enfrentan a los problemas, los niños formulan hipótesis, hacen inferencias causales y aprenden a partir de la estadística, siendo el aprendizaje infantil de carácter científico.

Esta capacidad innata de los alumnos debe ser potenciada por la escuela, que debe generar experiencias basadas en la cotidianidad con las que trabajar las habilidades científicas (Brown, 1991). El papel del docente en el diseño, planteamiento y desarrollo de estas actividades es clave, debiendo actuar como guía (Gerde, Schachter y Wasik, 2013). De acuerdo con Calo, García-Rodeja y Sesto (2021), este rol es fundamental para fomentar el interés de los alumnos, para anticipar sus acciones y para animarlos a aplicar las habilidades científicas. Esta intervención de los docentes influye en el aprendizaje de los alumnos, siendo especialmente relevante cuando las actividades se complican (Paños, Martínez-

Rodenas y Ruiz-Gallardo, 2022). Es por ello por lo que la formación inicial de los docentes sobre enseñanza de la ciencia es especialmente trascendente (De Pro, De Pro y Cantó, 2022). De acuerdo con estos autores, esta formación debe incluir distintos aspectos (desde conocimientos científicos y didácticos hasta la influencia de las creencias de los estudiantes y sus cualidades personales).

La ciencia en Educación Infantil según los docentes en activo y en formación

Dado su importante rol, resulta fundamental analizar cómo los docentes en activo trabajan la ciencia. Estos estudios de diagnóstico son necesarios, ya que basándose en sus resultados se puede intervenir desde la didáctica de la ciencia. Es por ello por lo que, a escala internacional, se han realizado numerosas investigaciones con docentes de esta etapa: en Europa (Grecia, Noruega, Suecia) (Due et al., 2023; Sageidet, 2016; Zotti y Fragkiadaki, 2021), en Asia (China, Indonesia, Israel, Malasia, Turquía) (Akçay, 2017; Hayati et al., 2023; Li, 2023; Onal y Cevik, 2022; Oon, Hu y Wei, 2019; Raviv y Galili, 2023; Spektor-Levy, Baruch y Mevarech, 2013; Tu, 2006) o en América (Brasil, Estados Unidos) (Blaylock, 2019; Kliemann, Dullius y Neide, 2021; Park et al., 2017; Saçkes, 2014). Estos trabajos han analizado diferentes aspectos, como los contenidos que suelen enseñarse, la frecuencia con la que se trabajan, las metodologías que suelen implementarse, cómo se sienten enseñando esta disciplina, por qué la consideran importante para sus alumnos o qué dificultades encuentran en este proceso. De ellos, pueden extraerse algunas similitudes, como el predominio de los contenidos de biología o de actividades experimentales, rincones o zonas de aprendizaje (*learning corners*) y salidas al medio. Asimismo, estos docentes suelen tener un sentimiento positivo hacia la enseñanza de la ciencia, argumentan que es importante dada su relación con la vida del alumnado y encuentran como principales dificultades la falta de recursos materiales adaptados y la sobrecarga de tareas docentes. Para solventar esto, demandan formación tanto en contenidos científicos como en metodologías.

Esta gran cantidad de información contrasta con los pocos estudios realizados en España. En la revisión bibliográfica realizada, solo se ha encontrado un trabajo que analice esta circunstancia. En concreto, se trata de la investigación desarrollada por Cantó y Serrano (2017), en la que se analizaban los problemas encontrados al enseñar ciencia por 41 docentes en activo de Valencia y Cádiz, siendo todos tutores de prácticas de alumnos de grado. Según estos, la falta de formación científica es la principal dificultad, lo que, de acuerdo con estos autores, influye negativamente en que se lleve a cabo un tipo de ciencia escolar adecuado y coherente con las características propias de la Educación Infantil. Asimismo, aunque en menor medida, otras dificultades halladas fueron la falta de materiales y problemas con la adaptación de algunos contenidos científicos.

A pesar de contar con pocos trabajos con docentes en activo, existen bastantes estudios desarrollados con docentes en formación inicial. Así, por ejemplo, Mazas y Bravo (2018) encontraron que los futuros docentes consideran importante abordar la ciencia, aunque no creen tener recursos y conocimientos suficientes. Esto está en consonancia con lo hallado por Cruz-Guzmán, Puig y García-Carmona (2020), quienes mostraron que los futuros docentes suelen diseñar prácticas muy dirigidas, tienen problemas para seleccionar los materiales adecuados y suelen evitar los contenidos de física y química. Todo esto podría explicar por qué estos estudiantes suelen sentir menos emociones positivas hacia la ciencia que hacia el resto de las disciplinas (Bravo et al., 2019). Dentro de los trabajos con docentes en formación destaca el de Cantó, De Pro y Solbes (2016), que analiza la visión que tienen 120 futuros maestros de la Universidad de Valencia sobre la enseñanza de la ciencia tras la realización de sus prácticas docentes en veinte centros públicos. Según estos estudiantes: *i*) en las aulas de Educación Infantil la ciencia no tiene una presencia intencionada (se trabaja de manera inconsciente en las rutinas, pero sin una finalidad explícita); *ii*) se trabajan mayoritariamente contenidos de biología, aunque sin introducir vocabulario específico y fundamentalmente mediante fichas y materiales de las

editoriales (otras metodologías como experimentos, zonas de aprendizaje o proyectos distintos a los de las editoriales son poco implementadas); y *iii*) la habilidad científica más trabajada es la observación (normalmente ligada a la detección de ideas previas), y se trabaja poco la realización de predicciones y su contraste. Sin embargo, esta visión de los futuros maestros debe ser interpretada con cautela, ya que los autores de esta investigación encontraron algunas inconsistencias en el análisis de las respuestas que podrían deberse a su falta de formación didáctica. Considerando esto y la poca cantidad de trabajos con docentes de España, es necesario indagar en la visión que tienen sobre la enseñanza de la ciencia docentes en activo españoles.

OBJETIVOS

El objetivo general es determinar la visión de los docentes en activo sobre la enseñanza de la ciencia en Educación Infantil. Este objetivo se concreta en una serie de objetivos específicos:

- Conocer las razones por las que los participantes creen que es importante enseñar ciencia.
- Determinar los contenidos de ciencia que enseñan los participantes y la frecuencia con las que los trabajan.
- Detectar las principales metodologías implementadas por los participantes para abordar la ciencia.
- Establecer las principales dificultades a las que se enfrentan los participantes al enseñar ciencia.
- Determinar cómo se sienten los participantes al enseñar ciencia, identificando las principales emociones que experimentan.
- Conocer la formación previa de los participantes y su interés en formación continua en el área de didáctica de la ciencia.

METODOLOGÍA

Muestra

Este estudio se ha desarrollado con una muestra no probabilística de cincuenta maestros de Educación Infantil en activo, docentes de centros públicos de Educación Infantil y Primaria de Extremadura (un 62 % de entornos urbanos y un 38 % de entornos rurales). La práctica totalidad de los participantes son mujeres (solo uno es de género masculino). La edad está comprendida entre los 25 y los 61 años, teniendo más de la mitad (60 %) entre 36 y 55 años. En cuanto a la experiencia previa, un 44 % indica tener más de veinte años de experiencia, un 32 % entre dos y diez años y un 22 % entre diez y veinte años. Esto se refleja en su formación académica, ya que un 58 % indica haber estudiado la diplomatura de Educación Infantil y solo el 16 % el grado en Educación Infantil. El resto indica haber cursado estudios superiores (como licenciatura, máster, doctorado…), así como grado/diplomatura en Educación Primaria. Todos los participantes fueron informados de los objetivos de la investigación y del carácter voluntario y anónimo de su participación.

Instrumento

El instrumento empleado es un cuestionario de elaboración propia (anexo 1) formado por 17 preguntas (9 preguntas cerradas de tipo test y 8 preguntas abiertas de respuesta corta). Estas preguntas han sido construidas por los autores sobre la base de los objetivos específicos planteados (con ellas se pretende recopilar información sobre los aspectos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia en las aulas de Educación Infantil de Extremadura). Las preguntas han sido validadas por

seis profesores e investigadores del área de didáctica de las ciencias experimentales de la Facultad de Educación y Psicología (Universidad de Extremadura), quienes aportaron varias recomendaciones que fueron incluidas en su diseño. Los cambios resultantes de este proceso consistieron principalmente en la modificación de la redacción de algunas preguntas (para asegurar que los participantes comprendieran sus enunciados en consonancia con los objetivos de investigación), así como en la inclusión de algunas preguntas (concretamente aquellas relativas al estudio del dominio afectivo y las emociones hacia la enseñanza de la ciencia).

Análisis de datos

Los datos recogidos se analizan mediante una metodología de análisis cualitativo. El primer paso fue establecer las categorías de análisis y crear, para cada categoría, un sistema de códigos emergentes a partir del análisis de los discursos de los participantes. De este modo, se establece un sistema de categorías y códigos (tabla 1) con los que analizar las respuestas a los cuestionarios. Este sistema ha sido establecido de acuerdo con el procedimiento de análisis del contenido, siguiendo procedimientos de descripción sistemática y objetiva del contenido del mensaje (Bardín, 1996; Mayring, 2015). Como recoge este último trabajo, esta metodología es ampliamente utilizada en los estudios de análisis cualitativo de didácticas específicas, como la didáctica de las matemáticas o las ciencias. Asimismo, y como vía de validez externa, se han considerado las categorías empleadas en los estudios internacionales realizados con docentes en activo, detallados anteriormente en el marco teórico (en cada una de esas investigaciones se abordan alguno o algunos de los aspectos estudiados en este trabajo, y las categorías y códigos empleados en ellos se han considerado en el diseño del sistema de categorías y códigos implementado en esta contribución).

Tanto el establecimiento del sistema de categorías y códigos como el proceso de análisis de las preguntas han sido realizados por los autores del trabajo. Respecto a este último proceso, en primer lugar, cada autor codificó las respuestas de manera independiente. Posteriormente, se discutió y decidió por consenso las respuestas que habían sido inicialmente incluidas en distintos códigos. Estos datos se procesaron empleando el programa Microsoft Excel.

Cabe resaltar que la mayoría de las categorías (las que no son dicotómicas) no son exclusivas, por lo que es posible contabilizar una respuesta de un mismo participante en varios códigos. Por otro lado, dado que algunos participantes no respondieron a algunas de las preguntas o algunas respuestas no encajaban en ningún código relacionado con los objetivos de investigación, los códigos no suman el 100 % para algunas categorías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La codificación de las respuestas de los participantes se recoge en la tabla 1. En los siguientes apartados se realiza una descripción detallada y la discusión de estos.

Tabla 1.
Sistema de categorías y códigos

Categorías	*Códigos*	*Porcentajes*
1. Importancia de la enseñanza de la ciencia*	**Trabajar el método científico**	**36 %**
	Relación con la vida cotidiana	**34 %**
	Conocimiento del entorno	**20 %**
	Relación con el currículum	14 %
	Motivación del alumnado	10 %
2. Contenidos de ciencia trabajados*	**Astronomía**	**22 %**
	Materia	**24 %**
	Energía	10 %
	Seres vivos	**56 %**
	Cuerpo humano	18 %
	Atmósfera	16 %
	Hidrosfera	14 %
	Geosfera	14 %
	Otros contenidos conceptuales	18 %
	Contenidos procedimentales	8 %
	Contenidos actitudinales	10 %
	Respuestas que no son contenidos	**46 %**
3. Frecuencia de enseñanza de la ciencia	Anualmente	2 %
	Mensualmente	14 %
	Semanalmente	**46 %**
	Diariamente	**28 %**
4. Metodologías empleadas para enseñar ciencia*	**Experimental/manipulativa**	**36 %**
	Aprendizaje basado en proyectos	**20 %**
	Cooperativa	14 %
	Zonas de aprendizaje	8 %
	Salidas escolares	2 %
	Otros recursos metodológicos	18 %
5. Dificultades al enseñar ciencia*	**Falta de recursos materiales**	**36 %**
	Falta de recursos personales	14 %
	Falta de tiempo	6 %
	Adaptación a Educación Infantil	**24 %**
	Ninguna	16 %
6. Sentimiento hacia la enseñanza de la ciencia	**Bien**	**62 %**
	Normal	14 %
7. Emociones sentidas al enseñar ciencia*	**Satisfacción**	**78 %**
	Entusiasmo	**78 %**
	Curiosidad	**68 %**
	Alegría	**54 %**
	Confianza	**26 %**

Categorías	*Códigos*	*Porcentajes*
7. Emociones sentidas al enseñar ciencia*	Incertidumbre	12 %
	Preocupación	4 %
	Frustración	4 %
	Nerviosismo	4 %
	Aburrimiento	0 %
8. Formación universitaria en didáctica de la ciencia	**Sí recibió y está satisfecho con ella**	**26 %**
	Sí recibió, pero no está satisfecho	**30 %**
	No recibió	**44 %**
9. Formación continua en didáctica de la ciencia	**Sí, ha recibido alguna formación**	**34 %**
	Nunca ha recibido formación	**66 %**
10. Interés en formación en didáctica de la ciencia*	**Sí**	**86 %**
	No	14 %
	Se emplean los códigos de las categorías 2 y 4	
	Contenidos	6 %
	Metodología experimental/manipulativa	**38 %**
	Otras metodologías	**36 %**
	Aprendizaje basado en proyectos	4 %
	Cualquier formación	16 %

Nota: En la parte derecha se recogen los porcentajes correspondientes a cada código, resaltando en negrita y sombreando en gris los códigos y porcentajes iguales o superiores al 20 %. Las respuestas a las preguntas correspondientes a las categorías 1, 2, 4, 5, 7 y 10 (señaladas con un asterisco) pueden incluirse en varios códigos.

Importancia asignada a la enseñanza de la ciencia

La mayoría de los participantes esgrime en sus respuestas que incluir la ciencia es importante porque permite abordar el método científico y por su relación con la vida cotidiana de sus alumnos. La mayoría, un 36 %, resalta la importancia de abordar algunas habilidades propias de las etapas del método científico. Esto queda reflejado en respuestas como:

> Para que se hagan preguntas, creen hipótesis, descubran el porqué de las cosas....
> Porque aprenden a plantearse hipótesis e investigar para ir descartándolas y buscar soluciones creativas y originales.

Esta importancia asignada al método científico coincide con la reflejada por el nuevo currículum, que ha incluido en Educación Infantil una competencia específica relacionada con la aplicación de las habilidades científicas (Real Decreto 95/2022). La reciente presencia de esta competencia en la normativa podría haber influido en estas repuestas. Que los propios docentes incluyan el método científico como un factor que justifique la importancia de enseñar ciencia es muy relevante para la enseñanza de esta disciplina, dado que el uso de las etapas del método científico por parte de los docentes es la mejor vía para explorar los fenómenos naturales en este periodo (Gerde et al., 2013; Gopnik, 2012). Asimismo, la visión de los participantes concuerda con la hallada en el trabajo de Spektor-Levy et al. (2013) con docentes de Israel, quienes defienden la importancia de incluir estas etapas de investigación al enseñar ciencia. No obstante, un 34 % de los participantes cree que es importante enseñar ciencia porque forma parte del día a día de los menores: «Para familiarizar a los alumnos con algo cotidiano y presente en sus vidas».

Este resultado concuerda con la visión mayoritaria de docentes de otros países (Suecia, Indonesia e Israel) (Due et al., 2023; Hayati et al. 2023; Raviv y Galili 2023), quienes destacaron la importancia de la ciencia por su relación con la vida cotidiana de sus alumnos. Por otro lado, un 20 % de los discursos relacionan la importancia de la enseñanza de la ciencia con el conocimiento del entorno de los alumnos: «Los niños deben conocer su entorno desde lo más cercano hasta lo más abstracto para ellos, adecuándolo siempre a su nivel».

Que conocimiento/descubrimiento/exploración del entorno sea el nombre del área del currículum que está más relacionada con la ciencia (actualmente se llama «Descubrimiento y exploración del entorno» –Real Decreto 95/2022–, aunque en la normativa anterior se denominaba «Conocimiento del entorno»), ha podido influir en estas respuestas. El resto de los discursos reflejan otros motivos por los que se tiene que trabajar la ciencia, como su inclusión en la normativa educativa y el enfoque globalizador e integrado de las enseñanzas (14 %), así como el elemento de motivación para sus alumnos (10 %).

Contenidos de ciencia trabajados y frecuencia con las que se trabajan

La mayoría de los participantes hace referencia a contenidos de tipo conceptual a la hora de responder a esta pregunta. Los contenidos conceptuales más trabajados en Educación Infantil según los participantes son los seres vivos, la materia y la astronomía. El tema más trabajado (56 %) es el de los seres vivos, código dentro del cual se incluyen los animales, las plantas, su nacimiento y crecimiento, así como el medio ambiente. Específicamente, las plantas son señaladas por el 30 % de los participantes, y los animales por el 26 %. Como contenidos concretos destacan las metamorfosis de los animales y las flores en las plantas. El segundo tema más trabajado es la materia (24 %), código dentro del que se incluyen los estados de la materia, las mezclas, las reacciones químicas y algunas propiedades (flotabilidad, masa y dureza). Un 22 % de los participantes afirma enseñar también contenidos de astronomía, específicamente el universo, el sistema solar, los planetas y las fases de la Luna.

Otros contenidos trabajados son los relacionados con el cuerpo humano, la geosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la energía, todos ellos detectados en alrededor del 15 % de los discursos. De estos, los más señalados han sido los contenidos del cuerpo humano (18 %, destacando la alimentación saludable y los primeros auxilios) y la atmósfera (16 %, principalmente los fenómenos atmosféricos). Asimismo, un 14 % incluye contenidos relacionados con el agua (mayoritariamente el ciclo del agua y sus propiedades) y otro 14 % contenidos sobre la geosfera: volcanes, estructura de la Tierra, minerales… Finalmente, algunos participantes (10 %) también indican abordar la energía, destacando la luz y la energía eléctrica.

Por otro lado, solo un 18 % de los participantes incluye en sus respuestas contenidos de tipo procedimental o actitudinal. Entre los procedimientos destacan algunas de las habilidades del método científico (como comparar fenómenos o emitir hipótesis), mientras que las actitudes más trabajadas son las relacionadas con el respeto y cuidado por el medioambiente. Solo un participante menciona como actitud el fomento de «la curiosidad innata de los niños».

El predominio de los contenidos de biología en Educación Infantil ha sido reflejado por diferentes estudios con docentes de Suecia, Noruega, Israel, Indonesia, Brasil y Estados Unidos (Due et al., 2023; Hayati et al., 2023; Kliemann et al., 2021; Saçkes, 2014; Sageidet, 2016; Spektor-Levy et al., 2013). Respecto a España, los resultados concuerdan con los del trabajo de Cantó et al. (2016), según los cuales la biología es la disciplina más trabajada en las aulas observadas por docentes en formación en sus prácticums. En su conjunto, estos trabajos muestran que los docentes en activo suelen trabajar fundamentalmente los seres vivos, mientras que la física, la química o la geología se trabajan en porcentajes mucho inferiores o apenas se trabajan. Dentro de estos, las disciplinas menos trabajadas suelen

ser la geología y la física. Esta situación también se ha encontrado en las actividades diseñadas por los maestros en formación españoles (Cruz-Guzmán et al., 2020). Destaca el trabajo de Saçkes (2014), realizado con una muestra representativa de maestros en activo de Estados Unidos, con 3.305 participantes, y que reflejó que un 40 % no trabaja nunca la luz y que un 45 % no trabaja nunca el magnetismo, contenidos relevantes que pueden abordarse mediante actividades experimentales sencillas. De acuerdo con los participantes en estos estudios previos, su falta de formación y la poca presencia de estos contenidos en los materiales educativos son las causas que explican por qué son menos trabajados (Due et al., 2023; Saçkes, 2014). Esta última circunstancia ha sido corroborada también para los materiales empleados en las aulas españolas. Así, de acuerdo con Lloret, Jiménez y Barón (2017), existe un predominio de la biosfera en los contenidos incluidos por las editoriales de Educación Infantil. Asimismo, cabe destacar que los contenidos indicados mayoritariamente por los participantes encajan con los establecidos por el currículo, que hace hincapié en la enseñanza de los seres vivos (nombrando a los animales y las plantas), el medio natural y las cualidades de objetos y materias (Real Decreto 95/2022).

Respecto a los contenidos de biología más señalados, destaca el alto porcentaje de las plantas, dado el fenómeno de la ceguera hacia las plantas descrito (Allen, 2003). La enseñanza de estas en Educación Infantil podría tener un papel para evitar este fenómeno en niveles superiores. En relación con el resto de los contenidos señalados, destacan la materia y la astronomía, siendo esta última ampliamente trabajada también por docentes de Israel e Indonesia (Spektor-Levy et al., 2013; Hayati et al., 2023). Ambos suponen un centro de interés para los alumnos de esta etapa, en la que es posible incluir muchas propiedades de la materia y contenidos relacionados con el universo y el sistema solar mediante actividades experimentales sencillas (Vega, 2012). La inclusión de estas actividades en los programas de formación inicial y continua podría favorecer que estos contenidos se trabajasen en porcentajes aún mayores.

Además de los contenidos de ciencia (conceptuales, procedimentales o actitudinales) descritos previamente, destaca que un 46 % de los discursos incluyen respuestas que no son contenidos, siendo el segundo código más frecuente tras los seres vivos. Dentro de estas respuestas, destaca un 87 % que menciona los experimentos como contenidos de ciencia, sin hacer referencia a ningún procedimiento o actitud relacionada con el método científico. Esto sugiere que estos participantes confunden los experimentos con contenidos de ciencias. Asimismo, un 18 % de las respuestas incluyen contenidos que no son de ciencias. Estos contenidos están asociados sobre todo a las matemáticas: números, formas geométricas, escalas, cantidades y calendario. La confusión de contenidos de ciencia con metodologías o contenidos de otras áreas refleja debilidades en la formación didáctica de los maestros, lo que apoya la necesidad de incluir mejoras en los programas de formación continua.

Respecto a la frecuencia con la que se trabaja la ciencia, la mayoría de los participantes (74 %) indica abordarla habitualmente, ya sea diaria o semanalmente. El resto de los participantes que respondieron a esta cuestión indicaron trabajarla mensual (14 %) o anualmente (2 %). Estos resultados concuerdan con los mostrados por Raviv y Galili (2023), según los cuales los docentes de Israel trabajan la ciencia de manera habitual. Sin embargo, discrepan de los mostrados por Blaylock (2019), quien halló, mediante una muestra de docentes norteamericanos, que la ciencia se trabajaba mayoritariamente una vez al mes.

Metodologías implementadas para enseñar ciencia

Las actividades experimentales (llamadas también experimentos, talleres experimentales, prácticas o experiencias prácticas en las respuestas) son las más implementadas (36 %). Dentro de este código se incluyen todas las actividades prácticas o manipulativas que implican abordar algunas etapas del método científico como:

> Nos planteamos un problema y a través de experimentos buscamos respuestas.
> A través de hipótesis y experimentos.

La segunda metodología más empleada por los participantes es el aprendizaje basado en proyectos (20 %):

> Por proyectos donde participan las familias aportando ideas y materiales.
> Por proyectos que parten de la pregunta: ¿qué sabemos de…?

Otras metodologías empleadas son el aprendizaje cooperativo (14 %), los rincones o zonas de aprendizaje (8 %) y las salidas escolares (2 %), solo mencionadas por una docente que afirma realizar «salidas a granjas o jardines».

La predominancia de los experimentos concuerda con los trabajos de Akçay (2017), Hayati et al. (2023) y Raviv y Galili (2023), realizados con docentes de Turquía, Indonesia e Israel. Asimismo, concuerda con las respuestas, anteriormente analizadas, sobre la importancia de la enseñanza de la ciencia, basadas en su relación con el método científico (lo cual dota a estas respuestas de consistencia interna). Sin embargo, dos tercios de los participantes reconocen no implementar actividades experimentales, lo cual podría deberse a su inseguridad y falta de conocimiento, como se ha comprobado con docentes brasileños (Kliemann et al., 2021). La poca presencia de actividades experimentales también ha sido observada por los futuros maestros de España durante sus prácticas (Cantó et al., 2016). Asimismo, teniendo en cuenta los resultados de este trabajo, que reflejan que en las aulas se trabajan poco la realización de hipótesis y su contraste, sería necesario indagar en las actividades experimentales planteadas por los docentes, a fin de conocer si con ellas se trabaja realmente el método científico o son demostraciones del docente o actividades de tipo receta de cocina.

Por otro lado, destacan los bajos porcentajes de docentes que trabajan por rincones de aprendizaje o que realizan salidas, teniendo en cuenta que ambas metodologías son muy relevantes en Educación Infantil para la didáctica de la ciencia. La poca presencia de ambas coincide con lo observado por maestros en formación en aulas españolas (Cantó et al., 2016). Sin embargo, no concuerdan con estudios internacionales realizados con docentes en activo. Así, por ejemplo, Tu (2006) comprobó que existía una amplia presencia de rincones de ciencia en las aulas de China, mientras que Zotti y Fragkiadaki (2021) mostraron que eran empleados por un tercio de los docentes griegos. Respecto a las salidas al medio, estas son ampliamente empleadas por docentes de Suecia, Malasia y Noruega (Due et al., 2023; Onal y Cevik, 2022; Sageidet, 2016) y están prácticamente ausentes en la muestra de estudio. Esto podría deberse, de acuerdo con el trabajo de Onal y Cevik (2022), a que los participantes consideran estas actividades inseguras y costosas de organizar. Dada la importancia de estas metodologías, es preciso mejorar la formación inicial y continua con el fin de mostrar las potencialidades de estas metodologías e introducir orientaciones para su implementación en Educación Infantil.

Asimismo, destaca que un 18 % de los participantes confunde metodologías con recursos didácticos. Algunos de los recursos metodológicos señalados son «*Genially*, fichas, murales, *lapbook*, microscopio, esqueleto, recursos de la naturaleza, vídeos infantiles, documentales y bits de inteligencia». Estos resultados apoyan nuevamente que existen algunas debilidades en la formación didáctica de los participantes.

Dificultades encontradas durante la enseñanza de la ciencia

La mayoría de los participantes (56 %) indica que la falta de recursos, ya sean materiales (36 %), personales (14 %) o temporales (6 %), es la principal dificultad a la que se enfrentan al enseñar ciencia:

> No hay demasiados recursos en los centros.
> La elaboración de materiales específicos para cada actividad.
> La ratio y el elevado número de alumnos por grupo.

Dentro de las dificultades temporales destaca que los docentes afirman que hay «demasiados libros que rellenar».

A la falta de recursos le siguen las dificultades relacionadas con la adaptación de contenidos a la etapa (24 %). Estos docentes destacan que esta adaptación es compleja dada la «inflexibilidad cognitiva y nivel de motricidad fina», la «inmadurez» o la «atención y comprensión» del alumnado. Destaca el hecho de que un 25 % de estos docentes afirme que estos problemas se producen principalmente en el primer curso:

> La complejidad de algunos temas para adaptarlos a la edad y características de los niños especialmente con los más pequeños.
> Encontrar la actividad adecuada para 3 años donde todos puedan actuar. En este nivel es más complejo.

Asimismo, un 25 % de los docentes que hablan de dificultades en la adaptación de los contenidos relacionan esta con su falta de formación.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por estudios previos realizados con docentes a escala internacional (China, Grecia, Israel, Suecia y Turquía) y también en España, en los que los participantes reflexionan sobre las mismas dificultades (Akçay, 2017; Cantó y Serrano, 2017; Due et al., 2023; Li, 2023; Oon et al., 2019; Raviv y Galili, 2023; Zotti y Fragkiadaki, 2021). En estos trabajos, la falta de recursos materiales es una de las principales dificultades. Sin embargo, destaca que en los trabajos realizados en otros países los docentes se refieren concretamente a la falta de materiales adaptados a la edad de los alumnos. Mientras, los participantes en esta contribución no realizan esa apreciación en relación con los materiales, aunque también reflejan problemas con la trasposición didáctica de los contenidos (pero como otro código diferente). Esto mismo ocurre en el trabajo de Cantó y Serrano (2017). Las dificultades con la adaptación al nivel también son reflejadas por los docentes suecos, quienes encuentran complejo trabajar con vocabulario científico (Due et al., 2023). Las dificultades personales y temporales halladas en esta contribución también son indicadas en estos estudios internacionales. Los docentes suecos destacan problemas con la ratio (Due et al., 2023), los de China con la sobrecarga de compromisos docentes (Oon et al., 2019) y los de Israel con la falta de personal de apoyo para gestionar prácticas con grupos grandes (Raviv y Galili, 2023).

Estas dificultades podrían estar relacionadas, entre otros factores, con déficits formativos de los docentes. Esta circunstancia es reconocida por los docentes de China, Israel y Grecia (Li, 2023; Raviv y Galili, 2023; Zotti y Fragkiadaki, 2021), quienes identifican su falta de conocimiento científico y didáctico como una de las principales limitaciones. Así, por ejemplo, de acuerdo con el trabajo de Raviv y Galili (2023), los docentes reconocen necesitar mucho más tiempo para preparar clases de ciencia que de otras áreas. La falta de formación científica es también la principal dificultad aducida por los docentes en activo españoles (Cantó y Serrano, 2017).

Emociones hacia la enseñanza de la ciencia

La mayoría de los participantes (62 %) indica sentirse bien al enseñar ciencia (este código incluye respuestas como «bien, contenta, feliz, satisfecha, entusiasmada, motivada, me gusta, me encanta o es gratificante»). La gran mayoría de estos justifican estos sentimientos positivos con el interés mostrado por sus alumnos y con la satisfacción de comprobar su aprendizaje:

> Por la respuesta tan positiva del alumnado.
> Al ver sus caras de asombro, por ejemplo, al ver las alas de una mosca a través del microscopio.

Solo una docente relaciona este sentimiento positivo con su interés por la ciencia (2 %): «Me encantan y apasionan las ciencias, creo que sería positivo trabajarlas a diario en nuestros colegios». El resto de los docentes que responde a esta cuestión (14 %) indica sentirse igual que al enseñar otras áreas.

Este sentimiento positivo concuerda con las emociones que autoinforman sentir al enseñar ciencia, ya que la mayoría señalaron solo emociones positivas. Las emociones más repetidas son satisfacción y entusiasmo (78 %). Otras emociones altamente señaladas son curiosidad (68 %) y alegría (54 %). Estos resultados concuerdan con trabajos previos que han revelado actitudes positivas hacia la enseñanza de la ciencia de docentes de China, Israel, Noruega y Grecia (Li, 2023; Raviv y Galili, 2023; Sageidet, 2016; Zotti y Fragkiadaki, 2021). Asimismo, teniendo en cuenta que la mayoría de los docentes no relacionan esas emociones positivas con el contenido, los resultados concuerdan con los obtenidos por Bravo et al. (2019), quienes detectaron pocas emociones positivas en futuros maestros españoles hacia los contenidos científicos comparados con otros contenidos. Esta circunstancia se ha comprobado previamente también con futuros maestros de Educación Primaria, y se ha comprobado su relación con sus estudios previos en Bachillerato (mayoritariamente en itinerarios no científicos) (Marcos-Merino et al., 2022).

La emoción positiva menos señalada por los participantes es la confianza (26 %). Aun así, es relevante considerar que su porcentaje está por encima de cualquiera de las emociones negativas. Respecto a estas, la más señalada es la incertidumbre (12 %). Cabe resaltar que, al analizar los datos sociodemográficos, se comprueba que todos los participantes que indican que sienten esta emoción negativa (y que a su vez sienten menos emociones positivas como la confianza) son docentes jóvenes y con menos de diez años de experiencia docente. Los bajos niveles de confianza y su relación con la experiencia docente han sido puestas de manifiesto en estudios previos desarrollados en Turquía, China, Israel y Grecia (Aslan et al., 2016; Oon et al., 2019; Raviv y Galili, 2023; Zotti y Fragkiadaki, 2021). En concreto, el trabajo de Aslan et al. (2016) con docentes turcos muestra que existe una relación entre la autoeficacia hacia la enseñanza de la ciencia y la experiencia docente, mostrando que la autoeficacia aumenta cuando los docentes tienen al menos diez años de experiencia. Además de la experiencia previa, los bajos niveles de confianza se han ligado con déficits en su formación científica (Oon et al., 2019; Raviv y Galili, 2023). Es, por tanto, necesario incluir en los programas de formación acciones para mejorar la confianza a la hora de enseñar ciencia, por ejemplo, mediante enfoques prácticos activos (Marcos-Merino et al., 2022). Esto es también relevante para mejorar la confianza de los alumnos de Educación Infantil hacia la ciencia, ya que, como afirman estos autores, se ha mostrado que las emociones sentidas por los docentes se transfieren a sus alumnos.

Formación inicial y continua sobre didáctica de la ciencia

La mayoría (56 %) de los participantes afirma haber recibido formación inicial sobre didáctica de la ciencia, aunque el 44 % no recuerda haber recibido formación específica en sus estudios universitarios. Sin embargo, destaca que la mayoría de los que recuerda haber recibido formación no está satisfecha con ella, debido a su falta de adaptación a Educación Infantil (53,6 %, 30 % del total de participantes):

> Sí, pero no fueron conocimientos que puedas aplicar a tu práctica diaria, todo muy teórico.
> Poca, eran contenidos muy generales y poco adaptados a Educación Infantil.

El resto de los participantes que recibió formación sí está satisfecho con esta (46,4 %, 26 % del total de participantes), y destacan en sus respuestas las actividades prácticas que realizaron: «Íbamos al laboratorio y hacíamos muchas actividades de ciencias».

Respecto a la formación continua, la mayoría (54 %) reconoce no haber recibido formación continua en esta área desde que comenzó a trabajar como maestro, aunque un 46 % indica haber asistido a algunos cursos o jornadas. La mayoría de estos (95,7 %) versaron sobre metodologías, repitiéndose en varias respuestas las metodologías activas, la robótica, los experimentos, la neurociencia y los enfoques globalizadores. Otros docentes también señalan el enfoque STEM o la mujer en la ciencia. Solo una docente (4,3 %) afirma haber asistido a un curso relacionado con contenidos, en concreto sobre «naturaleza y reciclaje».

La mayoría de los participantes (86 %) está interesado en recibir formación continua, principalmente sobre metodologías. Así, un 38 % de las propuestas de formación sugeridas versan sobre metodologías experimentales y un 4 % sobre aprendizaje basado en proyectos. La demanda de actividades experimentales ha sido también hallada en trabajos previos con docentes de Brasil e Israel (Kliemann et al., 2021; Spektor-Levy et al., 2013). Estos últimos la creen necesaria, ya que afirman que no tienen la suficiente formación para poder indagar con sus alumnos.

Por otro lado, un 36 % de las propuestas de formación de los participantes incluyen otras metodologías que no pertenecen a ninguno de los códigos establecidos. Dentro de estas destacan: *i*) un 33,3 % (12 % del total de participantes) que demanda formación en enfoques globalizadores e interdisciplinares; *ii*) un 21,1 % (8 % del total) que demanda formación para adaptar la enseñanza a la edad de los alumnos; y *iii*) un 16,7 % (6 % del total) que demanda formación en atención a la diversidad para enseñar ciencia. Otras metodologías señaladas fueron las aulas del futuro, la robótica y los grupos interactivos. Todas estas necesidades formativas deberían ser tenidas en cuenta en el diseño de los programas de formación continua, ya que existen numerosas evidencias que han mostrado sus efectos positivos. Así, se ha probado con docentes alemanes y estadounidenses que los aumentos en la formación continua mejoran la autoeficacia y el conocimiento didáctico del contenido (Barenthien et al., 2020; Blaylock, 2019), lo cual tiene un efecto directo en la práctica docente, por ejemplo, en aumentos en el tiempo dedicado a enseñar ciencia (Blaylock, 2019).

Solo un 6 % de los participantes demanda formación en contenidos, incluyendo en estos la física y temas relacionados con los seres vivos y el medio ambiente. Esto no concuerda con los resultados del trabajo de Park et al. (2017), quienes encontraron que la formación en contenidos era una de las principales necesidades formativas de docentes de Estados Unidos. Como destacan estos autores, los contenidos de ciencia incluidos en la formación continua deben relacionarse con eventos cotidianos y retos actuales que destaquen su utilidad.

Asimismo, un 16 % de los participantes afirma tener interés en cualquier tipo de formación.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

De acuerdo con los objetivos se concluye que los participantes:

- Consideran relevante enseñar ciencia porque permite trabajar el método científico y por su relación con la cotidianidad de sus alumnos.
- Trabajan la ciencia de manera habitual (diaria o semanalmente), centrándose en contenidos de biología (y en menor medida en la materia y la astronomía) y trabajando poco la energía y las ciencias de la tierra.
- Emplean los experimentos y el aprendizaje basado en proyectos como principales metodologías y apenas trabajan por rincones de aprendizaje o realizan salidas al medio.

– Describen la falta de recursos materiales y la adaptación de los contenidos como sus principales dificultades.
– Sienten mayoritariamente emociones positivas enseñando ciencia, aunque la confianza es menos frecuente en docentes con menos experiencia.
– Han recibido poca formación inicial y continua en didáctica de la ciencia o no están satisfechos con ella, demandando formación en actividades experimentales.

Teniendo en cuenta estos hallazgos, sería interesante valorar la posibilidad de diseñar e implementar cursos y jornadas de formación sobre didáctica de la ciencia, así como analizar su impacto en la docencia de los participantes. Se recomienda que estas acciones estén orientadas a la enseñanza de contenidos distintos a la biología. Estas acciones deberían incluir formación disciplinar y didáctica. En relación con la primera, es necesario abordar los principales contenidos científicos y cómo estos están presentes en la vida diaria de los alumnos. Respecto a la segunda, sería interesante abordar los principales errores conceptuales, para poder intervenir tempranamente sobre ellos, además de abordar cómo adaptar el contenido al vocabulario de los alumnos y enseñarlo a través de diferentes metodologías. Dentro de estas, se recomienda orientar a los maestros sobre cómo trabajar por zonas de aprendizaje y mediante salidas al entorno, dada su relevancia para la didáctica de la ciencia y su baja presencia en la muestra. Considerando las demandas de los docentes, también sería interesante abordar en estas acciones el diseño de actividades experimentales, proponiéndose plantearlas como recurso para aplicar las etapas del método científico (desde el planteamiento de un problema y la emisión de una hipótesis hasta la comunicación de los resultados de sus investigaciones a su entorno escolar y familiar). Asimismo, dadas las dificultades de los participantes con los materiales, se propone abordar en estas acciones actividades sencillas que puedan realizarse con materiales cotidianos. Estas orientaciones también podrían ser tenidas en cuenta en las asignaturas de didáctica de la ciencia de los grados en Educación Infantil.

LIMITACIONES E INVESTIGACIÓN FUTURA

Las principales limitaciones están relacionadas con la muestra, ya que esta está formada por un número escaso de participantes para que pueda considerarse representativa. En futuros trabajos sería interesante ampliar su número, así como analizar estas cuestiones con docentes de otras regiones, lo que permitiría realizar estudios comparativos. Para ello sería necesario incorporar en el proceso de diseño y validación del cuestionario a docentes e investigadores de didáctica de las ciencias de otras universidades, así como realizar pruebas piloto en las distintas zonas. Asimismo, es preciso remarcar que, dado que la participación es voluntaria, han podido responder a docentes más motivados en la enseñanza de la ciencia, lo que podría generar sesgos en los resultados. Igualmente, podría ser interesante repetir este estudio pasados algunos cursos (para analizar el efecto del reciente cambio en la legislación) o replicarlo con maestros en formación inicial tras sus prácticums. Otras futuras líneas de trabajo podrían estar basadas en emplear otros instrumentos (como entrevistas semiestructuradas) con los que poder obtener más información.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PID2022-139684NB-I00 (financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y «FEDER. Una manera de hacer Europa») y GR21047 (financiado por la Junta de Extremadura y «FEDER. Una manera de hacer Europa»).

REFERENCIAS

Akçay, N. O. (2017). The views of the teachers related to the teaching methods and techniques used in preschool science teaching. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, *18*(3), 830-846.

Allen, W. (2003). Plant blindness. *BioScience*, 53(10), 926-926. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0926:PB]2.0.CO;2

Aslan, D., Tas, I. y Ogul, I. G. (2016). Pre-and In-Service Preschool Teachers' Science Teaching Efficacy Beliefs. *Educational Research and Reviews*, *11*(14), 1344-1350. https://doi.org/10.5897/ERR2016.2794

Bardin, L. (1996). *Análisis de contenido*. Ediciones Akal.

Barenthien, J., Oppermann, E., Anders, Y. y Steffensky, M. (2020). Preschool teachers' learning opportunities in their initial teacher education and in-service professional development –do they have an influence on preschool teachers' science-specific professional knowledge and motivation? *International Journal of Science Education*, *42*(5), 744-763. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1727586

Blaylock, D. S. (2019). *Preschool Science: An Examination of Classroom and Teacher Predictors* [Tesis de doctorado]. Logan, Utah State University.

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*, *23*(4), 196-214. https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i4.11717

Brown, S. E. (1991). *Experimentos de Ciencias en educación infantil*. Narcea Ediciones.

Calo, N., García-Rodeja, I. y Sesto, V. (2021). Construyendo conceptos sobre electricidad en infantil mediante actividades de indagación. *Enseñanza de las ciencias*, *39*(2), 223-240. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3238

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*, *Extra*, 1995-2000.

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

Cruz-Guzmán, M., Puig, M. y 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

De Pro, A., De 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*, 36(1), 185-202. https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1

Due, K., Skoog, M., Areljung, S., Ottander, C. y Sundberg, B. (2023). Teachers' conceptualisations of science teaching–obstacles and opportunities for pedagogical continuity across early childhood school forms. *International Journal of Early Years Education*, *31*(3), 790-805. https://doi.org/10.1080/09669760.2022.2107492

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, 32*(2), 131-149. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.817

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, 315-323.
https://doi.org/10.1007/s10643-013-0579-4

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

Hayati, M., Rahiem, M. D. H., Romadhon, D. R., Faeruz, R., Rahmatullah, R., Subchi, I. y Hadi, Y. (2023, mayo). Science in Islamic kindergarten in Indonesia: Content and methods. *AIP Conference Proceedings*, *2595*, 040031-040039.
https://doi.org/10.1063/5.0123803

Kliemann, G. L., Dullius, M. M. y Neide, I. G. (2021). Concepção de professores dos anos iniciais sobre a natureza da ciência e atividades experimentais. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, *17*(1), 45-58.
https://doi.org/10.14483/23464712.17388

Li, L. (2023). Investigation of Chinese Preschool Teachers' Attitudes and Beliefs toward Science Teaching. *International Journal of Educational Research and Development*, *4*(1), 9-9.
https://doi.org/10.1177/1836939119870890

Lloret, A., Jiménez, M. P. y Barón, S. (2017) La ciencia en los libros de texto de Educación Infantil. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 927-932.

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Marcos-Merino, J. M., Esteban, M. R. y Ochoa de Alda, J. A. G. (2022). Conocimiento previo, emociones y aprendizaje en una actividad experimental de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *40*(1), 107-124.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3361

Mayring, P. (2015). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. En A. Bikner-Ahsbahs, C. Knipping y N. Presmeg (Eds.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education. Advances in Mathematics Education.* Springer.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13

Mazas, B. y Bravo, B. (2018). Actitudes hacia la ciencia del profesorado en formación de educación infantil y educación primaria. *Profesorado*, *22*(2), 329-348.
https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i2.7726

Onal, N. y Cevik, E. (2022). Science Education in Outdoor Learning Environments from the Perspective of Preschool Teachers: Definitions, Opportunities, Obstacles, and Possible Solutions. *Malaysian online journal of educational sciences*, *10*(1), 37-51.

Oon, P. T., Hu, B. Y. y Wei, B. (2019). Early childhood educators' attitudes toward science teaching in Chinese schools. *Australasian Journal of Early Childhood*, *44*(4), 423-435.
https://doi.org/10.1177/1836939119870890

Paños, E., Martínez-Rodenas, P. y Ruiz-Gallardo, J. R. (2022). La flotabilidad a examen en las aulas de infantil: evaluación del nivel de guía del docente. *Enseñanza de las ciencias, 40*(1), 161-177.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3281

Park, M. H., Dimitrov, D. M., Patterson, L. G. y Park, D. Y. (2017). Early childhood teachers' beliefs about readiness for teaching science, technology, engineering, and mathematics. *Journal of Early Childhood Research, 15*(3), 275-291.
https://doi.org/10.1177/1476718X15614040

Raviv, A. y Galili, I. (2023). Preschool Teachers' Attitudes Towards the Implementation of Science and Technology Studies in Preschool. *Early Childhood Education Journal*, 1-11.

Real Decreto por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil (Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero).

Saçkes, M. (2014). How often do early childhood teachers teach science concepts? Determinants of the frequency of science teaching in kindergarten. *European early childhood education research journal*, *22*(2), 169-184.
https://doi.org/10.1080/1350293X.2012.704305

Sageidet, B. M. (2016). Norwegian early childhood teachers' stated use of subject-related activities with children, and their focus on science, technology, environmental issues and sustainability. *Nordic studies in science education*, *12*(2), 121-139.
https://doi.org/10.5617/nordina.955

Spektor-Levy, O., Baruch, Y. K. y Mevarech, Z. (2013). Science and Scientific Curiosity in Preschool—The teacher's point of view. *International Journal of Science Education*, *35*(13), 2226-2253.
https://doi.org/10.1080/09500693.2011.631608

Tu, T. (2006). Preschool science environment: What is available in a preschool classroom? *Early Childhood Education Journal*, *33,* 245-251.
https://doi.org/10.1007/s10643-005-0049-8

Vega, S. (2012). *Ciencia 3-6: laboratorios de ciencias en la escuela infantil*. Graó.

Zotti, E. y Fragkiadaki, G. (2021). Greek pre-service and in-service early childhood teachers' beliefs about approaching and teaching Science in the early years. *Mediterranean Journal of Education*, *1*(1), 31-42.

ANEXO 1.

Preguntas incluidas en el cuestionario

Enseñanza y aprendizaje de las ciencias en Educación Infantil

Este cuestionario forma parte de un proyecto de investigación sobre la enseñanza de las ciencias en Educación Infantil. En las futuras publicaciones los datos obtenidos se mostrarán globalmente, preservando completamente las características individuales de los participantes, que serán siempre anónimas. La participación es voluntaria.
Muchas gracias de antemano por su colaboración

1. Género *

   Marca solo un óvalo.

   - ◯ Femenino
   - ◯ Masculino
   - ◯ Otro

2. Centro educativo y localidad *

   _____

3. Edad *

   _____

4. Formación académica *

   Marca solo un óvalo.

   - ◯ Diplomatura Educación Infantil
   - ◯ Grado Educación Infantil
   - ◯ Diplomatura Educación Primaria
   - ◯ Grado Educación Primaria
   - ◯ Licenciatura
   - ◯ Máster
   - ◯ Doctorado
   - ◯ Otro: _____

5. Años de experiencia como docente *

   _____

6. ¿Con qué frecuencia trabajas contenidos de ciencias en el aula de Educación Infantil? *

Marca solo un óvalo.

- Nunca
- Una vez al año
- Una vez cada trimestre
- Una vez al mes
- Todas las semanas
- Todos los días

7. ¿Crees que es importante enseñar ciencias en Educación Infantil? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

8. ¿Por qué? *

9. Enumera los contenidos de ciencias que sueles trabajar en el aula de Educación Infantil. *

10. ¿Qué metodologías sueles emplear para trabajar los contenidos de ciencias? *

11. ¿Cuáles son las principales dificultades que encuentras como docente a la hora de enseñar ciencias en Educación Infantil? *

12. ¿Cómo te sientes al enseñar ciencias en Educación Infantil? *

13. ¿Cuáles son las emociones que sientes con más frecuencia al enseñar ciencias en Educación Infantil? Puedes señalar varias emociones e incluir otras que no aparezcan en la lista *

Selecciona todos los que correspondan.

- [ ] Alegría
- [ ] Satisfacción
- [ ] Entusiasmo
- [ ] Confianza
- [ ] Curiosidad
- [ ] Preocupación
- [ ] Frustración
- [ ] Aburrimiento
- [ ] Incertidumbre
- [ ] Nerviosismo
- [ ] Otro:

14. ¿Recibiste formación sobre la enseñanza de las ciencias en Educación Infantil durante tu formación universitaria? En caso afirmativo, explica brevemente en qué consistió esta formación *

15. ¿Has recibido formación acerca de la enseñanza de las ciencias en Educación Infantil durante tu formación continua como docente? En caso afirmativo, explica brevemente en qué ha consistido esa formación *

16. ¿Te gustaría recibir formación específica sobre la enseñanza de las ciencias en Educación Infantil? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

17. ¿Qué contenidos y metodologías serían interesantes para ti si tuvieras la posibilidad de recibir dicha formación? *

Science Teaching in Early Childhood Education according to In-Service Teachers: Implications for Teacher Education

José María Marcos-Merino, Elena Calvino Pérez
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas, Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura, Badajoz, España
jmmarcos@unex.es, ecalvino@alumnos.unex.es

The latest curricular innovations implemented in the Spanish educational system show that science has acquired a growing importance in Early Childhood Education. The reinforcement of science teaching at this educational stage should be based on the results of research developed in science education. In this respect, it is particularly interesting to study in-service teachers' conceptions about the teaching of this discipline, a key aspect to be able to design and apply changes to improve this formative process. However, unlike in other countries, there are hardly any studies that analyze how in-service teachers in Spain teach this discipline, with research mainly focusing on pre-service teachers.

This paper presents an exploratory study that analyses the conceptions about science teaching of a sample of 50 in-service teachers in the region of Extremadura (Spain). For this purpose, a self-designed questionnaire was implemented, which was analyzed using a qualitative analysis methodology. The first step in this analysis was to establish the categories of analysis and to create, for each category, a system of emerging codes based on the analysis of the participants' discourses. In this way, a system of categories and codes was established with which to analyze the responses to the questionnaires. This system has been established in accordance with the content analysis procedure, following procedures of the systematic and objective description of the content of the message.

The results show that the participants consider science teaching as relevant at this educational stage because it allows them to work on the scientific method and because science is related to their pupils' daily lives. In line with this, they usually work on science (daily or weekly), focusing mainly on biology contents (and to a lesser extent also on matter and astronomy). However, they do little work on energy and earth science. Regarding methodologies, they mainly use experiments and project-based learning to teach science, but they hardly work in learning corners or nature field trips, methodologies which are quite relevant at this educational stage according to science didactics. Although their feelings towards science teaching are generally positive (especially among more experienced teachers, who are the ones who describe the highest levels of confidence), they list difficulties related to the availability of material resources and to the adaptation of content. They also show a low level of satisfaction with the previous training received in science education, both initial (in their university studies) and continuous (once they started working as teachers). In this sense, they demand more training in experimental activities. As implications, it is proposed to include, in the in-service teacher training programs, more training actions with which to approach experimental activities. Particularly, it is proposed to use these activities as a resource for applying all the stages of the scientific method (from posing a problem and issuing hypotheses to communicating the results of their research to their school and family environment). In addition, given the participants' difficulties with materials, it is suggested that these actions should include simple activities that can be carried out with everyday materials. These guidelines could also be considered in the science education subjects in the degree in Early Childhood Education.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 55-74
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6112
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Conocimiento didáctico del contenido de formadores de profesores sobre didáctica de las ciencias

Pedagogical Content Knowledge of Teacher Educators about Science Education

María Emilia Ottogalli, Gonzalo M. A. Bermudez
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
emilia.ottogalli@unc.edu.ar, gbermudez@unc.edu.ar

RESUMEN • La didáctica de las ciencias experimentales es parte de los programas de formación docente de la educación primaria de la provincia de Córdoba, Argentina, en espacios curriculares que agrupan saberes pedagógicos-didácticos y disciplinares de las ciencias naturales (CN), como «CN y su Didáctica II». Para conocer qué saberes movilizan a los formadores de profesores de esta asignatura y cómo se relacionan e interactúan estos conocimientos, recurrimos al constructo de conocimiento didáctico del contenido (CDC), realizamos entrevistas semiestructuradas y adoptamos el enfoque del mapeo del CDC. Los resultados revelan una diversidad de integraciones entre los componentes del CDC, donde los componentes de conocimiento de la comprensión de los estudiantes y las orientaciones para la enseñanza obtuvieron las mayores integraciones; mientras que el conocimiento de la evaluación resultó ser el menos integrado.

PALABRAS CLAVE: Conocimiento didáctico del contenido; Formadores de profesores de enseñanza primaria; Enseñanza de la didáctica; Conocimiento declarativo; Evaluación de los aprendizajes.

ABSTRACT • Science education is part of the primary education teacher training programs of the province of Córdoba, in Argentina, particularly in curricular spaces that group together pedagogical-didactic and disciplinary knowledge of natural sciences (NS), such as «NS and its teaching methods». To find out what type of knowledge teacher educators set in motion in this subject, we used the pedagogical content knowledge (PCK) construct, conducted semi-structured interviews and used the PCK mapping approach to understand how this knowledge relates and interacts. The results reveal a diversity of integrations among the PCK components, where the component of knowledge of the students' understanding and orientations for teaching had the highest integrations, while knowledge about assessment was the least integrated.

KEYWORDS: Pedagogical content knowledge; Elementary education teacher trainers; Teaching science education; Declarative knowledge; Assessment of learning.

Recepción: diciembre 2023 • Aceptación: junio 2024 • Publicación: noviembre 2024

Ottogalli, M. E. y Bermúdez, G. M. A. (2024). Conocimiento didáctico del contenido de formadores de profesores sobre didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, *42*(3), 55-74
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6112

INTRODUCCIÓN

Didáctica general y didáctica de las ciencias experimentales

La pregunta de qué conocimientos moviliza un docente para enseñar ha sido respondida históricamente por la didáctica, disciplina que se ha constituido en torno al estudio e intervención en la tarea de enseñar y en la formación docente (Picco, 2022). Cabe destacar que aquí aludimos a didáctica como una didáctica general (DG), aun reconociendo que es un campo en el que conviven diversas posturas teórico-epistemológicas (Picco, 2022).

En la actualidad, la DG continúa con su agenda clásica de preocupaciones (Edelstein, 2007; Litwin, 1996), a la que se añaden también reflexiones teóricas, prácticas, epistemológicas y políticas sobre la enseñanza y la educación moderna (Picco, 2022). De la mano de esta idea, la didáctica tiene aún el desafío de asentarse en una perspectiva crítica y social (Picco, 2022), en coordenadas reales «en el territorio» (Bermudez et al., 2020, p. 8) y «desde el borde de lo explicitado o prescripto» (p. 9), apuntando a formar a profesionales capaces de superar visiones tradicionales de la enseñanza. Además, entre algunas de las principales tendencias que han caracterizado el campo didáctico en las últimas décadas, Cols (2016) destaca el predominio de nuevas visiones acerca del profesionalismo docente, entre las que se encuentra el aporte de L. Shulman sobre el conocimiento didáctico del contenido (CDC).

Por otro lado, el campo didáctico no es único, sino que está integrado por una DG y otras específicas (DE), entre las que se encuentran las que se circunscriben a ámbitos disciplinares (Camilloni, 2016a), como la didáctica de las ciencias experimentales (DCE). Debido a que los vínculos entre la DG y las DE son intrincados, con incomprensiones y debates pendientes, no sería ajustado esquematizarlas a modo de un árbol, en el que las DE se desprenden de la DG como ramas (Camilloni, 2016a).

En lo particular, en cuanto a las articulaciones entre la DG y la DCE, la primera ha recuperado de la DC la teoría del cambio conceptual y las investigaciones realizadas en torno a docentes con o sin experiencia (Camilloni, 2016a; Picco y Cordero, 2021). En el sentido contrario, la DC ha tomado construcciones teóricas que tienen antecedentes en la DG, tales como la programación didáctica, la evaluación formativa de los aprendizajes y la resolución de problemas (Camilloni, 2016a). Esto podría interpretarse, como menciona Hoz (2016, citado en Picco y Cordero, 2021), desde un lugar en donde el campo de acción de las didácticas demanda un trabajo *codidáctico*; es decir, a partir de la colaboración de aportes de diferentes didácticas que buscan captar la complejidad del objeto. A su vez, un programa de investigación que ha generado conocimientos en el campo de la DCE refiere a la perspectiva de Shulman relativa al CDC, que ofrece una nueva base para dar identidad epistemológica a las DCE (Bolívar, 2005). Esto se debe al gran potencial que tiene el CDC para generar investigaciones y teorizaciones en el campo de la formación docente y la enseñanza (Picco y Cordero, 2021).

A partir de lo expuesto, coincidimos con Bolívar (2005) al considerar que un territorio que une la DG y la DCE es la formación y el desarrollo profesional del profesorado, como un cruce de caminos en una relación interdisciplinar.

La formación docente en Argentina: los profesorados de educación primaria

En Argentina, al igual que en otros países, las instituciones educativas que cuentan con carreras de profesorado de educación primaria (PEP) se ofrecen en los institutos superiores de formación docente (ISFD) y presentan en su propuesta curricular asignaturas pedagógicas-didácticas (pedagogía, didáctica general, psicología y educación) y otras que combinan la formación en DCE con disciplinas científicas, como es el caso de Ciencias Naturales y su Didáctica II (CNyDII), que se desarrolla en el tercer año de la carrera.

En el marco del currículum explícito para CNyDII, el diseño curricular de PEP (Ministerio de Educación de la provincia de Córdoba, 2015) sugiere que se privilegie la construcción de un cuerpo teórico-práctico de conocimientos sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en la escuela, integrando visiones de un modelo constructivista (Ministerio de Educación de la provincia de Córdoba, 2015). Además, presenta ejes de contenidos que interpelan a formadores de profesores a hacer frente a un doble campo formativo: enseñar DCE y enseñar ciencias naturales en la misma asignatura, situación que complejiza la configuración del tradicional triángulo didáctico (Bermúdez, 2022).

Ahora bien, ¿qué sucede con los saberes docentes en estas asignaturas cuando la DCE es también objeto de enseñanza en la formación del profesorado? ¿Qué saberes movilizan y transforman a los docentes de estos espacios curriculares que agrupan tanto conocimientos didácticos como disciplinares de las ciencias naturales? Para responder a estos interrogantes y acceder a las configuraciones de los saberes docentes, recurrimos al constructo del CDC, reconocido por su potencialidad para generar investigaciones sobre la formación del profesorado (Bolívar, 2005).

El conocimiento didáctico del contenido sobre la didáctica de las ciencias experimentales

En primer lugar, adscribimos a una perspectiva disciplinar para la traducción de la versión original *pedagogical content knowledge* (PCK) de Shulman como *conocimiento didáctico del contenido* (CDC), donde la «P» de pedagogía es sustituida por la «D» de didáctica. Esto se debe a que, como hemos fundamentado, la que tiene por objeto de estudio a la enseñanza es la didáctica (Camilloni, 2016b). Desde su origen en 1986, el programa de investigación del CDC ha permitido rediseñar la formación del profesorado y, a la vez, ha ofrecido un nuevo marco para la investigación en DCE (Bolívar, 2005).

Si bien el constructo del CDC fue redefiniéndose desde su surgimiento, es reconocido como el conocimiento y las habilidades profesionales de enseñanza que posee un docente para ayudar a un grupo de estudiantes a comprender un concepto específico, una colección de conceptos o un aspecto particular de la disciplina (Carlson et al., 2019). El CDC se caracteriza por ser de naturaleza idiosincrática, adquirir formas declarativas (saber docente) o dinámicas (acción docente) y estar compuesto por componentes discretos que se integran y combinan durante la enseñanza (Alonzo y Kim, 2016; Aydin et al., 2015; Park y Chen, 2012).

Para investigar cómo el profesorado transforma el contenido que se ha de enseñar, resulta útil identificar los conocimientos o componentes centrales del CDC y luego describir su integración (Park y Chen, 2012; Reynolds y Park, 2021). En esta línea, adoptamos el modelo pentagonal del CDC (Park y Oliver, 2008) (figura 1), que está conformado por los siguientes componentes: orientaciones para la enseñanza de la ciencia (OE); conocimiento de la comprensión de los estudiantes de la ciencia (CCE); conocimiento acerca del currículum de ciencias (CC); conocimiento sobre estrategias para enseñar ciencias (CE); conocimiento sobre evaluación del aprendizaje de las ciencias (CEv).

Con relación a la integración de los componentes del CDC, Park y Chen (2012) argumentan que las investigaciones deben enfocarse en cómo interactúan entre sí los componentes, evitando descomponer el CDC en sus elementos constituyentes. Ello guarda relación con el supuesto de que el profesorado puede integrar los componentes del CDC de forma coherente en el momento de enseñar. En esa línea, Dueñas (2016) señala que investigar las interacciones entre los componentes permite tanto la caracterización del CDC como la planificación de acciones que contribuyan a la mejora de la enseñanza de un determinado contenido, a partir de las relaciones que resulten escasas o ausentes, tal y como suele suceder con la de los componentes CC (Park y Chen, 2012; Reynolds y Park, 2021) y CEv (Aydin y Boz, 2013; Park y Suh, 2019).

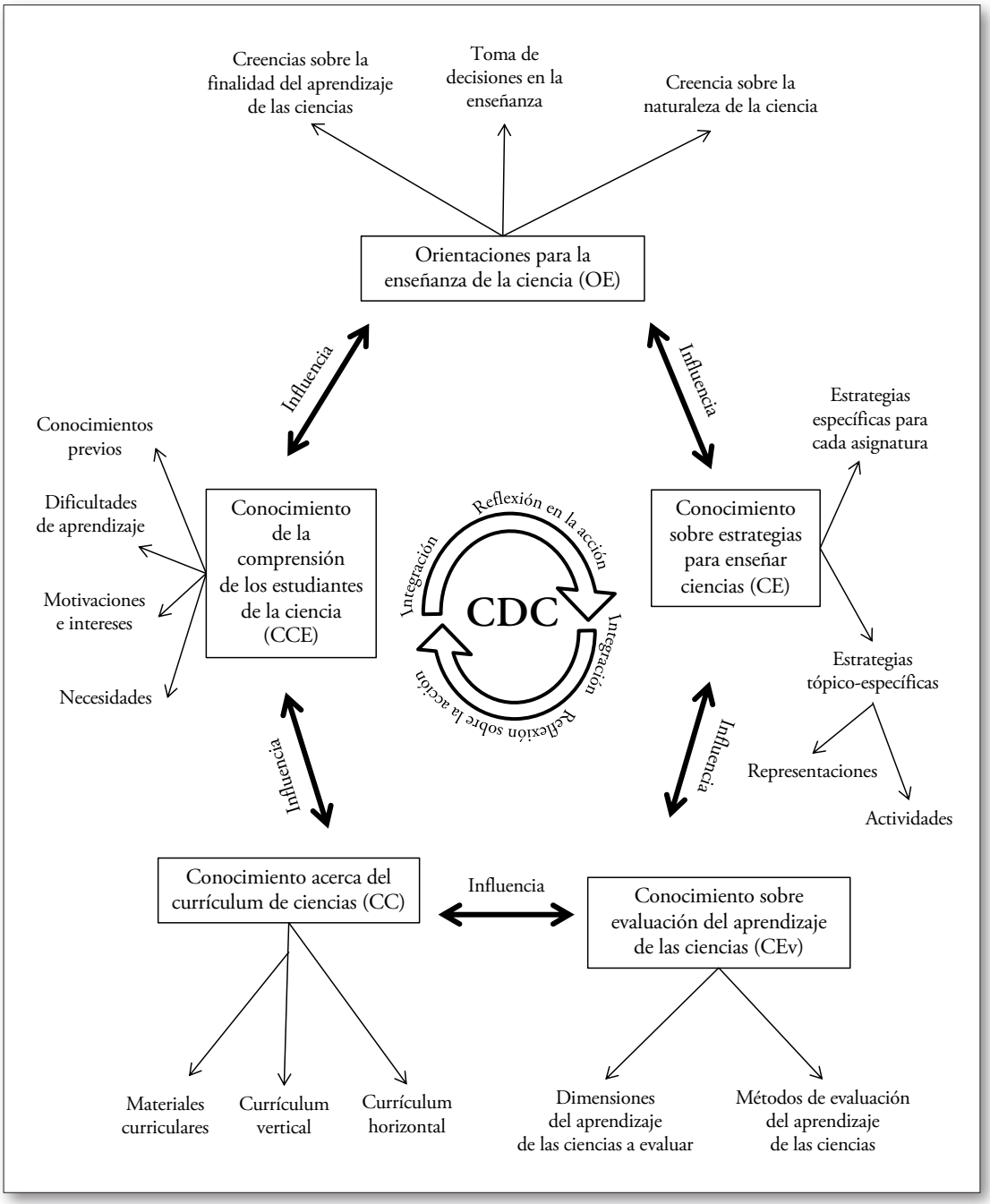


Fig. 1. Modelo pentagonal de CDC adaptado de Park y Oliver (2008). En este modelo, el CDC se ubica en el centro del polígono y en interacción con los cinco componentes de sus vértices.

En esta línea, los estudios del CDC han reconocido que las interacciones más simples se dan entre dos componentes, mientras que las más complejas incluyen tres o más (Aydin y Boz, 2013). A su vez, aunque algunas investigaciones señalan que los componentes del CDC se encuentran más integrados en docentes experimentados que en novatos (Stender et al., 2017), esta integración también es particular de cada profesor y tópico de enseñanza (Aydin y Boz, 2013; Park y Chen, 2012; Ravanal Moreno y López-Cortés, 2016).

Debido a que la alta producción de investigaciones redundó en una diversidad de modelos de CDC (Chan, 2022), se llevó a cabo una primera cumbre de investigadores en 2012, de la cual surgió el modelo consenso (MC) de CDC. Este MC identifica el papel primordial del conocimiento profesional para la enseñanza y sitúa el CDC dentro del modelo (Gess-Newsome, 2015). Tras una segunda cumbre, Carlson et al. (2019) narraron el proceso de desarrollo de lo que desde entonces se ha denominado modelo de consenso refinado del CDC (MCR), que, aunque no sustituye al MC, incorpora ideas innovadoras que abordan algunas inconsistencias de este último. El MCR logra describir las capas de conocimientos y experiencias que conforman e informan la práctica docente a lo largo de una trayectoria profesional (Carlson et al., 2019). En ese sentido, en el MCR se reconocen tres dimensiones de concreción del CDC (*colectivo* –CDCc–, *personal* –CDCp– y *en acción* –CDCe–) que sitúan los saberes docentes en diferentes escenarios. Estos niveles se retroalimentan generando un flujo de información de unos a otros. Además, el MCR considera diferentes granulometrías de CDC (disciplina, tema o concepto específico). Por esta razón, cuando estudiamos el CDC de docentes en el presente trabajo, optamos por circunscribirlo a un tema en particular, que en este caso es la DCE.

Por otra parte, Park (2019) considera que el CDC consta de dos dimensiones para su análisis (*comprensión* y *acción*), donde el CDCe del MCR se corresponde conceptualmente con la dimensión *en acción* en el modelo pentagonal, y el CDCp, con la dimensión de comprensión. La distinción radica en que, en el MCR la *acción* (CDCe) es entendida como un subconjunto del CDC de un docente, mientras que en el modelo pentagonal estas dimensiones (*comprensión* y *acción*) «se describen como dos aspectos complementarios del CDC de un docente» (Park, 2019, p. 121). Por lo tanto, en el presente trabajo adoptamos el modelo pentagonal de CDC para realizar un análisis de la integración de los componentes del CDCp de los formadores de profesores sobre DCE.

A partir de una revisión bibliográfica, hemos detectado publicaciones que consideran la integración (mapeo) de componentes del CDC de docentes relativos a tópicos concretos de las ciencias naturales como reacciones redox (Aydin y Boz, 2013), selección natural (Gao et al., 2021), alimentación y nutrición humana (Dueñas, 2019). Sin embargo, no detectamos investigaciones sobre la integración de componentes del CDC que se desarrollen con docentes formadores de formadores (profesorados de inicial, primaria o secundaria). A su vez, según lo revelado hasta la fecha por nuestro grupo, ningún estudio del CDC ha sido realizado sobre las disciplinas didácticas (DG o DCE) como objetos de enseñanza. Es decir, según nuestro conocimiento, el presente trabajo constituye la primera investigación del CDC, que coloca a la DCE en el mismo foco que los contenidos de las disciplinas científicas. En ese sentido, a diferencia de los estudios realizados hasta el momento, donde cada componente del CDC se asocia con la enseñanza de un tópico específico (por ejemplo, OE de las reacciones redox o selección natural), en nuestro trabajo los componentes del CDC están asociados a los contenidos de DCE; es decir, OE de la DCE, CCE sobre DCE, y así sucesivamente.

Dado que es importante llenar este vacío, nos propusimos los siguientes objetivos: *i*) describir e interpretar el CDCp declarativo de diez formadores de profesores de PEP responsables de la asignatura CNyDII sobre los tópicos de DCE, y la forma en que los saberes que componen el CDC se relacionan e integran, y *ii*) realizar aportes a la formación docente, particularmente la Educación Primaria.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio

Este trabajo adopta una metodología mixta, ya que el análisis presenta una vinculación de datos cuantitativos y cualitativos, pero con mayor énfasis en el enfoque cualitativo (Hernandez Sampieri et al., 2010). Desde allí, diseñamos un estudio de tipo exploratorio y descriptivo (Patton, 2014). El muestreo

fue de tipo no probabilístico y su elección tuvo en cuenta las causas relacionadas con las características de la investigación y no de la probabilidad (Hernandez Sampieri et al., 2010).

Contexto del estudio

La investigación se sitúa en los PEP de la provincia de Córdoba, Argentina, en la asignatura CNyDII, para la que el diseño curricular del PEP (Ministerio de Educación de la provincia de Córdoba, 2015) propone tres ejes: *i*) «Las ciencias naturales y los obstáculos en su enseñanza»; *ii*) educación para la salud; y *iii*) biodiversidad y ambiente. Los ejes *ii* y *iii* hacen referencia a contenidos disciplinares de las ciencias naturales, mientras que el eje *i*, objeto de este trabajo, contempla contenidos de la DCE (por ejemplo, enfoques constructivistas y teoría del cambio conceptual, ideas alternativas o concepciones previas de los alumnos sobre fenómenos naturales, estrategias metodológicas y recursos en las ciencias naturales, y evaluación en ciencias naturales).

Participantes

Dado que el discurso didáctico habla y se dirige al profesorado (Camilloni, 2016c), los participantes de este trabajo fueron diez formadores de profesores en activo de PEP a cargo de la asignatura CNyDII, quienes contaban con diferentes titulaciones y años de experiencia (tabla 2).

Instrumentos y métodos de análisis de datos

En primer lugar, realizamos una metodología cualitativa de naturaleza descriptiva al diseñar y aplicar individualmente a cada docente una entrevista semiestructurada (entre 2019 y 2020), integrada por las preguntas de la herramienta de representación del contenido (ReCo, del inglés *content representation –CoRe–*) (Loughran et al., 2004). Este instrumento permitió acceder al conocimiento de los docentes y representar su CDC. Una vez transcritas sus expresiones, las codificamos teniendo en cuenta los componentes del modelo pentagonal (Park y Oliver, 2008) y las categorías emergidas de los datos (análisis inductivo-deductivo). Este proceso se realizó con el *software* de análisis de datos cualitativos Atlas.ti® versión 7.5.18.

En segundo lugar, se llevó a cabo el mapeo de CDC siguiendo a Park y Chen (2012). Este método, capaz de cuantificar y visualizar la integración de los componentes del CDC (Reynolds y Park, 2021), fue realizado a través de los siguientes pasos: 1) identificamos los componentes del CDC para cada docente al enseñar DCE en un segmento de enseñanza específico (*episodio de CDC*), que se refiere a la integración de dos o más componentes del CDC; 2) los componentes identificados y sus integraciones se indicaron usando el modelo pentagonal como dispositivo analítico, elaborando una figura poliédrica de cinco vértices que constituye el mapa del CDC (Park y Suh, 2019). Las integraciones entre los componentes se determinaron, según Park y Chen (2012), sobre la base de dos supuestos: debe haber al menos una integración entre dos componentes y cada integración tiene la misma fuerza. Así, para cada episodio de CDC, se elaboró un mapa de CDC. Un ejemplo de este procedimiento puede observarse en la figura 2.

A continuación, se sumaron para cada docente los mapas parciales de cada episodio de CDC en un *mapa integrador*. En ese mapa final, la frecuencia de integración entre los componentes se representó con un número de color negro ubicado al lado de líneas que varían en su grosor, según la fortaleza de las relaciones: cuanto más gruesa sea la línea, mayor es la frecuencia de integración entre dos componentes (Park y Chen, 2012). Además, se colocó un número en color naranja, cercano a cada componente, que representa el número total de integraciones que cada componente tiene con el resto.

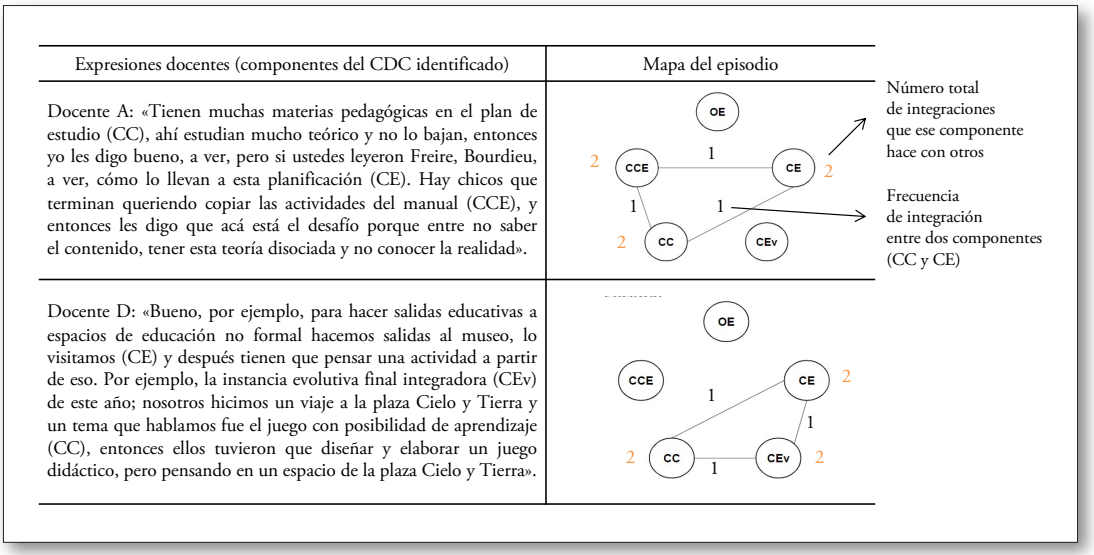


Fig. 2. Ejemplo de los componentes identificados en episodios de CDC que conforman el mapa parcial del CDC de los docentes A y D. Referencia de componentes en la figura 1.

Para acercarnos a la validez de los datos analizados, establecimos algunas instancias de triangulación. En primer lugar, la codificación de las entrevistas fue llevada a cabo por la primera autora. Luego, en seminarios con dos investigadores del grupo, triangulamos la pertinencia de cada código (correspondientes a dos entrevistas completas y fragmentos de interés de las ocho restantes, durante aproximadamente 25 horas de reuniones). Las discrepancias fueron resueltas por consenso hasta alcanzar el acuerdo en todos los casos. Posteriormente, dos investigadores externos con trayectoria en el estudio del CDC revisaron los métodos usados y validaron un subconjunto de las codificaciones, incluyendo las que habían causado discrepancias en el grupo.

En tercer lugar, realizamos un análisis de correlación de Pearson con el programa de análisis estadístico IBM SPSS Statistics 23 para conocer si existía alguna relación entre los años de servicio, los años de experiencia en la enseñanza de CNyDII y la integración de los componentes de CDC. Para ello, las unidades de análisis (variables cuantitativas) fueron: número total de integraciones en el mapa final de CDC (de 1 a n); número de componentes integrados en el mapa final de CDC (1 a 5); cantidad de componentes con el mayor número de integraciones (1 a 5); componentes con las integraciones más diversas (1 a 5); años de experiencia docente (de 1 a n); y años de experiencia en CNyDII (de 1 a n). El grado de correlación se expresó en porcentajes y se indicó que el valor p de la significancia bilateral debía ser menor o igual (≤) a 0,05.

RESULTADOS

La primera sección de resultados hace referencia a los puntos destacados para cada componente del CDC, obtenidos a partir de las entrevistas con los formadores de profesores, seguido de un análisis de la integración de los componentes revelados por los mapas del CDC. Luego se revisan los pares de componentes que destacaron por sus integraciones en los mapas de CDC y, por último, se analiza la influencia de los años de experiencia docente en la integración de los componentes del CDC.

Puntos destacados para cada componente del CDC de la DCE

Presentamos los puntos destacados para cada componente de CDC, extraídos durante las entrevistas con los formadores de docente sobre la DCE (tabla 1).

Tabla 1.
Categorías (componentes del CDC), subcategorías
y puntos destacados del CDC sobre DCE de diez formadores de profesores

Componentes del CDC sobre la DCE	*Subcategorías*	*Puntos destacados obtenidos de las entrevistas*
Orientaciones para la enseñanza de la DCE	Decisiones sobre la enseñanza	– Conocimientos e intereses de los estudiantes. – Trabajo multidisciplinar (por ejemplo, desarrollar planificaciones que se aplicarán en la asignatura durante la práctica docente). – Propósitos de la enseñanza (por ejemplo, desarrollo de juicio crítico, formar a docentes constructores del conocimiento). – Organización y secuenciación de contenidos (por ejemplo, decidir enseñar primero contenidos de DCE o de las ciencias naturales, o ambos a la vez).
	Naturaleza de la ciencia	– Forma en que se construye el conocimiento científico. – Capacidades asociadas al aprendizaje de la ciencia (generar preguntas, hipotetizar). – Características del trabajo de las personas de ciencia y su rol en la sociedad.
	Enfoques sobre la enseñanza y el aprendizaje	– Enseñanza desde un modelo constructivista. – Docente como posibilitador del conocimiento. – Aprendizaje como proceso.
Conocimiento de la comprensión de los estudiantes de DCE	Características personales de los estudiantes	– Conocimiento sobre su desempeño individual o grupal. – Conocimiento sobre su vida personal (embarazos, violencia de género, etc.).
	Obstáculos para el aprendizaje	– Estudiantes posicionados desde un modelo tradicional de la enseñanza y el aprendizaje. – Aprendizaje memorístico. – Dificultad para planificar un contenido de las ciencias naturales que desconocen. – Planificación de secuencias que no contemplan un gradiente de complejidad en los aprendizajes de los contenidos. – Heterogeneidad de trayectorias escolares y niveles socioeconómicos, lo que genera una gran diversidad en las producciones elaboradas.
Conocimiento acerca del currículum de DCE	Materiales curriculares	– Contenidos enseñados: elaboración de planificaciones de clases, unidades didácticas y proyectos, estrategias de enseñanza de las CN (como la indagación), transposición didáctica, modelos didácticos, evaluación, obstáculos para la enseñanza de contenidos de las CN, competencias científicas y naturaleza de la ciencia. – Articulación horizontal (por ejemplo, desarrollo de planificaciones junto a práctica de la enseñanza). – Articulación vertical (por ejemplo, acuerdos de contenidos que se han de desarrollar entre docentes CNyDI de segundo año, y CNyDII de tercer año). – Conocimiento del diseño curricular de la Educación Primaria.

Componentes del CDC sobre la DCE	*Subcategorías*	*Puntos destacados obtenidos de las entrevistas*
Conocimiento sobre estrategias para enseñar DCE	Estrategias específicas de la asignatura	– Lectura de textos específicos del campo. – Clases expositivas. – Dinámicas lúdicas sobre modelos didácticos. – Empleo de recursos TIC (documentos colaborativos, pizarras digitales e infografías). – Problematización a partir de preguntas.
	Estrategias tópico- específicas	– Desarrollo de salidas a espacios de educación no formal (como museos o plazas) para luego planificar una clase que involucre una salida educativa. – Elaboración de planificaciones. – Redacción de objetivos de aprendizaje. – Diseño de actividades para el nivel primario. – Análisis de manuales escolares, libros de texto de primaria y planificaciones para detectar errores conceptuales, modelos de enseñanza y visión de ciencia.
Conocimiento sobre evaluación del aprendizaje de DCE	Tipos de evaluación	– Diagnóstica, sumativa y de seguimiento.
	Métodos para evaluar	– Elaboración de planificaciones para salidas educativas a espacios de educación no formal. – Elaboración de proyectos (por ejemplo, reciclaje). – Elaboración de dispositivos para la evaluación formativa. – Redacción de objetivos de aprendizaje. – Realización de esquemas conceptuales.

Como se puede observar, la tabla 1 muestra que los formadores de profesores expresaron conocimientos sobre la DCE dentro de los cinco componentes del CDC. Respecto a OE, las expresiones manifiestan que los docentes toman decisiones para la enseñanza de la DCE basadas en la organización y secuenciación de los contenidos y el trabajo multidisciplinar, y reflejan los modelos de enseñanza y de aprendizaje a los que se adhieren y sus posicionamientos sobre la naturaleza de la ciencia. En cuanto a CCE, los docentes reconocen ciertas características personales del estudiantado y obstáculos que dificultan el aprendizaje de la DCE. Las expresiones vinculadas al componente CC comprendieron la enseñanza de contenidos específicos de la DCE, el trabajo con docentes de otras asignaturas –ya sea del mismo año o de años anteriores– y un conocimiento del diseño curricular de la Educación Primaria. Con relación al componente CE, se evidencia la elección de estrategias específicas para la enseñanza de la DCE, así como otras más generales que podrían aplicarse a otros contenidos o asignaturas. Para el componente CEv fue posible identificar expresiones referidas a los tipos y métodos para evaluar los aprendizajes sobre la DCE.

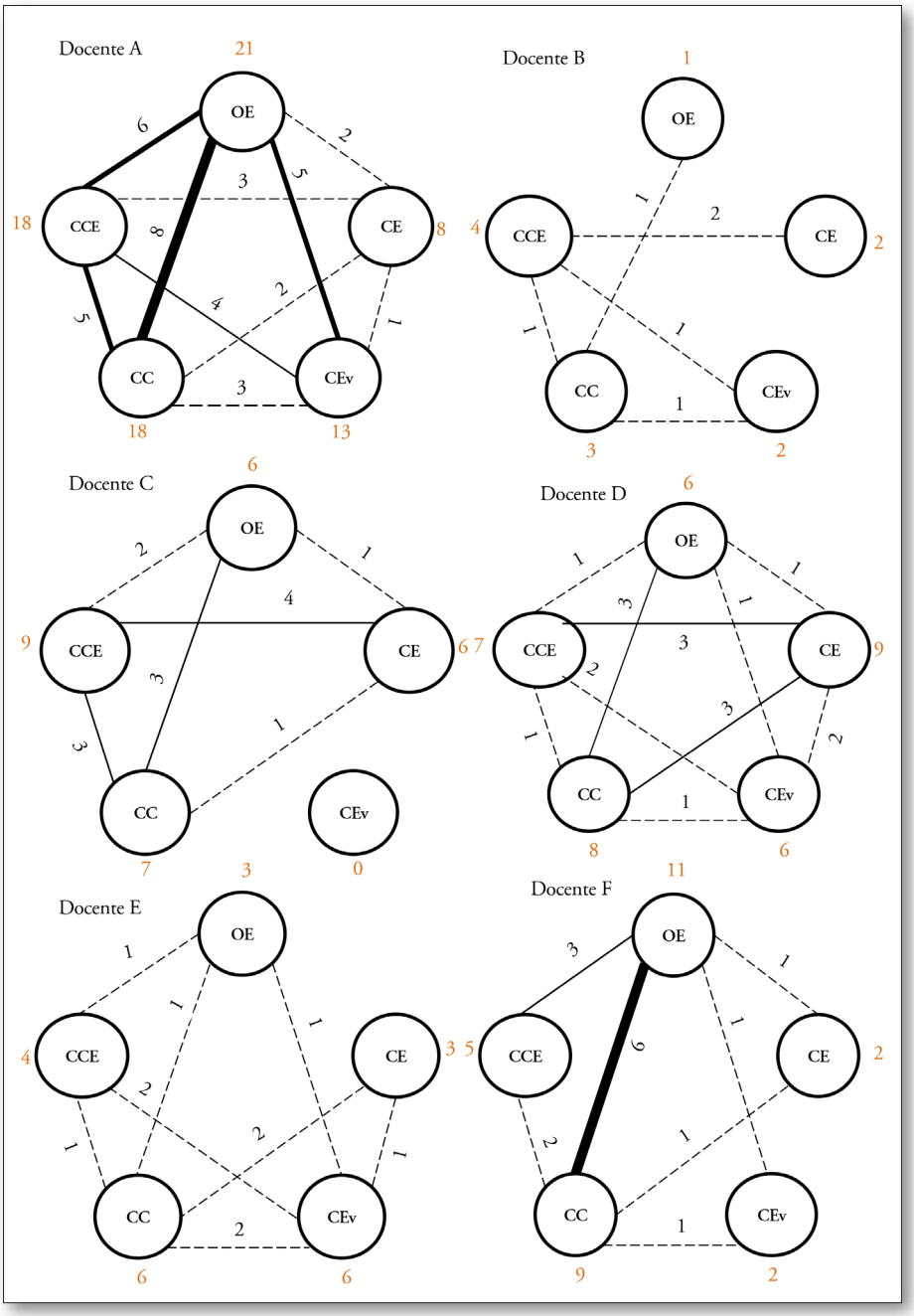
A partir de este análisis, identificamos conocimientos docentes que exceden los componentes del modelo pentagonal de CDC de Park y Oliver (2008), por ejemplo, cuando los formadores de profesores mencionan la heterogeneidad de trayectorias escolares y niveles socioeconómicos como generadores de una gran diversidad en las producciones elaboradas por los estudiantes. El siguiente fragmento de entrevista permite ilustrar la situación:

> Dentro de cada grupo hay mucha heterogeneidad de trayectorias escolares, hay estudiantes que tienen un nivel socioeconómico alto y cuando planteas una pregunta o una reflexión de un texto, lo que escriben tiene mucha más profundidad que sus compañeros, manejan más vocabulario (docente H).

Si bien inicialmente categorizamos esta expresión como CCE (tabla 1), creemos que podría tratarse de un conocimiento diferente a los cinco componentes del modelo pentagonal de CDC, y que influye directamente en la enseñanza y el aprendizaje de la DCE, como es el conocimiento del contexto sociocultural y económico.

Tendencias en la integración de componentes del CDC sobre la DCE reveladas por los mapas de CDC

En la figura 3, los mapas integrados del CDC declarativo sobre la enseñanza de la DCE para cada docente reflejaron diversidad en la cantidad y el tipo de integraciones entre los componentes del modelo pentagonal. En lo particular, destacaron CCE (docentes B, C e I) y OE (docentes A, F y G), por ser los componentes con el mayor número de integraciones (tabla 2, columna 8), y CEv, por haber presentado el menor número de integraciones, siendo incluso nulas en el mapa de CDC de los docentes C y G (figura 3).



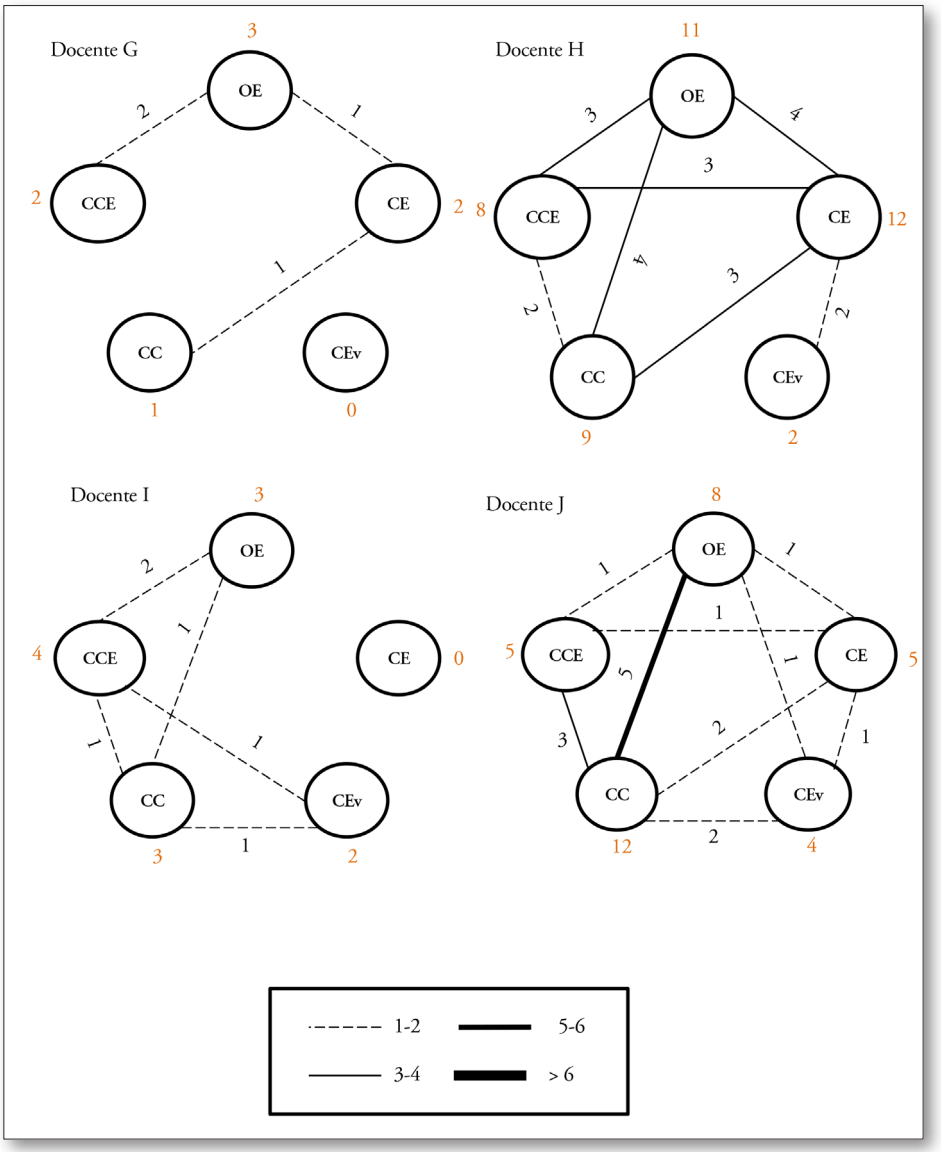


Fig. 3. Mapas integrados del CDC declarativo sobre la enseñanza de la DCE para cada docente (A-J). Las líneas punteadas indican integraciones débiles (1 y 2); las continuas y delgadas, integraciones moderadas (3 y 4); las continuas, pero de más grosor, integraciones más fuertes (5 y 6); y las líneas continuas más gruesas, integraciones aún más fuertes (mayores de 6). La referencia de los componentes se encuentra en la figura 1.

En la figura 3, podemos identificar dos grupos de mapas de CDC según la cantidad de componentes relacionados. En el primer grupo, se encuentran los que presentaron los cinco componentes integrados (tabla 2, columna 6), ya sea todos entre sí (docentes A, D y J) o solo algunos (docentes B, E, F y H) (figura 3). En el segundo grupo, quedan circunscritos los mapas de CDC, conformados por cuatro componentes y con un menor número total de integraciones entre sí (tabla 2, columna 7). Por ejemplo, en los mapas de CDC de los docentes C, G e I, los componentes CEv o CE no se integraron en el resto de los componentes (figura 3). Estos resultados no deben interpretarse como la ausencia de conocimientos docentes sobre CEv y CE de la DCE, sino que las expresiones referidas a estos componentes no se relacionaron explícitamente con otros componentes del CDC y, por lo tanto, no con-

formaron un episodio de CDC. En lo particular, advertimos en el docente I la ausencia de titulación específica para la enseñanza (tabla 2, columna 3).

Por otro lado, los mapas de CDC demostraron que un alto número total de integraciones en el mapa final de CDC (tabla 2, columna 7) no fue indicador de poseer integraciones más diversas (tabla 2, columna 9). Por ejemplo, el docente D integra los 5 componentes del CDC, posee un número total de integraciones en el mapa final de CDC de 36 (tabla 2, columna 7) y todos sus componentes conectan entre sí por igual (tabla 2, columna 9). En cambio, el docente H, quien también integra los 5 componentes, arrojó un número total de integraciones (42) mayor que el docente D, pero no integró todos sus componentes por igual y obtuvo una menor diversidad de componentes integrados (tabla 2, columna 9).

Tabla 2.
Perfil académico general de los formadores de profesores participantes en este estudio junto al análisis descriptivo del CDC sobre la DCE revelado por los mapas de CDC

Docente	*Edad*	*Formación académica*	*Años de experiencia docente*	*Años de experiencia en CNyDII*	*Número de componentes integrados en el mapa final de CDC*	*Número total de integraciones en el mapa final de CDC*	*Componente(s) con el mayor número de integraciones (n)*	*Componente(s) con las integraciones más diversas (n)*
A	57	Profesora en ciencias biológicas, bióloga, especialista en docencia universitaria	32	20	5	78	OE (21)	OE, CE, CEv, CC y CCE (5)
B	57	Profesora para la enseñanza primaria, ingeniera agrónoma y especialista en recursos fitogenéticos	37	16	5	12	CCE (4)	CCE, CC (3)
C	31	Licenciada en gestión ambiental, trayecto de formación pedagógica y diplomatura en neurociencia y su aprendizaje	5	2	4	28	CCE (9)	OE, CC y CCE (3)
D	55	Profesora en ciencias biológicas	22	19	5	36	CE (9)	OE, CE, CEv, CC y CCE (5)
E	41	Biólogo y profesor en ciencias biológicas, maestría en ambiente	5	3	5	22	CEv y CC (6)	CC y CEv (4)

Docente	*Edad*	*Formación académica*	*Años de experiencia docente*	*Años de experiencia en CNyDII*	*Número de componentes integrados en el mapa final de CDC*	*Número total de integraciones en el mapa final de CDC*	*Componente(s) con el mayor número de integraciones (n)*	*Componente(s) con las integraciones más diversas (n)*
F	42	Profesora elemental de educación primaria, profesora de biología y estudiante de la carrera de Biología	13	8	5	29	OE (11)	OE (4)
G	54	Bióloga, profesora de Biología y especialista en ingeniería ambiental	28	25	4	8	OE (3)	OE, CE y CCE (2)
H	45	Licenciada en Nutrición, trayecto de formación docente	4	1	5	42	CE (12)	CE (4)
I	48	Bióloga	16	16	4	12	CCE (4)	CCE y CC (3)
J	No menciona	Profesora de biología, licenciada en enseñanza de la ciencia, cursa maestría en Pedagogía	12	10	5	34	CC (12)	OE, CE y CCE (4)

Pares de integraciones de los componentes del CDC sobre la DCE más frecuentes

Analizamos los pares de componentes integrados con mayor frecuencia en los mapas de CDC sobre la DCE, y encontramos en primer lugar el par OE-CC (8, 6, 4 y 5 para los docentes A, F, H y J, respectivamente) (figura 3). Esto indica que los formadores de profesores de este estudio toman decisiones para la enseñanza de la DCE basándose en los materiales curriculares. Esto se refleja en el siguiente fragmento de la entrevista: «Decido hacer hincapié (OE) en algunos contenidos como transposición didáctica, ciencia escolar y ciencia erudita, también las hago reflexionar que tenemos que generar un conflicto en el niño para que él pueda hacer un cambio conceptual (CC)» (docente H).

El segundo par de componentes más integrados fue CCE-CE (3, 2, 4 para los docentes D, B y C, respectivamente) (figura 3). Este hallazgo indica que los formadores de profesores desarrollan estrategias de enseñanza considerando los conocimientos de sus estudiantes, tal como se aprecia en el siguiente fragmento de la entrevista:

> Aparece mucho el modelo tradicional o a lo sumo el tecnológico, actividades como completar, unir con flechas o verdadero y falso (CCE). Entonces empiezo con la problematización, y les pregunto ¿cuál es otra forma de enseñanza?, ¿a qué apunta este tipo de actividades?, ¿me sirve para construir conocimiento?, también trabajamos analizando planificaciones (CE) (docente A).

Integración de componentes del CDC sobre la DCE con relación a los años de experiencia en la enseñanza

Con relación a los años de servicio o años de experiencia en la enseñanza de CNyDII, evidenciamos que, por un lado, el mapa del docente C obtuvo un alto número total de integraciones (28, columna 7, tabla 2), siendo sus años de servicio y enseñando CNyDII (5 y 2, respectivamente, columnas 3 y 4, tabla 2) menores que los del docente G, cuyo mapa contó con un menor número total de integraciones (8, tabla 2), pero sus años de servicio y enseñando CNyDII son mayores (28 y 25, respectivamente, tabla 2). Esta interpretación cualitativa está en línea con el análisis de correlación (tabla 3), cuyos resultados reflejan la inexistencia de una relación significativa ($p \leq 0,05$) entre los años de experiencia docente y los de experiencia en CNyDII con la integración de componentes del CDC sobre la DCE.

Tabla 3.
Resultados del análisis de correlación de Pearson sobre la incidencia de los años de servicio y de experiencia en CNyDII en la integración de los componentes del CDC sobre la DCE

	Años de experiencia docente		*Años de experiencia en CNyDII*	
	Coeficiente de correlación	*Significancia bilateral*	*Coeficiente de correlación*	*Significancia bilateral*
Número total de integraciones en el mapa final de CDC	0,050	0,890	–0,034	0,926
Número de componentes integrados en el mapa final de CDC	0,062	0,865	–0,192	0,596
Componentes con el mayor número de integraciones	0,004	0,990	0,010	0,978
Componente con las integraciones más diversas	–0,182	0,615	0,246	0,494

DISCUSIÓN

En este trabajo, describimos e interpretamos el CDC de diez formadores de profesores de PEP a cargo de la asignatura CNyDII, y la forma en la que los saberes integrantes de CDC se relacionan e integran para la enseñanza de la DCE. A partir de los resultados, podemos afirmar que la diversidad de mapas de CDC puso en evidencia el carácter idiosincrático del CDC de los docentes (Park y Chen, 2012; Ravanal Moreno y López-Cortés, 2016). Esta idiosincrasia del CDC se manifiesta en la selección que los docentes realizan de ciertos contenidos de DCE, que a su vez cuentan con estrategias de enseñanza, dificultades para el aprendizaje y conceptos erróneos asociados. Además, los docentes establecen objetivos y métodos de evaluación basados en el grupo de estudiantes al cual se dirige la enseñanza (Mapulanga et al., 2024).

Respecto a la complejidad de los mapas de CDC, se ha considerado que cuanto mayor es la integración entre componentes más complejos resultan estos (Chan, 2022; Park y Suh, 2019). En este sentido, podemos decir que los mapas de CDC de los docentes A, D y J (figura 3) fueron los más complejos por contar con los números totales de integraciones más altos y por integrar todos sus componentes entre sí. Si consideramos que para Park y Chen (2012) un mapa de CDC que tiene todos sus componentes integrados pone en juego toda la estructura de su CDC para promover el aprendizaje de los estudiantes, identificamos a los docentes A, D y J como los que tienen el CDC de más alta complejidad para la

enseñanza de la DCE. Por el contrario, los mapas de los docentes C, G e I fueron los más simples, indicando una enseñanza más desarticulada a la hora de evaluar o desarrollar estrategias para la enseñanza de la DCE, ya que o bien no lo hacen con relación a otros saberes (como los conocimientos previos del estudiantado y los temas que se enseñan), o bien estos no son considerados para la toma de decisiones sobre la enseñanza de la DCE. En este punto, la falta de titulación específica para la enseñanza en el docente I (tabla 2) podría explicar el resultado de un CDC para la enseñanza de la DCE más simple y con menores integraciones entre componentes. Este caso particular invita a reflexionar sobre el conocimiento de la disciplina que debe enseñarse, en este caso la DCE, y reconocer que para la enseñanza se requieren métodos e instrumentos específicos que permitan reconocer modos de procesar saberes y comunicar información a personas que no poseen los mismos códigos y tiempos de procesamiento del conocimiento que el docente (Feldman, 2010). Lo anterior es válido especialmente cuando el objeto de enseñanza es la DC, disciplina para la que su enseñabilidad ha constituido un argumento central en su proceso de consolidación (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002).

Al mismo tiempo, si bien no hemos detectado otras investigaciones sobre el CDC sobre la DCE, podemos referir las coincidencias con estudios que analizan la integración de componentes del CDC sobre saberes disciplinares de las ciencias naturales, tales como la preponderancia de CCE y OE (Dueñas, 2019; Park y Suh, 2019; Reynolds y Park, 2021). Esto podría indicar que ambos componentes están influenciando significativamente el CDC de los docentes, al servir como un mapa conceptual que guía las decisiones de la enseñanza (Gao et al., 2021), en nuestro caso, de la DCE, a través de la elección de las estrategias de enseñanza, la evaluación de los aprendizajes y el conocimiento y uso de los materiales curriculares.

Con relación a los pares de componentes con las integraciones más frecuentes, detectamos en primer lugar la de OE-CC. La frecuente integración entre estos dos componentes en los mapas de CDC indica que las decisiones para la enseñanza de la DCE se basan principalmente en los materiales curriculares, el trabajo con otras asignaturas y el diseño curricular de la Educación Primaria.

El segundo par de componentes con integraciones más frecuentes fue la de CCE-CE. Es decir, los formadores de profesores desarrollan las estrategias de enseñanza de la DCE considerando los saberes previos del estudiantado. Coincidimos con Park y Chen (2012) al manifestar que la integración entre estos dos componentes es esperada, dado que los docentes deben conocer lo que los estudiantes ya saben y las posibles dificultades para aprender un tema en particular, y generar así estrategias de enseñanza apropiadas. A ello podemos añadir la complejidad de la asignatura CNyDII, en la que los formadores de profesores deben enseñar DCE y luego solicitar a sus estudiantes que se valgan de ella para enseñar contenidos de las CN.

En el otro extremo, los mapas de CDC de la DCE mostraron la CEv como el componente menos integrado, lo que también ha sido reportado en otras investigaciones (Dueñas, 2019; Park y Suh, 2019). Esto estaría indicando que rara vez se piensa la evaluación de la DCE junto al conocimiento de los estudiantes, los materiales curriculares, las estrategias de enseñanza y las decisiones o los modelos de enseñanza y aprendizaje adoptados por los profesores. Por lo tanto, destacamos la necesidad de seguir estudiando cómo se integra el CEv en el CDC de los profesores, ya que un mejor conocimiento de este componente podría estimular su integración con otros componentes del CDC (Kaya, 2009; Park y Chen, 2012). En ese sentido, se podría considerar una oportunidad para repensar la evaluación y considerarla en términos de oportunidades de aprendizaje, lo que implica a su vez valerse de ella para reorientar la enseñanza, analizando y articulando los resultados del estudiantado (Anijovich y Cappelletti, 2018) y otros componentes del CDC, como las estrategias de enseñanza, los contenidos abordados y las decisiones sobre la enseñanza.

Con relación al conocimiento del contexto, reconocemos que, para el MCR del CDC, *contexto* se refiere a una multiplicidad de factores que median el aprendizaje, entre los que se encuentran las

características de los estudiantes (Carlson et al., 2019). Para Şen (2023), esta definición puede generar confusión con el componente CCE del modelo pentagonal de CDC. Sin embargo, el autor señala que el contexto del MCR es un aspecto general de la vida del estudiantado y que la CCE se refiere a los conocimientos previos de los estudiantes para un tema específico, sus dificultades y conceptos erróneos. Con base en ello, detectamos en nuestros resultados expresiones docentes que codificamos inicialmente como CCE, pero que pueden corresponder a una característica del contexto que influye explícitamente en la comprensión de la DCE por parte de los estudiantes (es decir, el contexto como componente del modelo pentagonal del CDC, más que un conocimiento genérico del MCR). Así, en línea con los trabajos de Dueñas (2019), recomendamos que se profundicen las investigaciones en las que se considere al conocimiento del contexto como un sexto componente del modelo de CDC, el cual, a su vez, ejerce una gran influencia en la concepción de la ciencia de los futuros docentes (Fernández-Carro et al., 2023).

Finalmente, no pudimos determinar que los años de servicio y enseñando CNyDII fueran factores que incidan significativamente en la complejidad de los mapas de CDC, al contrario que otros autores (Aydin y Boz, 2013; Stender et al., 2017). Nuestros resultados pueden explicarse al considerar que el CDC de los docentes se consolida a partir de diferentes fuentes de conocimiento, no solo por los años de ejercicio profesional (Carlson et al., 2019). Así, el CDC de cada docente se nutre de diferentes bases de conocimiento profesional más amplias (por ejemplo, el conocimiento del contenido, el conocimiento pedagógico), que son genéricas y se obtienen durante la experiencia, instancias formativas o de manera autodirigida o informal ante la necesidad de enseñar una materia que no estudiaron formalmente (Carlson et al., 2019).

CONCLUSIONES

Esta investigación permitió examinar cómo se relacionan los componentes del CDC de formadores de profesores sobre la DCE mediante el mapeo de CDC, identificando la CCE y la OE como los componentes con integraciones más frecuentes y la CEv como el componente más aislado. Además, el presente estudio es el primero en aportar evidencia empírica para los estudios sobre el CDC sobre la DCE en Argentina, así como en la comunidad internacional. Esto permite establecer diálogos entre las personas que ejercen la docencia y quienes realizamos investigación sobre la enseñanza, así como reconsiderar el estatus epistemológico que se otorga al campo didáctico –específicamente a la DCE– en la formación del profesorado. A su vez, los resultados sobre el CDC y los conocimientos puestos en juego por los docentes sobre la DCE (por ejemplo, las dificultades de los estudiantes de profesorado, las estrategias didácticas desplegadas, etc.) pueden servir como una herramienta de reflexión y formación continua para los propios docentes y las instituciones formadoras. En ese sentido, sugerimos a las instituciones de formación docente considerar instancias de actualización académica para el profesorado que respondan a la evidente necesidad de profundizar los saberes didácticos sobre los diferentes componentes del modelo de CDC, con énfasis en la CEv, así como consolidar un cuerpo de formadores de profesores con trayectoria y formación profesional vinculada a las asignaturas que los tiene como responsables.

Consideramos necesario reparar en las limitaciones que presenta nuestro trabajo. En primer lugar, el CDC fue empleado como construcción dinámica (Shulman, 2015), característica que, sumada al diseño metodológico adoptado, conlleva que nuestros resultados reflejen un momento específico de la configuración de los saberes docentes sobre la DCE, pudiendo no ser representativos a largo plazo ni permitir la observación de posibles cambios en los mapas de CDC. Además, la idiosincrasia del CDC y el reducido número de docentes entrevistados no aseguran una potencial búsqueda de reglas o el establecimiento de normas sobre la enseñanza de la DCE. No obstante, sería provechoso disponer de más estudios sobre el CDC de formadores de profesores sobre DCE para identificar similitudes o aspectos relevantes entre los diferentes grupos.

A su vez, advertimos como otra limitación el uso de las entrevistas como único instrumento para representar el CDC, tras haber excluido el tercer paso del mapeo de CDC (Reynolds y Park, 2021), que se refiere a la triangulación de datos obtenidos de diferentes instrumentos (observaciones de clases, entrevistas predesarrollo y posdesarrollo de la clase, planificaciones docentes, etc). Esta simplificación deriva en la pérdida de las fortalezas metodológicas y la solidez inherentes al mapeo de CDC (Chan, 2022). A esto se le añade una limitación original de este enfoque metodológico, que asume que todas las conexiones entre componentes tienen la misma fuerza, lo que termina por enmascarar el carácter e importancia de cada una de esas integraciones (Chan, 2022).

Finalmente, si bien la enseñanza incluye una fase de planificación, promulgación y reflexión (Park y Suh, 2019), el análisis del CDC a través de la ReCo puede resultar incompleto para capturar la complejidad del CDC sobre la DCE. Esto pone de relieve la necesidad de profundizar en los estudios de manera que no se limiten a una sola dimensión de la enseñanza y nos permitan identificar no solo las integraciones entre los componentes del CDC, sino también las interacciones entre las diferentes dimensiones de expresión del CDC (CDCe, CDCp y CDCc) (Chan, 2022).

REFERENCIAS

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, A. M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *1*(3), 130-140. https://web.archive.org/web/20180410153209id_/http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_3_1.pdf

Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2018). *La evaluación como oportunidad*. Paidós.

Aydin, S. y Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, *14*(4), 615-624. https://doi.org/10.1039/C3RP00095H

Bermudez, G. M. A. (2022). Cuando el objeto de aprendizaje es la enseñanza. La co-enseñanza en una comunidad de aprendizaje para la formación docente inicial en una didáctica específica. *Praxis Educativa*, *26*(2), 159-184. https://doi.org/10.19137/praxiseducativa-2022-260209

Bermudez, G. M. A., García, L. P. y Cisnero, K. G. (2020). Didáctica de las ciencias para una ciudadanía crítica. Reflexiones y prácticas contextualizadas para problemáticas de ambiente y salud. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, *22*. https://doi.org/10.1590/21172020210132

Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, *9*(2), 1-39. https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/19753

Camilloni, A. R. W. (2016a). Didáctica general y didácticas específicas. En A. R. W. Camilloni, E. Cols, L. Basabe y S. Feeney (Eds.), *El saber didáctico* (pp. 23-40). Paidós.

Camilloni, A. R. W. (2016b). Justificación de la didáctica. En A. R. W. Camilloni, E. Cols, L. Basabe y S. Feeney (Eds.), *El saber didáctico* (pp. 19-22). Paidós.

Camilloni, A. R. W. (2016c). La pluralidad de campos en la investigación sobre la enseñanza en la educación superior. En M. Insaurralde (Ed.), *La enseñanza en la educación superior* (pp. 41-50). Noveduc.

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., … Wilson, C. D. (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. 77-94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_15

Chan, K. K. H. (2022). A critical review of studies using the pedagogical content knowledge map approach. *International Journal of Science Education*, *44*(3), 487-513. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2035011

Cols, E. (2016). Problemas de la enseñanza y propuestas didácticas a través del tiempo. En A. R. W. Camilloni, E. Cols, L. Basabe y S. Feeney (Eds.), *El saber didáctico* (pp. 71-124). Paidós.

Dueñas, R. A. M. (2019). *Conocimiento didáctico del contenido de la alimentación y la nutrición humana en profesores de Bogotá*. [Tesis doctoral, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. http://upnblib.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/11372

Edelstein, G. (2007). Didáctica y orientaciones prácticas. ¿Una obstinación o un desafío? Aportes al debate. *Itinerarios Educativos*, *1*(3), 38-59. https://doi.org/10.14409/ie.v1i3.3913

Feldman, D. (2010). *Didáctica general. Aportes para el desarrollo curricular.* Ministerio de Educación. http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002480.pdf

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*, 909-925. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00354-y

Gao, S., Damico, N. y Gelfuso, A. (2021). Mapping and reflecting on integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK) for teaching natural selection: A case study of an experienced middle-school science teacher. *Teaching and Teacher Education*, *107*, 103473. https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103473

Hernández Sampieri, R., Fernández C. C. y Baptista, L. M. P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.

Hoz, G. (2016). *Estudiar los carnavales. Lecturas y escrituras en contextos de estudio de ciencias sociale*s. [Tesis de maestría, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. UNLP]. Archivos de Ciencias de la Educación, UNLP. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1238/te.1238.pdf

Litwin, E. (1996). El campo de la didáctica: la búsqueda de una nueva agenda. En A. Camilloni, M. C. Davini, G. Edelstein, E. Litwin, M. Souto y S. Barco (Eds.), *Corrientes didácticas contemporáneas* (pp. 91-115). Paidós.

Loughran, J. Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(4), 370-391. https://doi.org/10.1002/tea.20007

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.

Mapulanga, T., Ameyaw, Y., Nshogoza, G. y Bwalya, A. (2024). Integration of topic-specific pedagogical content knowledge components in secondary school science teachers' reflections on biology lessons. *Discover Education*, *3*(1), 1-19. https://doi.org/10.1007/s44217-024-00104-y

Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. (2015). *Diseños Curriculares. Profesorado de Educación Inicial. Profesorado de Educación Primaria*. Córdoba. https://ensurquiza-cba.infd.edu.ar/sitio/upload/Disenio_Curr_Primaria_Inicial_2015.pdf

Park, S. (2019). Reconciliation between the refined consensus model of PCK and extant PCK models for advancing PCK research in science. En A. Hume, R. Cooper y A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 177-128). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2

Park, S. y Chen, Y. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(7), 922-941. https://doi.org/10.1002/tea.21022

Park, S. y Oliver, J. S. (2008). National Board Certification (NBC) as a catalyst for teachers' learning about teaching: The effects of the NBC process on candidate teachers' PCK development. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(7), 812-834. https://doi.org/10.1002/tea.20234

Park, S. y Suh, J. K. (2019). The PCK map approach to capturing the complexity of enacted PCK (ePCK) and pedagogical reasoning in science teaching. En A. Hume, R. Cooper y A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 185-197). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2

Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research and Evaluation Methods*. SAGE Publications.

Picco, S. (2022). Nuevos referentes teóricos y prácticos para pensar la didáctica. *InterCambios. Dilemas y transiciones de la Educación Superior*, 9(2). https://ojs.intercambios.cse.udelar.edu.uy/index.php/ic/article/view/355

Picco, S. y Cordero, S. (2021). Articulaciones y tensiones entre la Didáctica General y la Didáctica de las Ciencias Naturales: algunas perspectivas analíticas. *Praxis Educativa*, *25*(1), 1-21. https://doi.org/10.19137/praxiseducativa-2021-250115

Reynolds, W. M. y Park, S. (2021). Examining the relationship between the educative teacher performance assessment and preservice teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, *58*(5), 721-748. https://doi.org/10.1002/tea.21676

Ravanal Moreno E. y 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://rodin.uca.es/handle/10498/18508

Şen, M. (2023). Suggestions for the analysis of science teachers' pedagogical content knowledge components and their interactions. *Research in Science Education*, 1-15. https://doi.org/10.1007/s11165-023-10124-7

Shulman, L. (2015). PCK: Its genesis and exodus. En A. K. Berry, P. Friedrichsen, y J. J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 3-13). Routledge.

Stender, A., Brückmann, M. y Neumann, K. (2017). Transformation of topic-specific professional knowledge into personal pedagogical content knowledge through lesson planning. *International Journal of Science Education*, *39*(12), 1690-1714. http://doi.org/10.1080/09500693.2017.1351645

Pedagogical Content Knowledge of Teacher Educators about Science Education

María Emilia Ottogalli, Gonzalo M.A. Bermudez
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
emilia.ottogalli@unc.edu.ar, gbermudez@unc.edu.ar

Science education is part of the primary education teacher training programs of the province of Córdoba in Argentina, particularly in curricular spaces that group together pedagogical-didactic and disciplinary knowledge of natural sciences, such as «Natural Sciences and its Teaching Method II» (NS&TM II). To find out what type of knowledge teacher educators mobilize in this subject, we used the pedagogical content knowledge (PCK) construct. PCK comprises discrete components that, during teaching, are integrated and combined. We adopted the pentagon PCK model (Park & Oliver, 2008) to conduct an analysis of the integration of the components of teacher educators' PCK in science education. The components are orientation to teaching science (OTS), knowledge of instructional strategies for teacher science (KISR), knowledge of assessment of science learning (KA), knowledge of science curriculum (KSC) and knowledge of the students' understanding of science (KSU). Based on the literature review, we have observed that there is no research done on the integration of PCK components in science education with teacher educators and that no PCK study has been carried out on science education as objects of teaching. It is thus important to fill the existing gap in the knowledge of the integration among the components of teacher educators' PCK on science education. Hence, we aim to recognize the integration that occurs among the components of the PCK on science education provided by ten elementary education teacher educators through the PCK map approach, and make contributions to teacher training, particularly in primary education. The present study adopts a mixed methodology (quantitative and qualitative) with an exploratory and descriptive research design. We conducted semi-structured individual interviews, which included the questions of the content representation (CoRe) tool, with ten teachers who should be heads of the subject NS&TM II in non-university higher education institutions that offer primary level teaching courses in the city of Córdoba. We used the PCK mapping approach to understand how the teacher educator's knowledge relates to and interacts with and we performed a Pearson correlation analysis to determine if there was any relationship between years of service, years of experience in teaching NS&TM II, and the integration of the PCK components. The results reveal that teacher educators expressed knowledge within the five components of the PCK of science education. Regarding the integration of the PCK components, the first most integrated pair of components of the PCK maps was OTS-KSC, indicating that the teacher educators make decisions for teaching science education based on the curriculum materials. The second most integrated pair of components was KISR-KSU, which indicates that teacher educators develop teaching strategies by taking into account their students' knowledge. In turn, the results of the correlation analysis showed that there was no significant relationship between the years of teaching experience and the years of experience in NS&TM II and the integration of PCK components in science education. Additionally, we identified teachers' knowledge that exceeds the components of Park & Oliver's (2008) pentagon model of PCK. We believe that there would be a different knowledge from the other five of the PCK map, and that it directly influences the teaching and learning of science education, such as the context knowledge. The present study is the first to provide empirical evidence for PCK studies in Argentina, as well as in the international community, regarding PCK in science education. The findings of this research can serve as a tool for reflection and further training for both teachers and training institutions. For this reason, we suggest that these teacher training entities consider offering academic refresher courses for teachers to address the evident need to deepen their knowledge of the various components of the PCK model, with an emphasis on KA.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 75-96
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5990
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Resolución de un problema de generalización por alumnado con trastorno del espectro autista

Solution of a Generalisation Problem by Students with Autism Spectrum Disorder

Ángeles Chico Gómez
Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva, Huelva, España
angeles.chico@ddi.uhu.es

Nuria Climent Rodríguez
Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva, Huelva, España
climent@uhu.es

Irene Polo-Blanco
Departamento de Matemáticas, Estadística y Computación, Universidad de Cantabria, Santander, España
irene.polo@unican.es

Inmaculada Gómez Hurtado
Departamento de Pedagogía, Universidad de Huelva, Huelva, España
Inmaculada.gomez@dedu.uhu.es

RESUMEN • Este estudio aborda el proceso de generalización de cuatro estudiantes (11-12 años) con trastorno del espectro autista durante una sesión de un taller de resolución de problemas en el que se usan distintos tipos de representación: manipulativos, pictogramas y tablas. La videograbación de la sesión y las producciones de los participantes se analizan según el nivel de generalización de relaciones funcionales que evidencian y el tipo de representación empleado. Su resolución muestra saltos entre términos y niveles de generalización que coinciden con el uso de distintas representaciones o relaciones funcionales. Se ha evidenciado que el uso de diferentes tipos de representación influye en el proceso de generalización de los estudiantes, y que se alcanzan niveles más altos cuando usan tablas.

PALABRAS CLAVE: Generalización; Resolución de problemas; Trastorno del espectro autista; Material TEACCH; Educación Primaria.

ABSTRACT • This study addresses the generalization process manifested by four 11 or 12-year-old children with autism spectrum disorder during a session of a problem-solving workshop in which several types of representation are used: manipulative ones, pictograms and tables. The videorecording of the session and the productions of the participants are analysed according to the levels of generalisation of functional relationships. The children's resolution process shows gaps regarding terms and levels, corresponding to functional relationships or representational changes. Using different types of representation has shown to influence the students' generalisation process, which reaches higher levels when tables are used.

KEYWORDS: Generalisation; Problem-solving; Autism spectrum disorder; TEACCH material; Elementary Education.

Recepción: junio 2023 • Aceptación: mayo 2024 • Publicación: noviembre 2024

Chico Gómez, Á., Polo-Blanco, I., Climent Rodríguez, N. y Gómez Hurtado, I. (2024). Resolución de un problema de generalización por alumnado con trastorno del espectro autista. *Enseñanza de las Ciencias*, *42*(3), 75-96
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5990

INTRODUCCIÓN

Hacer matemáticas significa resolver problemas (Duval, 2016), lo que permite abordar los diferentes contenidos curriculares (Real Decreto 157/2022). La resolución de problemas requiere habilidades de monitoreo y planificación, que pueden verse afectadas en el alumnado con trastorno del espectro autista (en adelante, TEA) (Bae et al., 2015). Por ello, se hace necesaria la búsqueda de estrategias didácticas que los consideren (Klaren et al., 2017).

El DSM-V (2013) se refiere al TEA como un trastorno del neurodesarrollo caracterizado por déficits persistentes en la comunicación e interacción social y patrones de conductas, intereses o actividades restrictivas y repetitivas. Estos síntomas causan limitaciones significativas en determinadas áreas. El DSM-V (2013, p. 16) establece una clasificación de TEA en función del nivel de gravedad, considerando los niveles: 3 («requiere apoyo muy sustancial»), 2 («requiere apoyo sustancial») y 1 («requiere apoyo», en los que nos centraremos en este estudio, denominándolo, en adelante, TEA-1).

La revisión de Root et al. (2021) sobre estrategias de resolución de problemas con alumnado con TEA subraya el uso de la representación y el desarrollo de técnicas para mejorar la comprensión, el uso de la memoria y la organización. El empleo del medio visual para esquematizar el enunciado y las distintas fases de resolución puede mejorar la comprensión del problema y la organización de su resolución por parte del alumnado con TEA-1 (Root et al., 2018). Este apoyo visual está en sintonía con los principios del diseño universal de aprendizaje (en adelante, DUA): diferentes formas de presentar la información, de comunicación y expresión, y de motivación (CAST, 2018). En el contexto de resolución de problemas, los principios del DUA defienden específicamente el acceso a múltiples estrategias y representaciones para simplificar la notación de fórmulas y problemas verbales (criterios R.LS.3.4 y AE.EC.1.4 del CAST, 2018), entre otros aspectos.

El DUA es un enfoque didáctico centrado en diseñar recursos que permitan la accesibilidad del currículum al máximo número de personas (Rose y Gravel, 2010), estimulando la creación de diseños flexibles que presenten opciones personalizables a todos los estudiantes (CAST, 2018). Siguiendo sus principios, se sitúa el material del método TEACCH (siglas en inglés de «tratamiento y educación de niños con autismo y problemas asociados de comunicación», Schoppler et al., 2013), un apoyo visual que ayuda a anticipar las tareas y actividades, crear rutinas y dar autonomía en el trabajo.

Esta investigación forma parte de una tesis doctoral cuyo objetivo es profundizar en estrategias didácticas beneficiosas para estudiantes con síndrome de Asperger. Este diagnóstico se realizaba conforme a los criterios del DSM-IV, y aún se utiliza como diagnóstico educativo en algunas comunidades autónomas, como en la de los participantes de este estudio. Sin embargo, en la última clasificación del DSM-V (APA, 2013) se incorpora al trastorno del espectro autista, específicamente en el TEA-1.

En este trabajo nos enfocamos en la resolución de un problema de generalización que involucra relaciones funcionales usando material TEACCH, como tablas, pictogramas y material manipulativo, con estudiantes con TEA-1. Los estudiantes con este diagnóstico muestran una mayor intencionalidad comunicativa (oral, escrita y visual) en comparación con otros estudiantes con TEA, especialmente aquellos con discapacidad intelectual, lo que nos brinda información relevante sobre sus procesos de generalización (Goñi-Cervera et al., 2022). La pregunta genérica que marca nuestro estudio y que será concretada tras el marco teórico es cómo generalizan los estudiantes con TEA-1 cuando emplean distintos tipos de representación al resolver un problema en el que intervienen relaciones funcionales.

MARCO TEÓRICO

Fundamentamos nuestra investigación en estudios que apoyan nuestro análisis de los procesos de generalización y en estrategias que puedan favorecerlos en alumnado con TEA-1.

Generalización

Consideraremos la generalización como el proceso de descubrir regularidades en un conjunto de casos, lo que nos permite describir las relaciones funcionales entre dos o más variables, expresadas de manera verbal o simbólica (Blanton, 2008). Conocer el proceso que sigue un estudiante, desde focalizar la atención en los casos concretos hasta descubrir la característica común, supone un acercamiento al desarrollo del sentido algebraico. En el actual currículo de Educación Primaria de España, este sentido está relacionado con el reconocimiento de patrones y relaciones entre variables, la expresión de regularidades y la modelización de situaciones con expresiones algebraicas (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2022). Dado que generalizar debe estar presente en las aulas de primaria, es necesario comprender el desarrollo de procesos de generalización y estrategias para impulsarlos (Strachota, 2016), entre las que se sitúa el empleo de distintos tipos de representación (Pinto y Cañadas, 2021). Las relaciones funcionales que vinculan un conjunto de variables constituyen una estructura matemática que puede resultar abstracta para los estudiantes de primaria. Carraher et al. (2007) consideran que se requiere un contexto análogo a la relación funcional que los estudiantes puedan descomponer de manera cercana y manipulativa: el problema verbal. Una vez superada la fase de comprensión del problema, los estudiantes necesitan oportunidades para abordar la generalización mediante distintos tipos de representaciones (verbales, pictóricas, gráficas, etc.) (Pinto y Cañadas, 2021), hasta ser capaces de emplear distintas notaciones por sí mismos e incorporar gradualmente símbolos algebraicos.

Generalización y TEA

En la resolución de tareas de generalización, es necesario un buen manejo del lenguaje para representar verbalmente las regularidades observadas (Blanton, 2008; Radford et al., 2002), un aspecto afectado en el alumnado con diagnóstico de TEA (APA, 2013). Aprender álgebra puede representar dificultades significativas para los estudiantes con TEA-1 (Cleary y Barnett, 2015; Ozonoff y Schetter, 2007) porque requiere la comprensión de conceptos abstractos y comprender reglas que no se han enseñado explícitamente. Se recomienda aprovechar las fortalezas de estos estudiantes, como su habilidad visoespacial.

Algunas investigaciones han implementado estrategias didácticas para favorecer la actividad matemática de alumnado con TEA-1 empleando métodos como: *Schema Based Instruction* y sus modificaciones (e. g. Cox y Root, 2020), *SOLVE IT!* (Whitby, 2013) y otros compaginados con la inclusión de diferentes tipos de representaciones gráficas y material manipulativo (Delisio et al., 2018). Entre las representaciones que han mostrado su eficacia en la resolución de problemas por estudiantes diagnosticados con TEA-1 (Root et al., 2018), se encuentran las tablas para ordenar la información (Stylianou, 2011) o los diagramas que muestran las posiciones de las cantidades y la relación que las une (Root et al., 2018). Las representaciones gráficas facilitan expresar la solución, y la exploración, el registro y la monitorización del proceso de resolución (Stylianou, 2011), se adecúan al pensamiento visual, característico del alumnado con TEA, y, en problemas de generalización, propician el reconocimiento de similitudes entre los elementos de una secuencia (Steele y Johanning, 2004). En particular, las tablas permiten crear un vínculo concreto y visual entre los datos, favoreciendo la observación de patrones (Duval, 2016) y una mejora en la organización. Su empleo requiere una enseñanza explícita (Ayabe et al., 2021; Root et al., 2018). El uso conjunto de tablas y materiales manipulativos ha mostrado ser beneficioso como apoyo a la resolución de problemas con alumnado con TEA-1 (Chico et al., 2022). Al considerarlos metodológicamente aptos para estudiantes con TEA, en esta investigación planteamos el uso de distintas representaciones, como tablas, pictogramas y material manipulativo, todos ellos material TEACCH, para resolver un problema de generalización.

Niveles de generalización

Para estudiar con detalle el proceso de generalización y el papel que juegan los tipos de representación empleados, se considerarán los niveles de generalización de Blanton et al. (2015), que pretenden captar la capacidad de generar relaciones cada vez más complejas y su expresión.

Estos autores diferencian ocho niveles de generalización, que aluden a límites flexibles en función del tipo de tarea (Stephens et al., 2017), más que a estadios fijos. Así, ante una misma tarea de generalización, un estudiante podría mostrar evidencias de distintos niveles en el desarrollo de su resolución. En el nivel preestructural (nivel 1) se continúa una secuencia sin establecer relaciones matemáticas entre los casos. En los niveles recursivos se establecen relaciones aditivas descritas para ejemplos concretos (nivel 2) o con una regla general (nivel 3). A partir de este nivel, el estudiante basa sus argumentos en relaciones funcionales. Puede hacerlo refiriendo solo a casos concretos (nivel 4, funcional particular) o al caso general, pero empleando representaciones incompletas (nivel 5, funcional general primitiva). Si ya se establece una relación funcional general, el estudiante puede reflejar la regla general de modo incompleto (nivel 6, funcional general emergente) o describir explícitamente una relación funcional completa entre cantidades generales utilizando notación simbólica o palabras (nivel 7, funcional general condensada). Si es capaz de jugar con los límites de la norma descubierta, generando nuevas generalizaciones, se le asociaría el nivel 8 (función como objeto). Estos niveles se ejemplifican, en relación con el problema de generalización de esta investigación, en la tabla 1.

Blanton et al. (2015) construyeron los niveles de generalización al abordar, con estudiantes de seis años, tareas de generalización que involucraban distintas funciones lineales, como $f(x) = x+3$, $f(x) = x+2$ o $f(x) = x+x$. Investigaciones posteriores han ahondado en los niveles de generalización en funciones lineales con estudiantes de primaria con desarrollo típico (Stephens et al., 2017) y con TEA (Goñi-Cervera et al., 2022), detallando el papel de la generalización en el desarrollo del álgebra temprana en estudiantes de esta etapa.

Una vez definido el marco teórico, concretamos las preguntas de investigación: ¿qué niveles manifiestan los estudiantes de tercer ciclo de primaria con diagnóstico TEA-1 cuando resuelven un problema de generalización que involucra relaciones funcionales lineales y cuadráticas?, y ¿cómo apoya el progreso en los niveles de generalización el uso de tablas, pictogramas y material manipulativo?

METODOLOGÍA

Esta investigación se enmarca en un estudio de caso con cuatro estudiantes de tercer ciclo de educación primaria con TEA-1. Estos estudiantes participaron en un taller de resolución de problemas compuesto por 12 sesiones (una de introducción, una de prueba inicial, ocho de desarrollo y dos de evaluación). En cada sesión, los problemas eran primero abordados por los estudiantes individualmente y después discutidos entre ellos. Se fomentaba una actitud abierta hacia diversos métodos de resolución y estrategias. Se incorporaron distintos tipos de representación (material manipulativo, pictogramas y tablas), desde la instrucción explícita en las primeras sesiones hasta un uso progresivamente autónomo.

En las sesiones participaron como docentes tres autoras de este trabajo y una estudiante como maestra colaboradora, que apoyaban a los estudiantes en función de sus necesidades, para favorecer la aparición de estrategias espontáneas.

Participantes

Los participantes estaban escolarizados en distintos centros ordinarios y pertenecían a una asociación de TEA y síndrome de Asperger local. Los datos personales de Raúl, Noa, Elio y Omar (pseudóni-

mos) se eliminan de la descripción para mantener su privacidad. Ninguno de ellos presentaba desnivel de competencia curricular en matemáticas. De acuerdo con el informe psicopedagógico, el informe clínico y la evaluación psicológica de la asociación, presentaban afectación en las funciones ejecutivas y dificultades para mantener la atención sostenida y la concentración en más de dos tareas seguidas. Respecto a la resolución de problemas, los informes señalaban afectación en la toma de decisiones y en la inhibición, que interferían en el control de sus pensamientos y generaban distracción, así como dificultades de organización y planificación. En la sesión de evaluación inicial se observaron dificultades en la monitorización del proceso de resolución, posiblemente debidas a un bajo perfil en memoria de trabajo, pues, aunque establecían asociaciones entre los datos, les costaba enlazar las fases de la resolución o distintas estrategias. Las características individuales también influyeron en el proceso de resolución de problemas. En el caso de Raúl (12 años), mostró mucha literalidad al interpretar los enunciados, y dificultades para expresar de forma clara y ordenada los datos y las soluciones, así como para inferir información, aunque era muy autónomo en su trabajo. Elio (12 años) mostraba dificultades en la planificación, agravadas por una falta de conciencia temporal y dificultades en los cálculos con cifras elevadas, aunque su capacidad de razonamiento y lógica era destacable. Omar (11 años) era muy responsable con su trabajo, aunque cuando se enfrentaba de manera autónoma mostraba dificultades de comprensión, por lo que necesitaba ayuda y supervisión, sobre todo en el razonamiento multiplicativo. Noa (11 años) mostraba dificultades para razonar o para supervisar su propio proceso, presentando conductas impulsivas.

En el contexto escolar reglado de los estudiantes no se habían abordado problemas de generalización ni era habitual el uso de material manipulativo ni pictogramas. Los estudiantes estaban familiarizados con la estructura aditiva y multiplicativa, si bien, como hemos señalado, Omar se movía en patrones más aditivos que multiplicativos.

Recogida de datos

Para este artículo se ha seleccionado un problema verbal de generalización abordado durante la sesión 8 (figura 1), por ser la última sesión del taller previa a las de evaluación. Durante dicha sesión no hubo instrucción, ya que los participantes ya estaban familiarizados con el material empleado. Los estudiantes habían resuelto en sesiones previas problemas de generalización con funciones lineales [f(x) = 2+2x; f(x) = x+11; f(x) = x(x+1)/2)]. En la sesión 8 se planteó un problema (*Minecraft*) que abordaba más variables y relaciones funcionales más complejas (cuadráticas y lineales). El objetivo era que los estudiantes avanzaran en el proceso de generalización usando, si necesitaban, las tablas, los pictogramas y el material manipulativo (piezas de goma Eva) de forma autónoma.

El problema de *Minecraft* involucra cuatro funciones diferentes: F1, …, F4, entre tres variables: H (número de bloques de hierba), P (número de bloques de piedra) y M (número de la muralla). La función F1 relaciona el número de bloques de piedra y de bloques de hierba ($H^2 = P$); F2 vincula el número de la muralla con los bloques de hierba (M + 2 = H); F3 conecta el número de la muralla y los bloques de piedra ($(M + 2)^2 = P$); y F4 relaciona las tres variables ($M +2 + (M + 2)^2 = H + P$).

El problema se adaptó al perfil TEA de los estudiantes teniendo en cuenta: 1) sus centros de interés, entre los que se encontraban los videojuegos; 2) sus dificultades de lectura y comprensión, mediante la secuenciación del enunciado, el uso de imágenes de apoyo, tablas plastificadas, piezas de goma Eva para construir las murallas y pictogramas con velcro que representaran distintas murallas que se podían adherir a la tabla (figura 1).

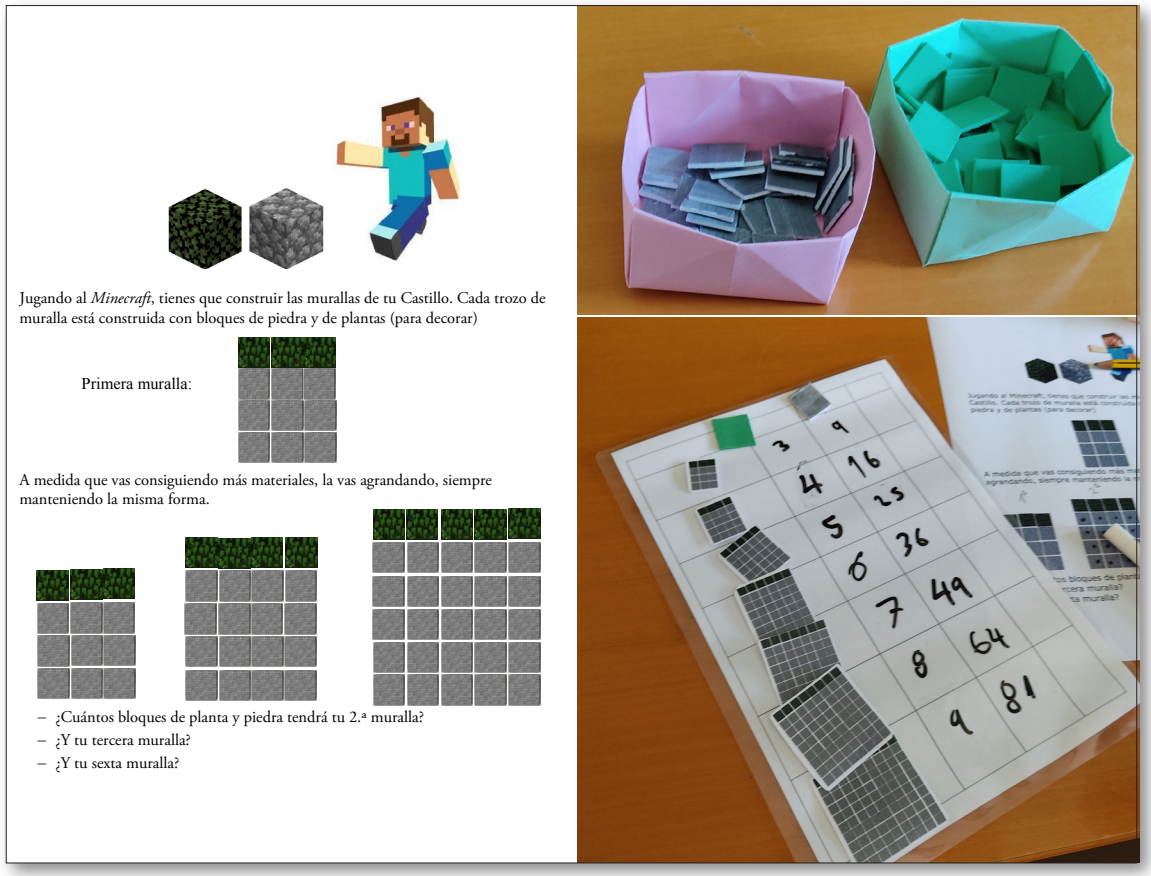


Fig. 1. Enunciado del problema de *Minecraft* y tipos de representación usados (material TEACCH). Las plantas, en color verde, constituyen la fila superior de la figura, y las piedras se corresponden con el gris.

Tras cinco minutos de lectura conjunta, se inició el trabajo individual, disponiendo si lo deseaban de los materiales. Como se aprecia en la figura, se les preguntó primero por escrito por los términos 2, 3 y 6. Las docentes planteaban individualmente a los estudiantes otros términos de la secuencia (fase de resolución individual guiada). Tras 15 minutos, se les invitó a que compartieran los resultados entre ellos para iniciar una interacción y que, de manera libre, exploraran otros términos de la secuencia si así lo deseaban (fase de resolución cooperativa).

La sesión, que tuvo lugar en un aula de la Universidad de Huelva, libre de distracciones, fue grabada audiovisualmente, contando con el consentimiento parental.

Análisis de los datos

A partir de las producciones de los estudiantes y de las transcripciones de la sesión, se obtienen unidades de información sobre la resolución de los participantes, que se analizan atendiendo a los 8 niveles de generalización de Blanton et al. (2015) (desde el nivel 1, preestructural, hasta el nivel 8, función como objeto). Se considera, además, el tipo de representación, distinguiendo si usa *a*) el dibujo o las piezas de goma Eva, *b*) la tabla, *c*) el dibujo o goma Eva y la tabla, *d*) pictogramas, *e*) pictogramas y tabla, o *f*) no usa material.

El análisis ha sido efectuado por las investigadoras de manera independiente, y se ha realizado una triangulación *a posteriori*. Organizamos los resultados atendiendo a los niveles de generalización y funciones involucradas, y el uso de distintos tipos de representación durante la resolución del problema.

Previo al análisis, elaboramos la tabla 1, que concreta los niveles de generalización (Blanton et al., 2015) a sus posibles manifestaciones en la resolución del problema de *Minecraft*, respecto a las cuatro funciones involucradas (ilustrándolo con algunos ejemplos hipotéticos). Las distintas manifestaciones de cada nivel no se corresponden con subniveles ni están graduadas según su complejidad, sino que hacen referencia a distintas formas de expresión posibles de cada nivel de generalización.

Tabla 1.
Concreción de los niveles de generalización en el problema de *Minecraft*

Niveles de generalización	*Manifestaciones de cada nivel*	*Ejemplo sobre una función*
1. Preestructural	1.a No describen ni utilizan ninguna relación matemática al hablar de los datos del problema.	F2(M +2 = H): Cuentan las piezas verdes de cada muralla, sin establecer relaciones entre las cantidades.
	1.b Pueden observar regularidades no basadas en relaciones funcionales.	F1(H^2 = P): Dicen que si hay más hierba, tiene que haber más piedras.
	1.c Responden sin explicar su razonamiento o usan estrategias de conteo o modelización en las que no se observa que relacionen las variables.	F4((M + 2) + $(M + 2)^2$ = H + P): Sobre el dibujo, cuentan el total de bloques de cada muralla.
2. Recursivo particular	2.a Entienden el patrón desde el conteo, secuenciando un conjunto de ejemplos concretos, sin articular el patrón como generalidad.	F2(M + 2 = H): Construyen con las piezas cada muralla añadiendo un bloque de hierba más a cada término.
	2.b La respuesta alude a la relación recursiva aplicada en el término anterior, sin evidencia de generalizar a otros términos.	F3($(M + 2)^2$ = P): Añaden (con dibujo o piezas) una fila/columna de piedras a la estructura anterior para formar la siguiente muralla, indicando, por ejemplo: «para pasar de la primera muralla a la segunda he añadido cinco piedras más».
3. Recursivo general	3.a Comprenden el patrón recursivo como una regla general, sin referirse a ejemplos o casos concretos.	F2(M + 2 = H): Comparan los pictogramas para afirmar que la hierba de una muralla a la siguiente aumenta «de uno en uno».
	3.b Pueden utilizar los casos numéricos para describir un patrón que refleja una regla general.	F4((M + 2)+$(M + 2)^2$ = H + P): Expresan que «hay que sumar siempre la fila de hierba, estos 5, y la de piedras, estos 5, para conseguir el total de la tercera muralla».
	3.c Identifican el patrón recursivo en una o dos variables.	F1(H^2 = P): Expresan que «si añades uno a los bloques de hierba, tienes que añadir una *L* de cuadraditos de goma Eva a las piedras».
4. Funcional particular	4.a. Establecen una relación funcional entre valores específicos, sin reflejar una generalización.	F3($(M + 2)^2$ = P): Expresan que «la muralla 2, tiene 4 filas de piedras, o sea, 16».
	4.b. Se apoyan en el caso particular anterior para responder sobre el término general.	F4($(M + 2)^2$+(M + 2) = P + H): Expresan que «si en la fila anterior (de la tabla) eran 4 hierbas, ahora serían 5 de hierba, 5x5, entonces 30 en total».

Niveles de generalización	*Manifestaciones de cada nivel*	*Ejemplo sobre una función*
5. Funcional general primitivo	5.a Pueden conceptualizar una relación general entre dos cantidades a partir de un conjunto de casos, aunque sus representaciones tengan características primitivas e incompletas.	F1(H^2 = P): Señalando sobre las filas y columnas de la tabla, expresan que «aquí hay 3 hierbas, entonces 3x3 piedras; en esta hay 4 de hierba: 4x4 piedras; En esta hay 5: 5x5…».
	5.b Expresan la relación funcional aludiendo al contexto, sin describir la transformación matemática o mencionar las variables.	F3($(M + 2)^2$ = P): Expresan que «se multiplica por el lado de la muralla para hacer un cuadrado de piedras».
6. Funcional general emergente	6.a Reflejan atributos clave de una relación funcional generalizada, pero de manera incompleta: e. g. refiriéndose solo a una variable, o incluyendo cantidades generales, pero no la relación matemática entre ellas.	F2(M + 2 = H): Expresan que «hay que sumar 2 a esta columna de la tabla, que es el número de muralla».
	6.b Especifican las variables y comprenden la operación entre ellas, pero no describen la transformación matemática.	F3($(M + 2)^2$ = P): Expresan que «el número de la muralla siempre va a tener dos hierbas más, que se multiplica».
7. Funcional general condensado	7.a Conceptualizan las funciones como una relación general entre dos cantidades arbitrarias.	F4((M + 2) + $(M + 2)^2$ = H + P): Expresan que «el número de hierba multiplicado por sí mismo es el número de piedras. Se suman y se obtiene el total».
	7.b Describen las cantidades generales y la transformación matemática entre ellas a través de una relación funcional representada con notación simbólica.	F3($(M + 2)^2$ = P): Expresan que $(M + 2)^2$ = P.
8. Función como objeto	Perciben límites en la generalización de una relación y son capaces de comprender cómo se transforma la regla y construir dicha transformación.	F2(M + 2 = H): Expresan que «si la muralla fuera rectangular, se sumaría la hierba de un lado del rectángulo».

Nota: Elaboración propia a partir de la investigación de Blanton et al. (2015).

Analizamos el desempeño de los participantes en relación con las categorías anteriores, y describimos en mayor detalle el de Noa y Elio, por ser los que evidencian generalización en términos mayores y una relación funcional inversa.

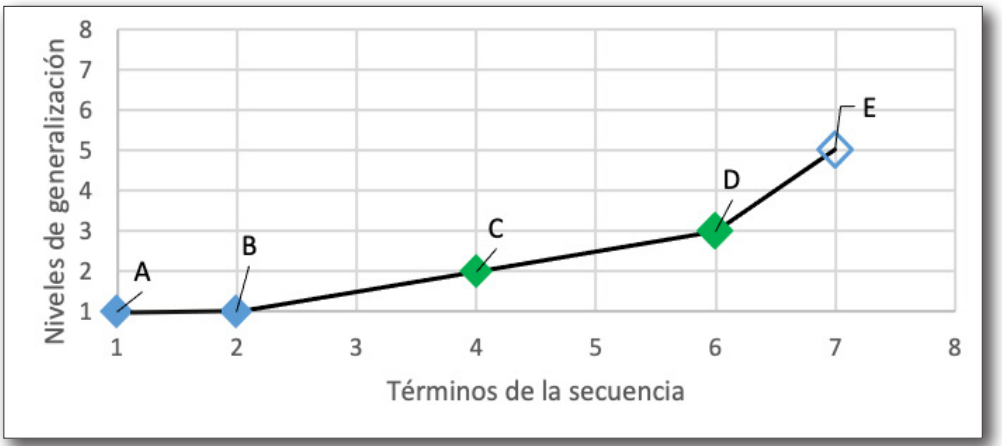
RESULTADOS

Desarrollamos a continuación los resultados del estudio, apoyándonos en las figuras 2, 3, 4 y 5, donde queda registrado el proceso de resolución, cuyo orden viene indicado por las etiquetas A, B, C… Los términos que abordan los participantes no son coincidentes, al ser fruto de su proceso de resolución individual.

Presentamos los resultados atendiendo a los niveles de generalización alcanzados y tipo de representación empleada. Se describen los niveles que manifiestan los estudiantes cuando resuelven el problema, y cómo influye el uso de tablas, pictogramas y material manipulativo en la manifestación de dichos

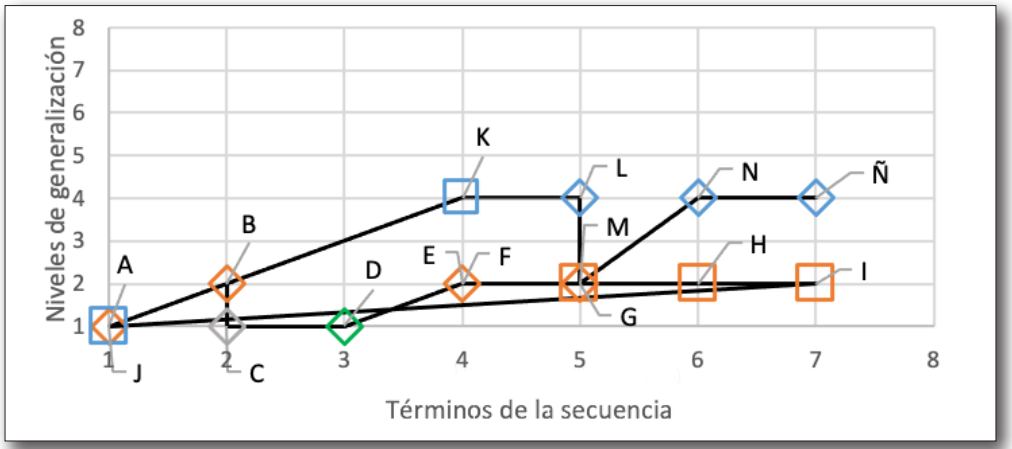
niveles. Además, se hace referencia a las funciones que los estudiantes referencian, pues han influido en los distintos niveles de generalización que evidencian.

Cada apartado considera la fase de resolución individual guiada y de resolución cooperativa en la que a partir de una conversación espontánea se describen los retos que se plantearon entre sí Elio y Noa: «averiguar qué murallas tendrían 100, 121 y 500 piedras».



PASO	A	B	C	D	E
Símbolo	◆	◆	◆	◆	◇
Función	F1	F1	F4	F4	F1

Fig. 2. Resolución de Raúl.

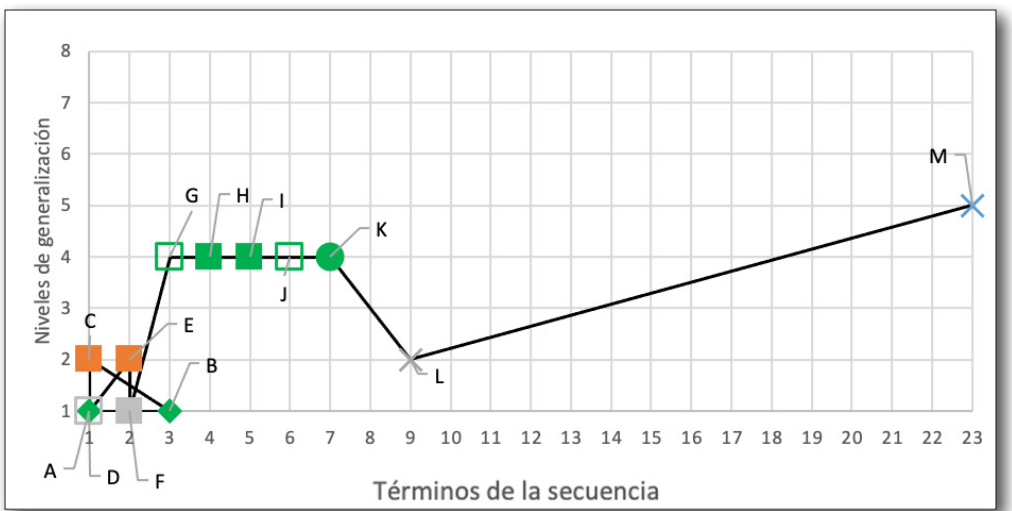


Dibujo o piezas de goma Eva; Dibujo o piezas de goma Eva y tabla;
Pictogramas; Pictogramas y tabla; Tabla; Sin material

F1: $(H^2=P)$ F2: M+2=H F3: $(M+2)^2= P$ F4: $(M+2)^2+(M+2) =P+H$

PASO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Ñ
Símbolo	◇	◇	◇	◇	◇	◇	□	□	□	□	□	◇	◇	◇	◇
Función	F2	F2	F3	F4	F3	F2	F2	F2	F2	F1	F1	F1	F2	F1	F1

Fig. 3. Resolución de Omar.

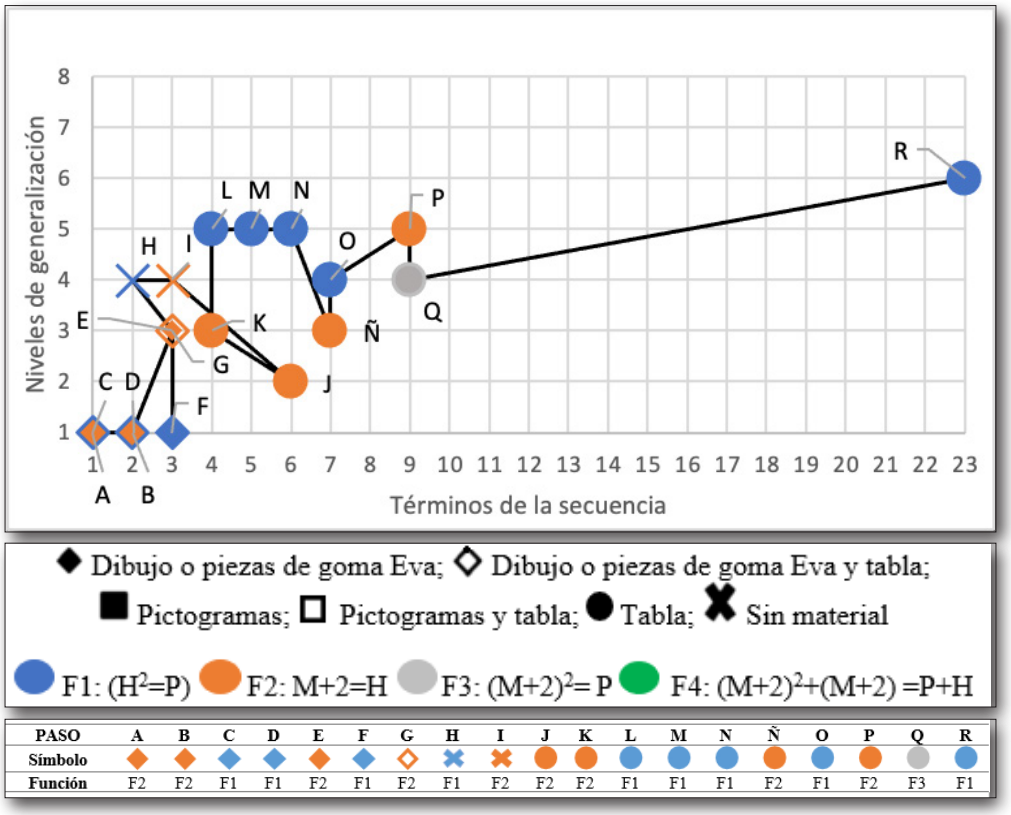


Dibujo o piezas de goma Eva; Dibujo o piezas de goma Eva y tabla;
Pictogramas; Pictogramas y tabla; Tabla; Sin material

F1: $(H^2=P)$ F2: M+2=H F3: $(M+2)^2= P$ F4: $(M+2)^2+(M+2) =P+H$

PASO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Símbolo	◆	◆	■	□	■	■	□	■	■	□	●	✖	✖
Función	F4	F4	F2	F3	F2	F3	F4	F4	F4	F4	F4	F3	F1

Fig. 4. Resolución de Noa.



PASO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Ñ	O	P	Q	R
Símbolo	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◇	✖	✖	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Función	F2	F2	F1	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F2	F2	F1	F1	F1	F2	F1	F2	F3	F1

Fig. 5. Resolución de Elio.

Niveles de generalización

Durante la fase individual guiada, la resolución de los tres primeros términos se sitúa entre los niveles 1 (preestructural) y 2 (recursivo particular).

Así, Raúl (figura 2), quien no necesitó o reclamó ayuda ni apoyo externo, cuenta apoyándose en las ilustraciones del enunciado, considerando la función F1 al relacionar las plantas y las piedras de cada muralla (preestructural, 1.c: «ha sido contar directamente las plantas y las piedras que tienen debajo»). Muestra una progresión lineal (figura 2) por los niveles preestructural (pasos A y B) y recursivos (pasos C –recursivo particular– y D –recursivo general–), hasta alcanzar el nivel funcional particular (nivel 4) en el último término que aborda (paso E).

Noa (figura 4), comenzando por los términos 1 y 3, considera los bloques de hierba y piedras como un conjunto, sumándolos (F4). Aunque descubre que las filas de hierba van aumentando de uno en uno, considera esa suma de manera lineal, obviando la estructura cuadrada de la muralla. Se sitúa, pues, en un nivel preestructural. Extiende su estrategia hasta el término 6, con objeto de contestar rápidamente a las preguntas del problema. Al darse cuenta de que su muralla no tiene la misma forma que la del enunciado, intenta corregir su error añadiendo una fila para respetar la forma cuadrada (figura 6), pero no encuentra una estrategia que le permita hallar la respuesta correcta para la sexta muralla, no evidenciando niveles de generalización. En este punto retrocede al término 1 (paso C de la figura 4), cambiando su estrategia. Presentamos un extracto de su interacción con la docente.

N (Noa): Tendríamos que añadirle una línea [columna] un poco más grande [refiriéndose a cómo pasar de M = 3 a M = 5]. De 7. Así que a 25 le sumo 7 y hacemos la cuarta [refiriéndose a M = 4]. Serían 32. A 32 le sumo 8 y serían 40 [refiriéndose a M = 5]. […] Y la última, 40+9 [refiriéndose a M = 6]. Pues 49. Y ya está.

D (Docente): ¿Y qué pasa aquí? [hay un solo cuadrado en la fila 7].

N: Que… le tenemos que meter más […]. [Dibuja 5 más para completar la fila que quedaba suelta con el cuadrado solitario]. Vale, entonces sería 32 no, sino 37. Y aquí en vez de 40, serían 46.

Fig. 6. Estrategia de Noa para el término 6 de la secuencia.

Los niveles funcionales se evidencian en distintos momentos de las resoluciones, normalmente precedidos por la manifestación de niveles recursivos. Sin embargo, destacamos el caso de Omar y Noa, quienes muestran un nivel preestructural previo al funcional (pasos J-K de la figura 3 y F-G de la figura 4, respectivamente). En el caso de Elio, Omar y Noa, los niveles funcionales coinciden, además, con el retroceso a términos previos de la secuencia. Por ejemplo, Elio (figura 5) se detiene en un argumento recursivo respecto a F2 (2.b, tabla 1) sin lograr hallar las piedras en M = 6 (paso J). Revisa entonces M = 4, mostrando nivel recursivo general (3.a) en F2 (paso K) («La cuarta [muralla] va a tener 6 [bloques de hierba] porque también se va sumando 1, 1, 1…»). Esta reflexión le lleva a establecer una relación basada en el lado del cuadrado (paso L), hasta alcanzar en F1 un nivel funcional general primitivo (5.b): «Ahora va a tener 6x6 [bloques de piedra]. Siempre va a tener así el lado. La cuarta muralla va a tener seis plantas. Y de piedras 6x6 porque tiene seis de lado. 36 piedras».

Durante la fase de resolución cooperativa, Noa y Elio discuten sus estrategias. Noa (figura 4) evidencia un nivel funcional general primitivo en F1 (5.c), al describir la relación funcional sin mencionar las variables (paso M: «¿Tú has multiplicado por el mismo número?», refiriéndose a los bloques de piedra). Elio (figura 5), por su parte, muestra un nivel general primitivo en F2 relacionando el número de bloques de hierba con las murallas (5.a), al describir el papel de una de las variables en un conjunto de casos (paso P: «Son 11 [de hierba]. Porque si la séptima muralla son 9, la octava tiene 10 y la novena tiene 11»). Intenta entonces conectar la variable hierba con las piedras de la muralla (F1), evidenciando un nivel funcional general emergente (paso R de la figura 5), puesto que menciona las variables y describe cómo se transforman unas en otras, siendo capaz de trabajar con términos mayores («10x10 es la octava muralla y dan 100 piedras. […] Voy a pasar directamente al 15. 15 plantas»).

La resolución de ambos participantes en esta fase de resolución cooperativa se caracteriza por abordar la inversa de las funciones. Describir el primer reto de manera verbal y sin indicar que 100 hace referencia a las piedras («¿Y si tuviera 100?») provoca que Noa olvide a qué variable se le aplicaba la función (F1) y además confunda elevar al cuadrado con multiplicar por dos (téngase en cuenta que las potencias no forman parte del contenido de su nivel educativo). En el segundo reto (121 piedras), la docente hace explícitas las variables que se estaban considerando, para así reducir las dificultades observadas en el reto anterior. En este caso, Noa evidencia un nivel 6 al responder correctamente aplicando la inversa a F4. Sin embargo, muestra dificultades para generalizar («Serían… si son 121 serían 21 de plantas y 100 de piedras.»). En el caso de Elio, hace la inversa a F1, lo que le dificulta averiguar el número de la muralla («Sería la muralla 11. 11x11 son 121…»). Cuando cambia su percepción considerando F2 y F3, alcanza un nivel funcional (pasos P y Q).

La frecuencia de evidencias de las cuatro funciones respecto a los niveles se recoge en la tabla 2. Los datos muestran más evidencias de las funciones F2 y F1 en las resoluciones de los participantes, con tendencia de F2 a los niveles recursivos (niveles 2 y 3) (71 % respecto al total de evidencias de funciones), mientras que de las 18 evidencias de F1 se vincula un 33 % al nivel preestructural con tendencia a los niveles funcionales (del 4 en adelante) (67 %).

Tabla 2.
Frecuencia de las funciones respecto a los niveles de generalización

Funciones	*Niveles*						*Total*
	1	2	3	4	5	6	
F1: $H^2 = P$	6			6	5	1	18
F2: $(M + 2) = H$	3	9	3	1	1		17
F3: $(M + 2)^2 = P$	3	1		1			5
F4: $(M + 2) + (M + 2)^2 = H + P)$	3	1	1	5			10
Total	15	11	4	13	6	1	

Las gráficas muestran cómo los niveles superiores se relacionan con F1 y cómo los cuatro estudiantes alcanzan su máximo nivel de generalización y término de secuencia con F1. Esta frecuencia puede explicarse porque, aunque las cuatro funciones representan distintas interpretaciones de las relaciones entre las variables del problema, cada una de ellas adquiere un matiz en la resolución de los participantes. La F4, que vincula las tres variables a la vez, se observa principalmente en la resolución de Raúl y Noa. Este último es el único que evidencia un nivel funcional (4.b) en F4, al apoyarse en casos anteriores (paso G: «En la tercera serían 5 y 25, que serían 30») o no menciona las variables al describir la multiplicación en casos concretos (paso H: «En la cuarta, siguiendo lo que hay aquí serían 6 [cuenta solo la columna del pictograma de la tercera muralla], que lo multiplicamos por 6 veces y serían 42 en total»).

La F2, que se visualiza a partir del dibujo proporcionado en el problema, es usada en varios términos de manera complementaria a F1 como forma de comprender cómo se construye la muralla (Elio: «Tiene que ser una línea de plantas. Vamos añadiendo 1 a cada planta. Y luego serían 32 piedras [las cuenta]»). La F3, que involucra una multiplicación, se aborda inicialmente por los estudiantes mediante estrategias de conteo como resultado de la presencia de los bloques, como Noa (pasos D y F) contando las piedras sobre los pictogramas (nivel preestructural, 1.c).

Como se observa en las figuras 3, 4 y 5, la resolución de tres de los participantes no es lineal, sino que se aprecian saltos de nivel y de términos, en línea con lo observado en investigaciones similares

con estudiantes de desarrollo típico (Blanton et al., 2015). En el caso de Omar encontramos un salto del término 7 (figura 3, paso I) hacia el 1 (paso J) coincidente con un cambio de función (de F2 a F1). Noa y Elio evidencian saltos tanto en la fase individual guiada como en la cooperativa. Encontramos un salto de nivel ascendente en Noa (figura 4, paso G) y uno descendente (paso L). Coinciden con un cambio de función, de F3 a F4 y viceversa, y de material, pasando de utilizar solo pictogramas a añadir la tabla, y de esta a no usar ningún tipo de representación. El proceso de resolución de Elio viene marcado por saltos de términos relacionados con la comprobación de su propia estrategia (figura 5, pasos B y C o G y H) y cambios de función (pasos K y L o Ñ y O).

Tipos de representación

Ante la libertad de elección del tipo de representación, los estudiantes muestran una tendencia inicial al uso de las piezas de goma Eva y el dibujo sobre el enunciado, lo que desemboca en estrategias basadas en el conteo. La tabla 3 señala que los dibujos y pictogramas tienen el 41,3 % de representación en los tres primeros niveles, frente al 10,4 % de uso de la tabla; mientras que esta adquiere un mayor protagonismo de uso (con un 47 %) a partir del nivel 4, coincidiendo con los niveles funcionales. El porcentaje restante corresponde al empleo conjunto de los recursos, que se mantiene en ambos casos (48,3 y 41,2 % en los tres primeros niveles y los dos últimos, respectivamente). También en las gráficas se ilustra cómo los niveles más altos van ligados siempre al uso de la tabla, que en algunos casos se combina con otro material y en otros no (Noa y Elio).

Tabla 3.
Frecuencia de los tipos de representación en cada nivel de generalización

Niveles	*Tipos de representación*						
	Dibujo o piezas de goma Eva	Dibujo o piezas de goma Eva y tabla	Pictograma	Pictograma y tabla	Tabla	Sin material	Total
1	7	5	1	2			15
2	1	3	2	3	1	1	11
3	1	1			2		4
4		3	2	3	3	2	13
5		1			4	1	6
6					1		1
Total	9	13	5	8	11	4	

Durante la fase individual guiada, los tipos de representación juegan distintos papeles en la manifestación de los niveles de generalización. Omar encontró muchas dificultades en el proceso, condicionado por frecuentes errores de cálculo asociados a su dificultad con las estructuras multiplicativas. Tras iniciar la resolución dibujando, la docente le guía en el uso de las distintas representaciones. Noa construye las murallas en forma de C y anota los datos en su tabla, lo que parece contribuir a su comprensión de la estructura multiplicativa. Mantiene esta estrategia hasta el término 7 (figura 7):

Docente: ¿Cómo pasas de 6 verdes a 36 grises (señala la tabla)?
Omar: Porque 6x6 son 36.
D: ¿Y por qué era 6x6?
O: Porque aquí (en su construcción de goma Eva) no paraba de haber 6 y 6 y 6…

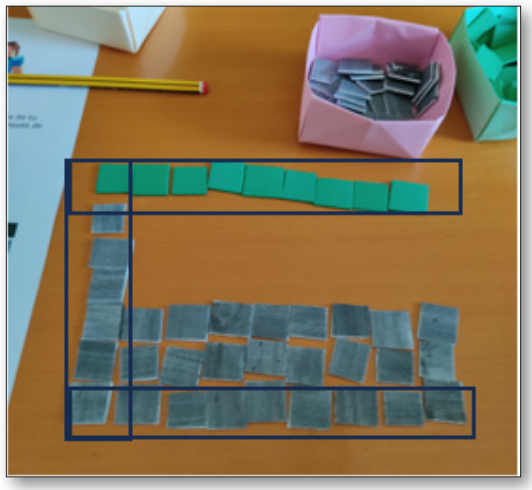


Fig. 7. Estructura de Omar para construir la muralla 7.

Tras mostrar dificultades para respetar la estructura de la muralla (figura 6), Noa retrocede al término 1 (paso C), esta vez anotando en la tabla los datos que va descubriendo al contar sobre los pictogramas. Aunque establece una relación funcional entre el lado del cuadrado y el número de piedras de la muralla, tiende a contar el lado del cuadrado sobre los pictogramas (pasos G, H e I). Para evitar que base su estrategia en los pictogramas de las murallas, la docente sugiere escribir los términos de la secuencia en una nueva columna a la izquierda de la tabla, plasmando así las tres variables (paso J). Anotar en cada fila los números del 1 al 6 (figura 8) y ver su relación con las otras dos variables permite al estudiante continuar, y llegar a retarse a sí mismo a resolver el término 7 (F4) (paso K: «¿Y si hacemos una séptima? A ver si me sale. [Sin pictogramas, escribe «7ª» en el lateral de la tabla]. Sería 9 [verdes]: 9x9, 81. Y serían 90»). Tras este, Noa se planteará el caso de murallas más alejadas, como explicaremos en el epígrafe final de los resultados.

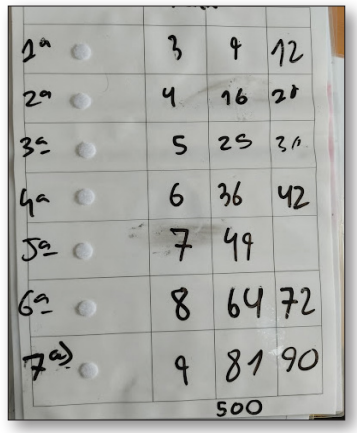


Fig. 8. Tabla de Noa, donde la columna del número de término sustituye a los pictogramas.

Elio alcanza el nivel funcional en los pasos H e I («Muy fácil. 5x5, 25 de piedras»), pero a continuación parece olvidar su estrategia cuando aborda el término 6. Recurre entonces a crear su propio esquema (figura 9), registrando los resultados que había obtenido y organizando los cálculos en su folio. Pese a manifestar niveles de generalización funcionales al usar esta representación (figura 5), el desorden del esquema le llevó a cometer numerosos errores de cálculo que influyeron en su proceso de resolución y motivación.

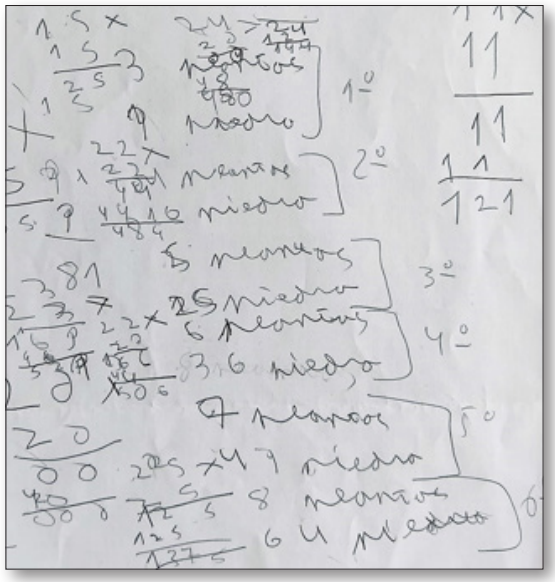


Fig. 9. Esquema de resolución de Elio.

Durante la fase cooperativa, la tabla parece mejorar el proceso de resolución apoyando las necesidades de los niños respecto a sus dificultades de memoria de trabajo y atención y les permite alcanzar niveles más altos de generalización. Elio y Noa parecen olvidar sus estrategias tras ser retados a descubrir la séptima muralla (Elio: «Nueve de plantas porque siempre es así… [Se queda mirando los dibujos del enunciado]») o en el reto de 500 piedras (Noa: «Pero es que tengo que ver cuántos [bloques de hierba] serían»). La docente les propone recurrir a su esquema y tabla, respectivamente, lo que parece impulsar a Elio a retomar la resolución de M = 7 («¡Ah sí! [gira su folio, mirando de nuevo su esquema]»). Noa consigue recordar su propia estrategia para calcular las piedras («Multiplico el número de plantas»), lo que evidencia un nivel funcional general primitivo (5b), al hacer una referencia incompleta de la relación funcional sin mencionar las variables. Sin embargo, hallar la solución se convierte en un proceso arduo para él. La tabla le ayuda a situar el 500 como variable piedras, y recordar cómo había obtenido el número de piedras de cada muralla, haciendo un recorrido por los diferentes ejemplos registrados en él (paso L).

D: Por ejemplo, ¿el 36 de dónde sale?
N: De 6x6.
D: Este de aquí que no está escrito, ¿cuál sería? [Noa se saltó el quinto término en la tabla, dejando una fila libre].
N: 7x7, que son [tras algunos errores de la tabla de multiplicar] 49.
D: ¿Y este 64?
N: De 8x8.
D: Entonces, ¿el 500 de dónde saldrá?
N: ¡De la tabla del 10!

A pesar de tener clara la estrategia, y tras varios intentos aplicando el ensayo y error (Noa: 11, 20, 40, 30, 21, 22, 23; Elio: 15, 35, 20, 25), ambos estudiantes acaban desistiendo debido a los numerosos intentos y fallos de cálculo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Hemos estudiado los niveles de generalización que evidencian cuatro alumnos de tercer ciclo de educación primaria con diagnóstico de TEA-1 al realizar un problema de generalización empleando distintos tipos de representación mediante material TEACCH. La riqueza del problema en cuanto al número y tipo de funciones implicadas ha permitido profundizar en el razonamiento de los estudiantes, que han mostrado distintos niveles de generalización.

Atendiendo a la primera pregunta de investigación, los participantes han mostrado una progresión a través de los niveles, manifestando una tendencia a los niveles funcionales conforme mayores son los términos, frente a los niveles preestructural y recursivo en los términos 1, 2 y 3, coincidiendo con la investigación de Goñi-Cervera et al. (2022) y con investigaciones de desarrollo típico (Pinto y Cañadas, 2021). Los participantes de este estudio demuestran alcanzar la generalización, coincidiendo con estudios previos con participantes con desarrollo ordinario de edades análogas (Pinto y Cañadas, 2021) y con TEA (Goñi-Cervera et al., 2022). La fase individual guiada proporcionó un espacio para la reflexión y el desarrollo de estrategias vinculadas a los niveles preestructural, recursivos y funcionales.

Las cuatro funciones involucradas en el problema de *Minecraft* han sido una herramienta de análisis para comprender los argumentos de los estudiantes, y han encontrado cierta relación entre estas y los niveles de generalización (tabla 2). Así, F1 se relaciona con argumentos del nivel preestructural en el término 1, y han llegado al nivel funcional al utilizar la tabla (tabla 3). El carácter aditivo de F2 puede haber influido en que todos los participantes evidencien un nivel recursivo en sus argumentos, a excepción de Elio, que establece una relación funcional entre el número de muralla y el número de bloques de hierba. F3 se usa junto a las otras funciones para referirse a los bloques de piedra y F4 es empleada principalmente por Noa (figura 4), quien alcanza el nivel funcional particular (nivel 4) al interpretar la muralla como un todo.

Las funciones involucradas posibilitan cuatro formas de pensamiento distintas que pueden complementarse entre sí para alcanzar la generalización. Los saltos a F1 (Raúl, Omar y Elio) y F4 (Noa) coinciden con la manifestación de niveles de generalización más altos. Resulta destacable que estas dos funciones sean las que establecen relaciones entre las variables hierba y piedra. Frente a F2 y F3, centradas en la línea de bloques de hierba y el cuadrado de piedra, F1 y F4 proporcionan una visión más global de la estructura de la muralla y el patrón, lo que puede haber beneficiado el proceso de generalización de los estudiantes, considerando las dificultades para comprender la globalidad de las figuras asociada al TEA-1 (Klaren et al., 2017).

Respecto a la segunda pregunta de investigación, las manifestaciones de los niveles en el proceso de resolución de cada niño han sido además influidas por los tipos de representación (tabla 3). La implicación de diferentes estrategias de representación pudo impulsar la aparición espontánea de interacción entre los estudiantes y la propia fase cooperativa, caracterizada por los niveles funcionales, así como distintas estrategias en cada nivel (Hunter y Miller, 2022; Pinto y Cañadas, 2021). Así, por ejemplo, en el tercer nivel, recursivo general, encontramos que Raúl utiliza el dibujo y Elio emplea la tabla y la construcción con las piezas de goma Eva. Al abordar el término general sin ejemplos concretos, Noa y Elio alcanzan el nivel funcional en la transición desde el dibujo o construcción hacia las operaciones. Esto también se observó con tres de los seis participantes de edad análoga con diagnóstico de TEA del estudio de Goñi-Cervera et al. (2022).

Dotar de libertad contando con materiales que ya conocían de sesiones anteriores ha favorecido que cada participante recurra a distintas formas de representación para descubrir regularidades, a la vez que se han apoyado posibles limitaciones vinculadas a la comprensión oral y uso del lenguaje que la literatura asocia al TEA (Klaren et al., 2017).

Los tres tipos de representación se adaptan a las necesidades que puedan tener los estudiantes en cada momento, desde la comprensión del problema hasta la organización de datos o revisión del proceso de resolución. Emplear distintas representaciones ha posibilitado abordar secuencialmente el problema y adaptarlas a las cuatro funciones.

A pesar de que una de las características asociadas al TEA, y en concreto al TEA-1, es la rigidez de pensamiento (Bae et al., 2015; Klaren et al., 2017), los participantes de este estudio han mostrado flexibilidad para cambiar de estrategia, función y tipo de representación. La progresión de pensamiento de los estudiantes no es lineal (Stephens et al., 2017), sino que avanzan y retroceden, tanto en los términos de la secuencia como en los niveles de generalización que evidencian. Los resultados han mostrado una relación entre los saltos y los cambios de representación y de función.

La incorporación de la tabla se vincula con niveles más altos o con una revisión de la estrategia que les permite avanzar en el proceso de generalizar (paso I de la figura 3; paso B de la figura 4; paso J de la figura 5). Este tipo de representación aporta una visualización más esquemática de los datos, mejorando la organización y el establecimiento de relaciones entre las variables, lo que ha evidenciado impulsar el pensamiento algebraico de los estudiantes.

El contexto de aula-taller, aunque favoreció el trabajo colaborativo y la motivación, pudo dificultar la concentración de los estudiantes, que sumado a los persistentes errores de cálculo (probablemente debidos a dificultades de atención sostenida y rigidez mental, Bae et al., 2015), obstaculizaron la extensión del problema a otros términos (Omar y Raúl) o hallar la solución de los retos (Noa y Elio).

Hemos usado los niveles de generalización de Blanton et al., (2015), con el añadido de desarrollar un marco de evidencias (tabla 1) de cada uno en el contexto de enseñanza de alumnado con TEA-1. Los ejemplos de funciones del problema de *Minecraft* contribuyen a la definición de cada uno de los niveles. Además, frente a los numerosos estudios recogidos en las revisiones de Gevarter et al. (2016) y Root et al. (2021) que utilizan el problema verbal como medio para abordar la aritmética con estudiantes con TEA, nuestra investigación enriquece el conocimiento sobre el proceso de generalización de este alumnado. Contextualizar la tarea de generalización mediante un problema verbal ha impulsado la motivación de los estudiantes al considerar su idiosincrasia, así como la comprensión de las relaciones funcionales involucradas en la tarea. La investigación ha señalado el papel tan importante de utilizar distintos tipos de representación (Pinto y Cañadas, 2021; Stephens et al., 2017). Sin embargo, recalcamos la necesidad de guiar a los estudiantes para que las empleen comprendiendo las ideas matemáticas subyacentes (Hunter y Miller, 2022).

En conclusión, nuestro estudio ha desarrollado una descripción del proceso de generalización de alumnado con TEA-1, destacando la influencia de los tipos de representación y aportando un marco de evidencias para los niveles de Blanton et al. (2015). Señalamos, además, el papel de las estrategias de enseñanza y aprendizaje para fomentar el pensamiento funcional. La investigación debe profundizar en estrategias de resolución de tareas de generalización con alumnado con TEA-1 en el contexto de aulas ordinarias. Dada la necesidad de formación del profesorado para llevarlas a cabo (Root et al., 2021) y la importancia de la generalización en el desarrollo del álgebra escolar (Hunter y Miller, 2022), nuestro estudio continuará colaborando con un grupo de docentes en activo en la implementación de estrategias pedagógicas inclusivas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado en el marco de un contrato predoctoral FPU20-05070 del Gobierno de España, asociado al Centro de Investigación COIDESO de la Universidad de Huelva y del grupo de investigación DESYM (HUM-168) y el proyecto de Innovación Docente de la Universidad de Huelva «Resolución de problemas desde la perspectiva inclusiva» (curso 2022-23), el proyecto INCLUREC de la Universidad de Huelva y los proyectos PID2021-122180OB-I00 y PID2022-136246NB-I00.

REFERENCIAS

American Psychiatric Association, APA (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th ed.). DSM-5*. American Psychiatric Publishing. https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Ayabe, H., Manalo, E., Fukuda, M. y Sadato, N. (2021). What diagrams are considered useful for solving mathematical word problems in Japan? En A. Basu, G. Stapleton, S. Linker, C. Legg, E. Manalo y P. Viana (Eds.), *Diagrammatic Representation and Inference. Diagrams*. Lecture Notes in Computer Science, 12909. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-86062-2_8

Bae, Y. S., Chiang, H. M. y Hickson, L. (2015). Mathematical word problem solving ability of children with Autism Spectrum Disorder and their typically developing peers. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(7), 2200-2208.
https://doi.org/10.1007/s10803-015-2387-8

Blanton, M. L. (2008). *Algebra and the Elementary Classroom: Transforming Thinking, Transforming Practice*. Heinemann.

Blanton, M., Brizuela, B., Gardiner, A. M., Sawrey, K. y Newman-Owens, A. (2015). A learning trajectory in 6-year-olds' thinking about generalising functional relationships. *Journal for Research in Mathematic Education*, *46*, 511-558.
https://doi.org/10.5951/jresematheduc.46.5.0511

CAST (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. CAST.

Carraher, D., Martinez, M. y Schliemann, A. (2008). Early algebra and mathematical generalization. *ZDM*, *40*(1), 3-22.
https://doi.org/10.1007/s11858-007-0067-7

Chico, A., Gómez-Hurtado, I. y Climent, N. (2022). Problem-solving by students with Asperger's Syndrome. En J. Hodgen, E. Geraniou, G. Bolondi y F. Ferretti (Eds.), *Proceedings of the Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12)* (pp. 1-8). Free University of Bozen-Bolzano / ERME.

Cleary, S. y Barnett J. H. (2015). Using research-based strategies to teach algebraic problem solving skills to students with autism spectrum disorder. *INQUIRE: An Undergraduate Research Journal*, *1*(5), 57-77.

Cox, S. K. y Root, J. R. (2020). Modified schema-based instruction to develop flexible mathematics problem solving strategies for students with autism spectrum disorder. *Remedial and Special Education*, *41*, 139-151.
https://doi.org/10.1177/0-0741932518792660

Delisio, L., Bukaty, C. y Taylor, M. (2018). Effects of a graphic organizer intervention package on the Mathematics word problem solving abilities of students with Autism Spectrum Disorders. *The Journal of Special Education Apprenticeship*, *7*(2), 1-22.

Duval, R. (2016). Un análisis cognitivo de problemas de comprensión en el aprendizaje de las matemáticas. En R. Duval y A. Sáenz-Ludlow (Eds.), *Comprensión y aprendizaje en matemáticas: Perspectivas semióticas seleccionadas* (pp. 61-94). Énfasis.

Gevarter, C., Bryant, D. P., Bryant, B., Watkins, L., Zamora, C. y Sammarco, N. (2016). Mathematics interventions for individuals with Autism Spectrum Disorder: A systematic review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *3*, 224-238. https://doi.org/10.1007/s40489-016-0078-9

Goñi-Cervera, J., Cañadas, M. C. y Polo-Blanco, I. (2022). Generalisation in students with autism spectrum disorder: an exploratory study of strategies. *ZDM Mathematics Education*, *54*, 1333-1347. https://doi.org/10.1007/s11858-022-01415-w

Hunter, J. y Miller, J. (2022). The use of cultural contexts for patterning tasks: supporting young diverse students to identify structures and generalise. *ZDM Mathematics Education*, *54*, 1349-1362. https://doi.org/10.1007/s11858-022-01386-y

Klaren, M., Pepin, B. y Thurlings, M. (2017). Autism and mathematics education. En A. Bikner-Ahsbahs, M. Haspekian, A. Bakker y M. Maracci (Eds.), *Proceedings of the CERME 10* (pp. 629-636). CERME.

Pinto, E. y Cañadas, M. C. (2021). Generalizations of third and fifth graders within a functional approach to early algebra. *Mathematics Education Research Journal*, *33*(1), 113-134. https://doi.org/10.1007/s13394-019-00300-2

Radford, L. (2002). The seen, the spoken and the written: A semiotic approach to the problem of objectification of mathematical knowledge. *For the Learning of Mathematics*, *22*(2), 14-23.

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*, de 2 de marzo de 2022.

Root, J., Henning, B. y Boccumini, L. (2018). Teaching Students with Autism and Intellectual Disability to Solve Algebraic Word Problems. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, *53*(3), 325-338. https://www.jstor.org/stable/10.2307/26563472

Root, J. R., Ingelin, B. y Cox, S. K. (2021). Teaching mathematical word problem solving to students with autism spectrum disorder: a best-evidence synthesis. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, *56*(4), 420-436. https://doi.org/10.1177/00400599221116821.

Rose, D. H. y Gravel, J. W. (2010). *Universal Design for Learning*. En E. Baker, P. Peterson, y B. McGaw (Eds.), *International Encyclopedia of Education* (3.ª ed., pp. 119-124). Elselvier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00719-3

Schoppler, E., Mesibov, G. y Hearsey, K. (2013). Structured teaching in the TEACCH system. En E. Schoppler y G. Mesibov (Eds.), *Learning and Cognition in Autism: Current Issues in Autism* (pp. 243-268). University of North Carolina. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1286-2_13

Steele, D. y Johanning, D. (2004). A schematic-theoretic view of problem solving and development of algebraic thinking. *Educational Studies in Mathematics*, *57*, 65-90. https://doi.org/10.1023/B:EDUC.0000047054.90668.f9

Stephens, A., Fonger, N., Strachota, S., Isler, I., Blanton, M., Knuth, E. y Murphy-Gardiner, A. (2017). A learning progression for elementary students' functional thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, *19*(3), 143-166. https://doi.org/10.1080/10986065.2017.1328636

Strachota, S. (2016). Conceptualizing generalization. *IMVI Open Mathematical Education Notes*, *6*(1), 41-55.

Stylianou, D. (2011). An examination of middle school students' representation practices in mathematical problem solving through the lens of expert work: towards an organizing scheme. *Educational Studies in Mathematics*,*76*, 265-280.
https://doi.org/10.1007/s10649-010-9273-2

Whitby, P. J. (2013). The effects of solve it! On the mathematical word problem solving ability of adolescents with autism spectrum disorder. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, *28*(2), 78-88.
https://doi.org/10.1177/1088357612468764

Solution of a Generalisation Problem by Students with Autism Spectrum Disorder

Ángeles Chico Gómez
Departamento de Didácticas Integradas,
Universidad de Huelva, Huelva, España
angeles.chico@ddi.uhu.es

Irene Polo-Blanco
Departamento de Matemáticas, Estadística y Computación,
Universidad de Cantabria, Santander, España
irene.polo@unican.es

Nuria Climent Rodríguez
Departamento de Didácticas Integradas,
Universidad de Huelva, Huelva, España
climent@uhu.es

Inmaculada Gómez Hurtado
Departamento de Pedagogía,
Universidad de Huelva, Huelva, España
Inmaculada.gomez@dedu.uhu.es

This study addresses the generalisation process manifested by four 11 or 12-year-old children with autism spectrum disorder level 1 (ASD-1 onwards), also members of an Asperger Syndrome Association, during a session of a problem-solving workshop in which several types of representation were used. None of them presented a curricular competence gap in Mathematics, but some executive functions needs.

The research questions of this study are: Which levels of generalisation are manifested by elementary education students with ASD-1 when solving a generalisation problem that involves linear and quadratic functional relationships? How does the use of tables, pictograms and manipulative material support progress through the generalisation levels?

To thoroughly approach the generalisation process and the role played by the different types of representation used, a framework of levels of generalisation will be considered. These levels aim to capture the ability for generating increasingly complex relationships and their expression. Hence, the pre-structural level is concerned when a sequence is continued without establishing mathematical relationships between the cases. The recursive levels involve additive relationships described for specific examples (level 2, recursive-particular) or when approaching a general rule (level 3, recursive-general). The functional levels aim to describe generalisation in terms of concrete cases (level 4, functional-particular), the general case with incomplete representations (level 5, primitive functional-general), the general functional relationship incompletely (level 6, emergent functional-general) or the explicitly complete one (level 7, condensed functional-general). Level 8 (function as an object) involves playing with the limits of the discovered rule, creating new generalisations.

The units of information obtained from the transcription of the videorecorded session and the productions of the participants when approaching a generalisation problem are analysed according to the levels of generalisation (levels 1 to 8) and the representation used (manipulatives, pictograms, or table). The analysis was independently conducted by the researchers, accomplishing a triangulation of results a posteriori.

Results indicate that students showed a tendency towards the functional levels when reaching the highest terms. Additionally, the influence of the different types of representation seems to have stimulated the thriving of spontaneous interaction between the students. This interaction was indeed characterised by the evidence of functional levels and strategies related to the inverse functional relationship.

Functional relationships involved in the problem have resulted in different manners to approach its solving, as well as key elements to be considered when describing the generalisation process achieved by participants. Students switching from one function to another aligns with the evidence of different generalisation levels, in terms of moving along the generalisation levels. Representations have also been a conditioning variable for students. The use of tables was related to the evidence of higher levels of generalisation, whereas drawing strategies were linked to counting and recursive strategy levels.

The students' oscillation between different types of representation, functional relationships and generalising strategies is a significant result, considering ASD-1 characteristics, such as limited flexibility of thinking or weaknesses in executive functions (e. g. prediction, working memory or planification and organisational skills).

Research must continue to deeply explore generalisation tasks with ASD-1 students in the context of mainstream classrooms.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 97-113
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6167
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Reflexiones de futuros maestros sobre dónde debe intervenir la ciencia en su día a día

Reflections of Future Teachers on Where Science Should Intervene in their Daily Lives

Marta Reina, Beatriz Pérez-Bueno, Marta Ceballos
Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola CEU, Departamento de Ciencias Experimentales. Sevilla, España.
mreina@ceu.es, bperez@ceu.es, mceballos@ceu.es
https://orcid.org/0000-0001-7419-3544, https://orcid.org/0000-0002-9211-9679, https://orcid.org/0000-0001-5911-3227

Ángel Ezquerra
Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Facultad de Educación. CFP
angelezq@ucm.es
https://orcid.org/0000-0002-5736-9867

RESUMEN • El objetivo de este estudio es examinar en qué ámbitos de la vida diaria identifican 250 estudiantes del grado de Educación Primaria la presencia de la ciencia y valorar cómo piensan que esta debe intervenir. De sus respuestas iniciales se establecieron tres categorías: *escenarios* donde hay ciencia, *finalidades* y *límites* de la ciencia. En su reflexión final, tras un debate, se observó un aumento significativo en el número de respuestas, tanto en escenarios (entre los que destacan salud, tecnología, medio ambiente y alimentación) como en finalidades y límites vinculados con la participación de la ciencia en la vida de los ciudadanos. La incorporación de este tipo de actividades en la formación de maestros podría ayudar a mejorar la identificación de contextos sociocientíficos, siendo esta circunstancia un aspecto deseable dentro de su conocimiento didáctico del contenido (CDC).

PALABRAS CLAVE: Ciencia en sociedad; Maestros en formación; Educación primaria; Debate entre iguales; Conocimiento didáctico del contenido.

ABSTRACT • The objective of this study is to identify the aspects of daily life in which 250 primary teachers in training identify the presence of science and to value how they think that it should intervene. Three categories were established from their initial answers: contexts where science is present, science purposes, and science limits. In their final reflections, after a debate had taken place, there was a significant increment in the number of answers in every category: contexts (among which health, technology, environment and nourishment stand out), and the purposes and limits related to the participation of science in citizens' lives. Implementing this type of activities in teacher training could help students to better identify socio-scientific contexts, this circumstance being a desirable aspect in their pedagogical content knowledge (PCK).

KEYWORDS: Science in society; Teachers in training; Primary education; Peer debate; Pedagogical content knowledge.

Recepción: marzo 2024 • Aceptación: agosto 2024 • Publicación: noviembre 2024

Reina, M., Pérez-Bueno, B., Ceballos, M. y Ezquerra, Á. (2024). Reflexiones de futuros maestros sobre dónde debe intervenir la ciencia en su día a día. *Enseñanza de las Ciencias*, *42*(3), 97-113
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6167

INTRODUCCIÓN

El grado de interés por temas de ciencia y tecnología ha aumentado en los últimos años en nuestra sociedad (Delors et al., 1996; Vázquez and Manassero, 2009; Tytler y Osborne, 2012; FECYT, 2023). Sin embargo, los ciudadanos suelen tener problemas para identificar qué conocimientos sobre ciencia deberían tener y cómo aplicarlos en su día a día (Unesco, 1999; EU, 2007; COSCE, 2011). Los maestros en formación, como ciudadanos que son, pueden presentar estas mismas dificultades. El estudio presentado por Fernández-Carro et al. (2022) analiza cómo las creencias en pseudociencias y supersticiones de los docentes en formación no se separan de las de la población en general. En sentido inverso, la formación que se proporcione al profesorado también juega un papel fundamental en la alfabetización científica de la ciudadanía, siendo esto motivo de estudio por parte de algunos autores, como Vilches y Gil-Pérez (2007), Uskola (2016), Aznar y Puig (2016), Garelli et al. (2017) y Almada et al. (2020), entre otros. Por tanto, entran en juego dos niveles de interacción: el profesorado como parte de la ciudadanía y el profesorado como agente del cambio en la percepción social de la ciencia. Tener ambas visiones en cuenta resulta fundamental para formular propuestas de enseñanza que busquen promover una alfabetización científica en los ciudadanos del futuro.

Los futuros maestros deben comprender que la ciencia afecta a la sociedad, pero también que el desarrollo de la ciencia está condicionado por los intereses de la sociedad en cada momento (Cañal y de Pro, 2012). No se trata solo del aprendizaje de un vocabulario científico, sino de la comprensión y el entendimiento de su significado real (Sánchez-Mora y Macías-Néstor, 2019), y la educación es el medio a través del cual se difunde y promueve una cultura científica en la sociedad (Sadler y Czeidler, 2005). Se busca una alfabetización funcional que ayude al futuro alumnado, como ciudadanos, a participar en la ciencia o a tomar decisiones informadas en su vida diaria (Dagher y Erduran, 2014; Manassero y Vázquez, 2019).

En uno de los estudios llevados a cabo por la FECYT (2006) ya se indicaba que el currículo de las materias científicas se debería desarrollar en torno a problemas encuadrados en contextos sociales, culturales o tecnológicos (Hodson, 2003, 2011). La clave está, por tanto, en la concepción del currículo de ciencia escolar que se debe movilizar para los futuros profesores. Mostrar al profesorado una ciencia contextualizada los prepara para formar alumnos –ciudadanos– comprometidos en comprender y analizar críticamente las cuestiones científicas para así poder tomar decisiones informadas (Reis y Galvão, 2004; Domènech-Casal, 2018). Esto es, los profesores en formación, además de aprender ciencia, tienen que aprender sobre ciencia, a hacer ciencia y a enfrentar cuestiones sociocientíficas (Hodson, 2014). Este metaconocimiento debería formar parte de lo que se denomina naturaleza de la ciencia.

Esto implica que el profesorado necesita un conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1986) específico para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia y la tecnología (NdCyT) (Vázquez y Manassero, 2019; Cobo-Huesa et al., 2022). En particular, deben ser capaces de identificar escenarios científicos, que definimos como contextos específicos en la vida cotidiana donde la ciencia juega un papel crucial. Esto les permitirá integrar, en su futura práctica docente, diseños didácticos contextualizados que muestren la presencia de la ciencia en la sociedad (Ezquerra et al., 2022). En este sentido, es crucial que los programas de formación de maestros en didáctica de las ciencias integren activamente una comprensión profunda de cómo la ciencia y la tecnología interactúan con la sociedad y cómo aprender a identificar y enseñar estas interacciones. Al hacerlo, estaremos formando maestros capacitados para inspirar y empoderar a sus estudiantes, cultivando una generación de ciudadanos críticos, informados y conscientes del papel vital de la ciencia y de la tecnología en la resolución de los desafíos actuales y futuros (Klosterman y Sadler, 2010). El uso de controversias sociocientíficas (Cebrián-Robles, España-Ramos y Reis, 2021; Zeidler y Nichols, 2009; Díaz y Jiménez-Liso, 2012) puede ser un ejemplo de cómo llevar al aula temas contextualizados, actuales y emergentes, como el déficit hídrico

(Díaz, 2014), la vacunación (Maguregi, Uskola y Burgoa, 2017) o la energía nuclear y sus residuos (Cruz-Lorite et al., 2023; Crujeiras-Pérez et., 2020). Esta visión global con frecuencia incluye aspectos políticos, económicos, éticos, ambientales, etc. (Sadler, 2004), algo que es esencial para la toma de decisiones en cuestiones sociocientíficas.

Sin embargo, autores como Osborne y Pimentel (2023) exponen las pocas oportunidades que se les ofrece a los alumnos para llevar a cabo debates abiertos que promuevan el desarrollo de habilidades para cuestionar, argumentar y evaluar la información. Además, fomentar el diálogo en clase como procedimiento pedagógico favorece el metaaprendizaje y demanda de los estudiantes el análisis de los problemas con perspectivas sociales relevantes (Álvarez, 2010; Oliveira y Sadler, 2008). Cuanto mayor sea la complejidad de la situación que haya que resolver, mayor es la necesidad de recurrir al diálogo para su solución (Gutiérrez y Castro, 2018).

Todo esto está en consonancia con el nuevo marco legislativo de la LOMLOE, el cual ha introducido el concepto de las situaciones de aprendizaje como escenarios inspirados en contextos reales donde el alumno debe intervenir de forma crítica. El uso e interpretación de datos meteorológicos de las aplicaciones de sus móviles, los radares de tramo frente a los radares tradicionales para el control de velocidad del tráfico en carretera o el desarrollo de medidas de prevención frente a riesgos sísmicos de su zona son algunos ejemplos de dichos contextos reales de aprendizaje. Se pretende así que sean capaces de construir una base científica sólida que les ayude a desenvolverse mejor como ciudadanos críticos y autónomos en un sistema democrático. Para su diseño, Domènech (2022) incluye, además de la competencia conceptual y procedimental, la epistémica, la tecnológica y la ciudadana. Competencias que tendrá que desarrollar, por tanto, el futuro docente para, de esta forma, incluir en sus futuras propuestas didácticas situaciones donde sus alumnos deban identificar riesgos y oportunidades, debatir, proponer soluciones a problemas o vincular la ciencia al ejercicio de la ciudadanía.

Pero para poder contextualizar el aprendizaje se debe, en primer lugar, conocer el modo en el que la ciencia está presente en los diferentes escenarios del día a día. Por ello, el objetivo del presente estudio es identificar en qué ámbitos de la vida diaria reconocen los maestros en formación que está presente la ciencia, y valorar cómo piensan que debe intervenir.

METODOLOGÍA

Este estudio exploratorio y descriptivo, combinado con un análisis estadístico, está centrado en estudiantes del grado de Educación Primaria y forma parte de un trabajo más amplio sobre la identificación de contextos científicos por parte de los futuros docentes (Vílchez et al., 2021; Ezquerra et al., 2022). En este estudio nos centramos en las respuestas dadas a la pregunta «¿En qué cuestiones de la vida cotidiana de los ciudadanos debe intervenir la ciencia?».

La visión del profesorado en formación sobre esta cuestión fue recogida en una sesión de aproximadamente una hora de duración a través de una actividad de respuesta-debate-reflexión (RDR), procedimiento muy estructurado en formato y duración (Ezquerra, 2012). En la primera fase (de unos 10 min), el alumno anota individualmente su respuesta a la pregunta planteada; a continuación, se establece un debate (de unos 30 min), donde todos comparten sus respuestas y, finalmente, se plantea una reflexión (20 min) centrada en valorar lo escuchado. El objetivo de la actividad es buscar la reestructuración de ideas a través del afloramiento de las concepciones y actitudes propias, el contraste con las exhibidas por los iguales y la reflexión sobre todo el proceso. La actividad fue realizada durante el curso 2020-2021 por 250 estudiantes (191 mujeres y 59 hombres) pertenecientes a cuatro centros universitarios españoles del grado de Educación Primaria situados en las comunidades autónomas de Andalucía, Madrid, Castilla-La Mancha y Castilla y León.

Con el apoyo del *software* Atlas.ti, se realizó un análisis del contenido de las respuestas. En concreto, se llevó a cabo un proceso iterativo de agrupación de las respuestas y una contrastación bibliográfica. Esto permitió crear un libro de códigos para categorizar las respuestas y analizar sus coocurrencias. La comparativa frecuencial de los datos obtenidos en la fase de respuesta y de reflexión permitió valorar la influencia de la fase de debate.

La significatividad estadística en el cambio en la distribución de proporciones se analizó con el programa SPSS mediante la prueba de McNemar, con un nivel de confianza del 95 %. Esta prueba no paramétrica permitió comparar las respuestas de los propios alumnos antes y después del debate, evaluando cambios específicos en cada categoría. De este modo se determinó si existen diferencias significativas en las proporciones de las variables categóricas dependientes de datos pareados (identificar o no cada escenario, asignar o no finalidades a la ciencia, asignar o no límites a la ciencia).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de contextos, finalidades y límites de la ciencia

Tras la codificación de las respuestas en la fase inicial se identificó una primera categoría, que denominamos *escenarios*, con nueve subcategorías que recorrían los distintos escenarios del día a día en los que debía intervenir la ciencia. Aunque la pregunta no requería ir más allá, de las respuestas emergieron otras dos categorías de forma espontánea: la *finalidad* y los *límites* que consideraron que debía tener la ciencia.

Centrándonos en la primera categoría, la tabla 1 recoge una breve descripción de los escenarios identificados por los estudiantes. Varios de estos coinciden con los propuestos por España et al. (2013) como contextos para el desarrollo de la competencia científica, y otros han sido sugeridos por Ezquerra et al. (2017) para identificar en qué situaciones los ciudadanos reconocen contenidos científico-tecnológicos en su entorno cotidiano.

Tabla 1.
Descripción de los escenarios identificados

Categoría: *Escenarios*	*Descripción*	*Ejemplos representativos*
Salud	Medicina, bienestar (físico, mental y social), otros	«Salud y bienestar»
Tecnología	Avances tecnológicos, TIC (*hardware*, *software*), otros	«Toda la tecnología afecta a los ciudadanos por lo que debería estar presente siempre»
Medio ambiente	Energías, recursos y residuos, otros	«Conservación del medio ambiente»
Alimentación	Alimentos, nutrición, dieta (equilibrio), procesos (conservación, cocina, envasado, aditivos, etiquetado, etc.)	«Alimentación saludable»
Educación	Formal, no formal, informal	«Educación, en el sentido de la didáctica»
Medios de transporte	Avances de los distintos medios de transporte	«Vehículos», «Medios de transporte»
Acción pública	Economía, política, otros	«El desarrollo de la economía, mejor eficiencia económica»
Ramas del saber	Disciplinas científicas o sus objetos de estudio	«Conocimiento en sí, aunque no sea práctico como tal»
Medios de comunicación	Tradicionales, RR. SS. / internet, TIC (herramientas de comunicación), publicidad	«Intervención en los medios de comunicación»

El estudio frecuencial de los resultados de la fase inicial y de la reflexión final se muestran en la tabla 2. Aunque no se pidiera una jerarquización de los escenarios identificados, los datos indican una mayor presencia de unos frente a otros, por lo que se asume que una mayor frecuencia de un escenario refleja una mejor identificación de este.

De las respuestas iniciales, se comprueba que un 84 % mencionaron la salud como uno de los escenarios en los que la ciencia debe intervenir, siendo este el escenario más citado por los estudiantes. Con frecuencias menores, los estudiantes también reconocieron la necesidad de intervención científica en tecnología (54 %), medio ambiente (49 %) y alimentación (44 %). Estos resultados están en consonancia con el último informe sobre la percepción social de la ciencia y la tecnología de nuestro país (FECYT, 2023), que refleja la asociación positiva entre la ciencia y los ámbitos de la salud, la investigación y la tecnología. Además, también refleja cómo la mayoría de la ciudadanía muestra preocupación por problemas medio ambientales como el cambio climático. Esta alineación de nuestros estudiantes (futuros maestros) con el global de la población parece coherente con lo referido en la bibliografía (Fernández-Carro et al., 2022), ya que la mayoría no fueron capaces de relacionar la ciencia con otros escenarios no tan «evidentes» para la aplicación inmediata de esta (Guisasola y Morentin, 2007). Esto se pone de manifiesto, por ejemplo, cuando solo un 30 % de los estudiantes consideró la Educación como un escenario donde debe participar la ciencia, lo cual llama la atención, puesto que se trata de futuros maestros. Sin embargo, este resultado está en consonancia con el poco potencial que ven los ciudadanos a las respuestas que la ciencia ofrece para solucionar problemas relacionados con el fracaso escolar (FECYT, 2023). Otros escenarios menos considerados por los estudiantes fueron los de medios de transporte (24 %), acción pública (17 %), ramas del saber (12 %) y medios de comunicación (8 %).

Tabla 2.
Frecuencias de escenarios en la respuesta inicial y en la reflexión final

Categoría: *Escenarios*	*Respuesta inicial*	*Reflexión final*
Salud	84 %	91 %
Tecnología	54 %	68 %
Medio ambiente	49 %	62 %
Alimentación	44 %	54 %
Educación	30 %	44 %
Medios de transporte	24 %	31 %
Acción pública	17 %	28 %
Ramas del saber	12 %	23 %
Medios de comunicación	8 %	23 %

Al comparar estos datos con la columna de la reflexión final, observamos que, aunque aumentaron las frecuencias en todos los escenarios, los más citados inicialmente siguieron siendo los más mencionados en la reflexión final. Esto sugiere una mayor percepción de la ciencia y un mantenimiento de la identificación inicial.

La prueba de McNemar permite confirmar que el debate ha tenido una influencia estadísticamente significativa en todos los escenarios ($p < 0.01$). Este resultado apoya las aportaciones de Albe (2008) cuando señala que las discusiones grupales sobre ciencia y sociedad hacen que los estudiantes integren su conocimiento científico en experiencias cotidianas, y se constata que las dinámicas de cuestionar y debatir en el aula pueden ayudar a construir conocimiento, ampliar los saberes y retroalimentar a los estudiantes en sus distintas fases de aprendizaje (Benoit, 2020).

Respecto a la categoría de finalidad, en la tabla 3 se recogen algunos ejemplos representativos de las subcategorías identificadas.

Algunas respuestas muestran la ciencia como algo funcional que ayuda al desarrollo de competencias científicas tanto personal (por ejemplo, la necesidad de entender la factura de la luz o el etiquetado de los alimentos) como socialmente (por ejemplo, la mejora de la calidad de vida y la gestión política). Otras hablan de su utilidad para la formación de un pensamiento más crítico; siguiendo a Troy et al. (2004), esta visión es un elemento fundamental de la alfabetización científica. Otras respuestas concretan e indican que la ciencia permite resolver problemas sociales cotidianos, como las propuestas por García et al. (2022) para analizar cuestiones controvertidas relacionadas con la gestión del agua que requieren de un abordaje integral y multidisciplinar.

También se recogieron declaraciones sobre el progreso que genera la ciencia gracias a su importante papel investigador. Algunos estudiantes mencionan la finalidad arbitral que debería tener la ciencia para supervisar el rigor de mensajes publicitarios en diferentes medios de comunicación o redes sociales, de ahí la importancia de trabajos como los de Cebrián-Robles (2019), que ayudan a futuros maestros a identificar noticias falsas. También aparecen respuestas en las que los estudiantes ponen de manifiesto la finalidad divulgadora de la ciencia gracias a la cual los ciudadanos pueden mantenerse informados de forma veraz y asequible.

Tabla 3.
Descripción y ejemplos representativos
de las subcategorías emergidas dentro de la categoría de finalidad

Categoría: *Finalidad*	*Descripción*	*Ejemplos representativos*
Funcionalidad	Desarrollo de competencias científicas para desenvolverse en su día a día ante la resolución de problemas o la toma de decisiones	«Conocer cosas básicas como consumo de un electrodoméstico, etiquetado de alimentos, interpretar la composición de un determinado producto, para qué sirven y cómo se deben usar los medicamentos más habituales»
Formativa	Desarrollo de un pensamiento crítico. Formación integral y holística	«En la publicidad aparece bastante ciencia, por lo que hay que tener un pensamiento crítico para saber si lo que nos están diciendo es cierto o no» «Formar ciudadanos que elijan políticos a la altura hará que todas las cuestiones se resuelvan mejor»
Investigadora	Progreso generado y nuevos descubrimientos	«En sanidad e investigaciones para prevenir enfermedades como el cáncer»
Arbitral	Supervisión del rigor científico en situaciones cotidianas (publicidad, periodismo, política, etc.)	«La ciencia debe tratar de que se cuelen en el día a día de los ciudadanos la menor cantidad de noticias falsas»
Divulgadora	Conocimiento de la ciencia más asequible, pero sin perder el rigor, y contribución a una imagen adecuada de esta	«Me ha parecido interesante el tema del periodismo, educación y comunicación, ya que es importante que la información que se divulgue sea veraz y que llegue a toda la sociedad»

Respecto a la evolución de las respuestas, cabe destacar que, inicialmente, el 45 % de los estudiantes agregaron de forma espontánea alguna finalidad a los escenarios mencionados, mientras que en su reflexión final este tipo de respuestas aumentó hasta un 74 %. La prueba de McNemar indicó que el diálogo entre iguales tuvo un impacto estadísticamente significativo en la forma de responder a la

pregunta ($p< 0,01$), haciendo que se sientan impulsados a agregar y describir cómo perciben la labor de la ciencia, su finalidad, en determinados ámbitos.

Por último, la tabla 4 muestra las subcategorías y los ejemplos más representativos sobre los *límites* que debería tener la ciencia según los participantes en el estudio. Algunos alumnos mencionaron límites de forma muy general, haciendo entender que la ciencia tiene barreras que no debería rebasar. Otros alumnos afinaron más en sus comentarios, y plantearon dilemas éticos, morales o culturales, apelando a la prudencia y a las responsabilidades de tecnocientíficos y políticos, ideas que coinciden con el estudio de Jenkins (1997). También reflexionaron sobre la necesidad de respetar el equilibrio medioambiental y el uso responsable de los recursos naturales. Hubo estudiantes que se plantearon los posibles usos perversos de la ciencia, asociándolos a la explotación irresponsable y dañina, algo que podría derivar en desastres, manipulaciones o crisis. Esta visión del alumnado coincide con los límites que se imponen los propios científicos cuando se niegan a investigar para producir armas o cuando publican documentos limitando su propia actividad científica a causa del riesgo derivado de esta (Pérez-Marcos, 2013). También aparecen respuestas en las que se plantean si los límites dependen del contexto o de las circunstancias específicas en las que se utilice la ciencia.

Tabla 4.
Descripción y ejemplos representativos
de las subcategorías emergidas dentro de la categoría de límites

Categoría: *Límites*	*Descripción*	*Ejemplos representativos*
Sin especificar	En general la ciencia tiene determinadas barreras que no debería cruzar	«La ciencia es un gran avance en nuestra sociedad, sin embargo, en ocasiones sobrepasa algunos límites»
Éticos/ religiosos/ culturales	No todo lo que es posible realizar desde un punto de vista científico es correcto desde el punto de vista ético/religioso o cultural	«La ciencia debe tener un carácter moral, en el sentido de que tiene que avanzar de manera que el mundo tenga un equilibrio»
Medioambientales	El avance científico debe tener en cuenta los posibles daños que pueda causar al medioambiente	«La ciencia tiene que avanzar, pero para tener un mundo no solo científico-tecnológico, sino también ecológico, con un correcto uso de los recursos naturales»
Usos perversos	El uso malintencionado de la ciencia que pueda derivar en catástrofes provocadas o agravar conflictos sociopolíticos	«El mal uso de ella con el nuevo método llamado pseudociencia» «Dos aspectos interesantes son la política y los medios de comunicación, ya que son dos ámbitos en los que muchas veces comunican la ciencia con intención de manipular a la sociedad»
Discutibles	Los límites dependen del contexto o de las circunstancias	«La ciencia quizá tenga ciertos límites, por ejemplo, las clonaciones. ¿En qué casos estarían justificadas?»

En la fase de respuesta inicial solo un 7 % de los estudiantes planteó la necesidad de poner límites o condicionantes a las intervenciones que hace la ciencia en determinados escenarios. Es posible que la gran mayoría de los estudiantes tiendan a ver la ciencia como solución y no reconozcan o se paren a pensar en los límites que se le podría o debería poner. Tras la puesta en común entre compañeros, este porcentaje aumentó hasta el 20 %, considerándose un cambio significativo según la prueba de McNemar ($p <0,01$). Esto indica que durante el debate un pequeño número de alumnos consiguió promover una conciencia sobre los posibles riesgos y las consecuencias del avance científico. En este sentido, la actividad llevada a cabo brindó la oportunidad de considerar los riesgos derivados de los

avances de la ciencia y la tecnología; aspecto formativo en el que incide Albornoz (2014) y que se relaciona con una visión más amplia y equilibrada de la ciencia, algo que mejora y completa su alfabetización científica.

Relación de los escenarios con las finalidades y límites de la ciencia

Teniendo en cuenta que tanto la categoría de finalidades como la de límites están relacionadas con algún escenario, se estudiaron sus coocurrencias con el fin de conocer qué escenarios consideraban los estudiantes que tenían más finalidades asociadas a la ciencia y en cuáles se deberían establecer límites.

La tabla 6 muestra los distintos escenarios junto a ejemplos representativos de respuestas que asociaron con algún tipo de finalidad de la ciencia.

Tabla 6.
Ejemplos representativos de finalidades de la ciencia asociadas a un escenario determinado

Finalidad	
Escenarios	*Ejemplos representativos*
Salud	«Debe ayudar a promover una sociedad más crítica que promueva una mayor equidad entre los ciudadanos sobre todo en calidad de vida y **salud**»
Tecnología	«Gracias a la **tecnología** hemos tenido una gran mejora en la sociedad respecto a la calidad de vida»
Medio ambiente	«En la elección de los materiales de mi ropa, para elegirlas correctamente y así minimizar el **impacto medioambiental** que pueda tener»
Medios de comunicación	«La publicidad y las noticias científicas de los **medios de comunicación**, de tal forma que los ciudadanos sepan identificar cuándo es mentira y cuándo no, para así ir formando su espíritu crítico»
Alimentación	«En la **alimentación**, ya que la ciencia nos ayuda a identificar falsos tópicos, como que cuanto más natural es el alimento menos perjudicial es, y que existen numerosos alimentos naturales, como algunas setas, que no se pueden comer»
Acción pública	«La ciencia debería intervenir en cuestiones de **desarrollo económico** para eliminar la desigualdad entre países»
Educación	«En la **educación**, para la formación, didáctica y estructuración de los conocimientos científicos»
Medios de transporte	«En el **transporte**, para crear opciones más respetuosas con el medio ambiente y más baratas si puede ser»
Ramas del saber	«Algunos conocimientos geológicos, porque se emplean para la construcción de casas»

Las frecuencias de las coocurrencias entre los escenarios y las finalidades, antes y después del debate, se muestran en la tabla 7.

Tabla 7.
Frecuencias de las coocurrencias entre finalidad y escenarios en la respuesta inicial y en la reflexión final

Coocurrencias	*Respuesta inicial*	*Reflexión final*
Finalidad-tecnología	46 %	75 %
Finalidad-salud	40 %	73 %
Finalidad-medios de transporte	39 %	81 %
Finalidad-acción pública	38 %	75 %
Finalidad-medio ambiente	39 %	75 %
Finalidad-ramas del saber	38 %	72 %
Finalidad-alimentación	35 %	73 %
Finalidad-educación	29 %	30 %
Finalidad-medios de comunicación	26 %	72 %

En la respuesta inicial (tabla 7), observamos que de los alumnos que consideraron la tecnología como escenario el 46 % incluyeron su aplicabilidad, siendo este el de mayor porcentaje en las respuestas iniciales. Esto puede ser debido a que este escenario es el más estrechamente relacionado con su uso cotidiano y con aplicaciones prácticas o a que, de forma general y como apuntan Membiela (2002) y Acevedo-Díaz et al. (2003), se perciba como una herramienta que puede ayudar a solucionar problemas o a mejorar la calidad de vida. Esta visión estaría en consonancia con la imagen utilitarista de la ciencia y, en particular, de la tecnología (Acevedo, 2006), poniendo en valor los beneficios directos y evidentes de esta en la vida diaria. Además, a menudo la tecnología se percibe subordinada a la ciencia como un instrumento útil para abordar sus objetivos (Acevedo, 1998; Latour 1987).

En el resto de los escenarios, el porcentaje de respuestas que incluían la finalidad está entre el 40 % y el 35 %, excepto educación, con un 29 %, y medios de comunicación, con un 26 %. Quizá sea debido a que los estudiantes no conocían o no habían reflexionado sobre el modo en el que la ciencia puede influir en dichos ámbitos y, menos aún, en sus finalidades.

Sin embargo, la comparación de respuestas de este último escenario con sus repuestas finales deja patente que el debate permitió aumentar de forma significativa ($p < 0{,}01$) el número de finalidades asignadas a los medios de comunicación, hasta alcanzar el 72 %, siendo el aumento más acusado entre todos los escenarios. Todo parece indicar que estos estudiantes terminaron la actividad siendo mucho más conscientes del papel que los medios de comunicación desempeñan en la sociedad (Grande et al., 2016), ofreciendo argumentaciones basadas en una función arbitral que controle la responsabilidad de transmitir información precisa y confiable o en una que contribuya al desarrollo de la cultura científica en la sociedad. En este sentido, numerosas iniciativas dentro de la comunidad científica intentan plantear medidas contra la desinformación o sobre cómo interactuar con los medios de comunicación (Bayo et al., 2019; Bayo et al., 2018).

Si analizamos lo ocurrido con el escenario de la educación, observamos todo lo contrario. A pesar de que tras el debate aumentó el número de respuestas que incluían la educación como parte de los escenarios donde percibían la existencia de la ciencia (tabla 2), el debate no ha tenido mucho efecto en la proporción de alumnos que le asignaran una finalidad. Estos resultados estarían en consonancia con la idea de Vilches y Gil-Pérez (2013) acerca de que ni los propios docentes en activo conocen qué aportaciones hace la investigación en didáctica de las ciencias a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En el resto de los escenarios, también se ha visto un aumento significativo ($p < 0,01$) en el porcentaje de respuestas que incluyen finalidades, estando en todas ellas por encima del 70 %. Esto sugiere que el debate fue lo suficientemente efectivo para sensibilizar a algunos estudiantes sobre la aplicabilidad de la ciencia en múltiples ámbitos. Por ejemplo, el 72 % reconoce cómo el avance en el conocimiento científico de diferentes ramas del saber contribuye a mejorar su día a día, al igual que la muestra del estudio de Oliver (2016), que admitió su importancia para comprender el funcionamiento de fenómenos y procesos químicos que ocurren en la naturaleza. El escenario con mayor índice de aplicabilidad (81 %) terminó siendo el de los medios de transporte. Sus respuestas se centran en la mejora de la eficacia y la seguridad, así como en la creación de vehículos menos contaminantes. Esto concuerda con la vinculación que Fernandes et al. (2018) establecen entre los problemas socioambientales y el impacto de la ciencia y la tecnología.

Otro aspecto importante es cómo perciben los límites que debe tener la ciencia en cada uno de los escenarios. La tabla 8 muestra ejemplos representativos. Resulta llamativo observar que los límites comentados por el alumnado se dirigieron, casi exclusivamente, a restricciones que deberían imponerse a la actividad científica. No consideraron, o al menos no lo expresaron en sus respuestas, los límites intrínsecos que tiene la ciencia como generadora de conocimiento; es decir, no observaron limitaciones en la capacidad de la ciencia o la tecnología para alcanzar o desarrollar un determinado logro. Esta ausencia de referencias parece un elemento de interés para futuras investigaciones y suscita un gran número de preguntas: hasta qué punto la ciencia y la tecnología son percibidas como todopoderosas, qué sensación produce en los individuos que la ciencia «sea omnipotente», por qué se tiene esta percepción, en qué estamos fallando para que se transmita una imagen tan poco realista, etc. Es importante que los alumnos reconozcan la relevancia que algunos límites intrínsecos a la ciencia pueden tener sobre decisiones políticas. Por ejemplo, los amplios rangos de incertidumbre en la predicción sobre el cambio climático hacen necesaria una buena comunicación entre los responsables dentro de la ciencia y de la política para dar argumentos sólidos sobre las causas y efectos del cambio climático (Moreno-Plata, 2019).

Tabla 8.
Ejemplos representativos de límites de la ciencia asociados a un escenario determinado

Límites	
Escenarios	*Ejemplos representativos*
Tecnología	«Los seres humanos debemos hacer un buen uso de estas nuevas tecnologías, ya que si se abusa de ellas nos puede dar una respuesta negativa hacia lo que buscamos»
Medio ambiente	«La ciencia tiene que avanzar, pero para tener un mundo no solo científico-tecnológico, sino también ecológico, con un correcto uso de los recursos naturales»
Salud	«Debemos plantearnos si la ciencia debe determinar o permitir aspectos sanitarios como la clonación animal o la posibilidad de obtener bebés a la carta»
Educación	«Mejorar los conocimientos educativos, pero siempre sin obviar los elementos perjudiciales que esta puede producir en la sociedad y no cumplir uno de los objetivos elementales de la ciencia que es el de progreso beneficioso»
Alimentación	«Se debe reflexionar sobre lo que nos comemos y hasta qué punto es aconsejable, por ejemplo, el consumo de alimentos transgénicos y hormonados y uso de conservantes»
Medios de transporte	«¿Puede la ciencia avanzar hasta el punto de establecer patinetes como vehículos y quedar estos por encima de lo saludable que es caminar? ¿No debería tenerse en cuenta la contaminación que se ha provocado debido a la accesibilidad de varios coches por familia?»
Acción publica	«La ciencia está presente en nuestras vidas en multitud de aspectos, pero, aun así, en ocasiones, su intervención no es todo lo adecuada que podría ser, como por ejemplo en asuntos políticos, con cuestiones opinables y tergiversables»
Medios de comunicación	«Estamos empeorando las relaciones interpersonales, en tanto que cada vez más se rigen a través de redes sociales o dispositivos móviles en vez de un cara a cara»

Es interesante observar que los límites de la ciencia que los alumnos han identificado en los ámbitos de su vida cotidiana son diversos y varían en función del escenario (tabla 9, coocurrencias entre las categorías de escenarios y límites, antes y después del debate). Se observa que el mayor índice de coocurrencia entre límites y escenarios en su respuesta inicial se estableció en tecnología y medios de transporte, con un 7 % en ambos casos. Destacamos que el escenario donde menos límites se ha considerado es en educación, con solo un 1 % de las respuestas. Una vez más, nos hace pensar que los alumnos no parecen considerar la ciencia en el ámbito de la educación.

Tabla 9.
Frecuencias de las coocurrencias entre las categorías de límites y de escenarios en la respuesta inicial y en la reflexión final

Coocurrencias	*Respuesta inicial*	*Reflexión final*
Límite-tecnología	7 %	19 %
Límite-medios de transporte	7 %	14 %
Límite-salud	5 %	19 %
Límite-medios de comunicación	5 %	17 %
Límite-medio ambiente	5 %	15 %
Límite-alimentación	4 %	13 %
Límite-ramas del saber	3 %	12 %
Límite-acción pública	2 %	25 %
Límite-educación	1 %	19 %

El debate produjo, de nuevo, un aumento estadísticamente significativo ($p < 0{,}01$) en los estudiantes que sugirieron límites para la ciencia. Esto nos lleva a considerar que la discusión ayudó a pensar más críticamente sobre los límites y las posibilidades de la ciencia en esos escenarios, y a tener una imagen más realista de su papel en la sociedad. Los dos aumentos más pronunciados se dan en educación y en acción pública, siendo este último escenario el que finalmente se percibe con más límites, con un 25 %.

El hecho de que en el ámbito de la educación el debate haya movilizado un mayor aumento de límites a la intervención científica, comparándolo con la categoría de finalidad (tabla 7), sugiere que los estudiantes centran sus reflexiones más en la necesidad de establecer fronteras para un uso responsable de la ciencia en este escenario que en el propósito en sí de la ciencia en la educación.

Salud y tecnología, junto a educación, estarían a la par, con un 19 % de las respuestas. La necesidad de marcar límites en el ámbito tecnológico queda también constatada en la parte de la sociedad que rechaza ciertas aplicaciones de la ciencia relacionadas con la industria armamentística y la energía nuclear (Solbes et al., 2007) o en la invasión de la privacidad por falta de seguridad cibernética (De la Rosa, 2021). En el caso de la salud, manifiestan los límites en distintas áreas, incluyendo la investigación médica, la práctica clínica en forma de dilemas éticos y la implementación de tecnologías.

CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido identificar los escenarios donde hay ciencia según los futuros maestros de educación primaria. Los más citados son salud, tecnología, medio ambiente y alimentación, lo cual coincide con los datos de la FECYT (2023), estando dichos escenarios vinculados directamente con su

rutina diaria. Esto nos hace pensar, en la misma línea que lo propuesto por Vílchez-González (2023) y por Guisasola y Morentin (2007), en la necesidad de trabajar en el aula una ciencia más contextualizada que sirva para identificar escenarios menos visibles, como la acción pública o los medios de comunicación. Mención especial requiere el escenario de la educación, puesto que la muestra son futuros maestros y, sin embargo, la mayoría no contemplan la existencia de la relación ciencia-educación. Parece deseable hacer conscientes a los maestros en formación de que la ciencia proporciona el conocimiento y las teorías que sustentan tanto las prácticas educativas como la toma de decisiones en el aula.

Se consideraron también para el análisis dos categorías que surgieron de forma espontánea: la finalidad y los límites. Los usos que atribuyeron a la ciencia fueron de carácter funcional, formativo, arbitral, divulgador e investigador. Algunos también mencionan la necesidad de poner límites a las intervenciones que hace la ciencia en determinados escenarios, por ejemplo, éticos, culturales o medioambientales, e incluso a posibles usos perversos de esta. Los alumnos perciben una ciencia que tiene objetivos y propósitos más allá de la mera acumulación de conocimiento, pero que debe tener restricciones. Sin embargo, parece que les resulta más complicado reconocer que la ciencia no puede abordar todos los problemas y desafíos. Ser conscientes de estos límites de capacidad les puede ayudar a ser más críticos al evaluar afirmaciones y conclusiones científicas, evitando así una visión idealizada de la ciencia.

Por otro lado, la actividad RDR ha permitido valorar cómo piensan los alumnos que la ciencia debe intervenir en su vida cotidiana, movilizando durante el debate opiniones, argumentaciones y cuestionamientos de ideas. Esto coincide con Oliveira y Sadler (2008) cuando concluyen que opiniones construidas de forma colaborativa están mejor fundamentadas y, por tanto, permiten la construcción de conocimiento. En nuestro caso, se ha observado un aumento estadísticamente significativo tanto del número de respuestas en los escenarios, las finalidades y los límites mencionados, como de las consideraciones epistemológicas sobre finalidades y límites de la ciencia al terminar la actividad. Los estudiantes tuvieron un espacio para el intercambio de ideas y la confrontación de perspectivas, lo que ayudó no solo a la compresión sobre el alcance de la ciencia en múltiples escenarios, sino también a la reflexión sobre sus finalidades y límites, conocimientos que emergen como componentes esenciales del CDC (Shulman, 1986) en la enseñanza de las ciencias y su naturaleza. De este modo, los futuros educadores podrán proporcionar una formación más significativa y relevante, vinculando los conceptos científicos con las problemáticas del mundo real y fomentando una cultura científica crítica y ética en el aula que empodere a sus estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo contemporáneo con una mentalidad informada y comprometida.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos:

- Artificial Intelligence to Identify Emotions and Behaviours in Teaching and Learning Processes in Sciences, PR3/23-30815, financiado por la Universidad Complutense de Madrid.
- Identificación de Contextos Científicos en la Sociedad. Herramientas para Docentes y Ciudadanos, RTI2018-094303-A-I00. Convocatoria 2018 (2019-22) de proyectos I+D+i «RETOS INVESTIGACIÓN» del programa estatal de I+D+i orientada a los retos de la sociedad.

REFERENCIAS

Acevedo, J. A. (1998). Tres criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. En E. Banet y A. de Pro (Eds.), *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 7-16). DM.

Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *2*(3), 353-376.

Acevedo, J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *3*(2), 198-219.

Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, *38*, 67-90.

Albornoz, M. (2014). Cultura Científica para los Ciudadanos y Cultura Ciudadana para los Científicos. *Revista Luciérnaga-Comunicación*, *6*(11), 71-77.

Almada, C. y Regina, S. (2020). Alfabetización científica y cambios en los procesos de formación. Profesores de ciencias en la Educación Básica. En C. Naval, A. Bernal, G. Jover Roig, J. L. Fuentes, y A. R. Tudela-Cárdenas (Eds.), *Una acción educativa pensada: Reflexiones desde la filosofía de la educación* (pp. 22-30). Dykinson.

Álvarez, C. (2010). El diálogo en el aula para la educación de la ciudadanía. *Investigación en la Escuela*, *71*, 51-62.

Aznar, V. y Puig, B. (2016). Concepciones y modelos del profesorado de primaria en formación acerca de la tuberculosis. *Enseñanza de las Ciencias*, *34*(1), 33-52.

Bayo, I., Menéndez, O., Fuertes, J., Milán, M. y Mecha, R. (2019). *La comunidad científica ante las redes sociales*. Universidad Complutense.

Bayo, F., Mecha, R. y Milán, M. (2018). *La comunidad científica ante los medios de comunicación. Guía de actuación para la divulgación de la ciencia*. Universidad Complutense.

Benoit, C. G. (2020). La formulación de preguntas como estrategia didáctica para motivar la reflexión en el aula. *Cuadernos de Investigación Educativa*, *11*(2), 2020, 95-115. https://doi.org/10.18861/cied.2020.11.2.2994

Cebrián-Robles, D. (2019). Identificación de noticias falsas sobre ciencia y tecnología por estudiantes del grado de Primaria. Pixel-Bit. *Revista de Medios y Educación*, *55*, 23-36. https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i55.02

Cebrián-Robles, D., España-Ramos, E. y Reis, P. (2021). Introducing preservice primary teachers to socioscientific activism through the analysis and discussion of videos. *International journal of science education*, *43*(15), 2457-2478.

Cobo-Huesa, C., Abril, A. M. y Ariza, M. R. (2022) Conocimiento didáctico del contenido sobre naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico en la formación inicial de profesorado de Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *19*(3), 3602. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3602

Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE). (2011). *Informe ENCIENDE. Enseñanza de las ciencias en la didáctica escolar para edades tempranas en España*. Rubes Ed.

Crujeiras-Pérez, 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

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. http://dx.doi.org/10.36681/tused.2023.022

Delors, J., Al Mufti, I., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., Gorham, W., Kornhauser, A., Manley, M., Padrón-Quero, M., Savané, M-A., Singh, K., Stavenhagen, R., Suhr M-W. y Nanzhao, Z. (1996). *Learning: The Treasure Within. Report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-First Century*. Unesco.

Díaz Moreno, N. y Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *9*(1), 54-70.

Díaz Moreno, N. C. (2014). Determinación de una controversia sociocientífica a nivel local: el caso del agua como recurso natural en prensa. *Enseñanza de las Ciencias*, *32*(3), 697-698 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1417

Domènech-Casal, J. (2018). Comprender, Decidir y Actuar: una propuesta de marco para la Competencia Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *15*(1), 1105. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1105

Dòmenech-Casal, J. (2022). Reflexiones y orientaciones para el despliegue del nuevo currículo de ciencias en la ESO. *Ciènces*, *45*, 55-72. https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.468

Erduran, S. y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories*. Springer.

España, E., Blanco, A. y Rueda J. (2013). Identificación de problemas de la vida diaria como contextos para el desarrollo de la competencia científica. En P. Membiela, N. Casado y M. I. Cebreiros (Eds.), *Experiencias de investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* (pp.169-173). Educación Editora.

European Commission, EC, High Level Group on Science Education. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission.

Ezquerra, A. (2012). Midiendo la realidad a través de la imagen. Una propuesta de enseñanza apoyada en la gramática visual. *Alambique*, *71*, 7-21

Ezquerra, A. y Magaña, M. (2017). Identificación de contextos tecnocientíficos en el entorno del ciudadano: estudio de caso. *Enseñanza de las ciencias*, *(Extra)*, 645-650.

Ezquerra, A., Fernández-Carro, R., Vílchez, J. E, Vílchez, J. M. (2022). Aprendiendo a buscar ciencia en la sociedad. Recursos didácticos para el profesorado. Pirámide.

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT. (2006). *Indicadores del Sistema español de Ciencia y Tecnología 2006*. Ministerio de Educación y Ciencia, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. FECYT. (2023). *Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2022*. Ministerio de Ciencia e Innovación, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Fernandes I. M., Pires D. y Delgado-Iglesias J. (2018). ¿Qué mejoras se han alcanzado respecto a la Educación Científica desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente en el nuevo Currículo Oficial de la LOMCE de 5º y 6º curso de Primaria en España? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *15*(1), 1101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1101

Fernández-Carro, R., Vílchez, J. E., Vílchez-González, J. M. y Ezquerra, A. (2022). Multivariate Analysis of Beliefs in Pseudoscience and Superstitions Among Pre-service Teachers in Spain. *Science & Education*, *32*, 909-925. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00354-y

García Fernández, B., Paños, E. y Ruiz-Gallardo, J. R. (2022). Alfabetización científica, C-T-S-A y pensamiento crítico. Conceptualización y aplicaciones en el ámbito educativo. *Ápice. Revista de Educación Científica*, *6*(2).
https://doi.org/10.17979/arec.2022.6.2.9046

Garelli, F., Zucchi, M., Mordeglia, C. y Dumrauf, A. (2017). Representaciones sociales sobre dengue en docentes de Argentina en dos contextos epidemiológicos: aportes para la formación docente. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *14*(2), 458-472.

Grande, A., Martínez-Salanova, J., Martínez, J. F. y Balbuena, L. (2016). Ciencia y Medios de comunicación. *Aularia: Revista Digital de Comunicación*, *5*(2) 53-64.

Guisasola, J. y Morentin, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *6*(2), 246-262.

Gutiérrez, P. y Castro, M. (2018). El aprendizaje entre iguales como metodología de trabajo para la inclusión educativa. Experiencia docente en una escuela de Extremadura. *Revista de Investigación en Educación*, *16*(1), 78-92.

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

Hodson, D. (2011). *Looking to the future*. Springer Science & Business Media.

Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, *36*(15), 2534-2553.
https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722

Jenkins, E. (1997). Scientific and technological literacy for citizenship: what can we learn from research and other evidence? En S. Sjoberg y E. Kallerud (Eds.), *Science, Technology and Citizenship*. Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education.

Klosterman, M. L. y Sadler, T. D. (2010). Multi-level assessment of scientific content knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction. *International Journal of Science Education*, *32*(8), 1017-1043.

Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press.

Maguregi, G., Uskola, A. y Burgoa, B. (2017). Modelización, argumentación y transferencia de conocimiento sobre el sistema inmunológico a partir de una controversia sobre vacunación en futuros docentes. *Enseñanza de las Ciencias*, *35*(2), 29-50.

Manassero-Mas, M. A. y Vázquez-Alonso, A. (2019) Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *16*(3), 3104.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3104

Membiela, P. (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Narcea.

Moreno-Plata, M. (2019). La ciencia y la política pública: reflexiones sobre los riesgos de la pseudociencia en la nueva Era del cambio climático. *Boletín Científico Sapiens Research*, *9*(2), 41-51.

Oliveira, A. W. y Sadler, T. D. (2008). Interactive Patterns and Conceptual Convergence During Student Collaborations in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(5), 634-658.

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

Pérez Marcos, M. (2013). Los límites de la ciencia. *Estudios filosóficos*, *62*(181), 569-574.

Pro, A. (2012). Los ciudadanos necesitan conocimientos de ciencias para dar respuestas a los problemas de su contexto. En E. Pedrinaci (Coord.), *11 Ideas clave: El desarrollo de la competencia científica* (pp. 83-104). Graó.

Reis, P. y Galvão, C. (2004). Socio-scientific controversies and students' conceptions about scientists. *International Journal of Science Education*, *26*(13), 1621-1633.

Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*, 513-536.
http://dx.doi.org/10.1002/tea.20009

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.2004

Sánchez, M. D. y Macías, A. P. (2019). El papel de la comunicación pública de la ciencia sobre la cultura científica: acercamientos a su evaluación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *16*(1), 3-13.
https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2019.v16.i1.1103

Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, *21*, 91-117.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4-14.
https://doi.org/10.2307/1175860

Sadler, T. D., Chambers, W. F. y Zeidler, D. (2004) Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, *26*(4), 387-409.
https://doi.org/10.1080/0950069032000119456

Tytler, R. y Osborne, J. (2012). Student Attitudes and Aspirations Towards Science. En B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 597-625). Springer.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Unesco. (1999). *Declaration on science and the use of scientific knowledge*. Adopted by the World Conference on Science, 1 July 1999. Budapest, Hungary.

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.

Vázquez-Alonso, A. y Manassero, M. (2019). La educación de ciencias en contexto: Aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, *46*, 15-37.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2009). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, *27*(1), 33-48.

Vilches, A. y Gil-Pérez, D. (2007). La necesaria renovación de la formación del profesorado para una educación científica de calidad. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (22), 67-85.
https://doi.org/10.17227/ted.num22-379

Vilches, A. y Gil-Pérez, D. (2013). Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. Necesidad de una mayor vinculación. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (34), 15-27.

Vílchez, J. M., Fernández-Carro, J. R., López-Luengo, M. A., Ruiz-Pastrana, M., Ceballos, M., Pérez-Bueno, B., Reina, M., Beneitez, A. E., de la Fuente, A., Fernandez-Sanchez, B., Bárcena, A. I., López-García-Gallo, P., Ezquerra, A., (2021). *Aprendiendo a buscar ciencia en la sociedad. Diseño, estructura e implementación de un curso formativo para futuros docentes. 29 Encuentros de Didáctica de las CC. Experimentales*. Universidad de Córdoba y APICE.

Zeidler, D. L. y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*, *21*(2), 49-58.

Reflections of Future Teachers on Where Science Should Intervene in their Daily Lives

Marta Reina, Beatriz Pérez-Bueno, Marta Ceballos
Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola CEU, Departamento de Ciencias Experimentales. Sevilla, España.
mreina@ceu.es, bperez@ceu.es, mceballos@ceu.es
https://orcid.org/0000-0001-7419-3544, https://orcid.org/0000-0002-9211-9679, https://orcid.org/0000-0001-5911-3227

Ángel Ezquerra
Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Facultad de Educación. CFP
angelezq@ucm.es
https://orcid.org/0000-0002-5736-9867

Citizens usually find it difficult to identify the scientific knowledge they should have and how to apply it in their daily lives (UNESCO, 1999; EU, 2007, COSCE, 2011). As citizens, trainee teachers may have the same difficulties. Thus, two levels of interaction come into play: teachers as citizens and teachers as agents of change in the social perception of science. Having both visions into account is crucial to formulate pedagogical proposals which aim to promote scientific literacy in future citizens. But in order to contextualise learning, it is necessary to know in which way science is present in different everyday contexts. Therefore, the objective of this study is to identify the aspects of daily life where teachers in training recognise the presence of science and to value how they think that it should intervene.

To achieve this goal, an exploratory and descriptive study was carried out together with a statistical analysis. It focuses on Primary Education degree students and is part of a wider work on the identification of scientific contexts by future teachers (Vílchez et al., 2021; Ezquerra et al., 2022). In this study we focus on the answers provided to the question: *In which aspects of citizens' daily lives should science intervene?*

The trainee teachers' view on this question was recorded in the course of a one-hour session through a reply-debate-reflection (RDR) activity, a well-structured procedure both in format and duration. The activity was carried out in the school year 2020-2021 by 250 Primary Education degree students (191 women and 59 men) from four Spanish university centres.

An analysis of the answers was carried out with the aid of Atlas.ti software. The comparison between the frequency data obtained in the reply and reflection phases allowed the assessment of the effect of the debate stage. The statistical significance in the change in the distribution of proportions was analyzed with the SPSS program using the McNemar test with a confidence level of 95 %.

This study has made it possible to identify the *contexts* where future primary teachers think there is science. The most frequently mentioned ones were health (91 %), technology (68 %), environment (62 %) and nourishment (54 %), these sceneries being directly related to their daily routine and the data coinciding with those of FECYT (2023). Two new categories emerging spontaneously in students' answers were also analysed: *purpose* (74 %) and *limits* (20 %).

On the other hand, the RDR activity has made it possible to assess how students think that science should intervene in their daily lives. The debate phase stimulated the exchange of opinions and arguments and the questioning of ideas. In our case, a statistically significant increase has been observed, both in the number of contexts and in the purposes and limits mentioned. Students had the opportunity to exchange ideas and discuss perspectives, which helped them understand the scope of science in multiple contexts and reflect on its purposes and limits, whose knowledge emerged as an essential component of PCK (Shulman, 1986) in the didactics of science and its nature. In this way, future teachers will be provided with a more significant, relevant training, connecting scientific concepts to real world problems and promoting a critical and ethical scientific culture in the classroom that empowers their future students to face the challenges of the contemporary world with an informed and committed mindset.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 115-138
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6029
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Interdisciplinariedad en educación secundaria: un recorrido de estudio e investigación

Interdisciplinarity in Secondary School Education: a Study and Research path

Susana Vásquez, Berta Barquero, Marianna Bosch
Facultad de Educación, Universitat de Barcelona, Barcelona
susanavasquez@ub.edu, bbarquero@ub.edu, marianna.bosch@ub.edu

RESUMEN • Partimos de la hipótesis de que la separación entre disciplinas dificulta la enseñanza basada en la indagación y que generar entornos interdisciplinarios la facilita cuando los contenidos disciplinares se ponen al servicio del estudio de cuestiones, superando las limitaciones de la organización escolar por materias. Estudiamos esta conjetura a través de la propuesta de recorridos de estudio e investigación (REI), según la teoría antropológica de lo didáctico. Presentamos un REI sobre la evolución de la COVID-19 implementado durante dos años consecutivos en 4.º curso de la educación secundaria española (15-16 años), en un trabajo conjunto entre las asignaturas de Matemáticas, Tecnología, Biología y Comunicación. Los resultados muestran que el entorno interdisciplinar promueve dinámicas de indagación, pero que para que sea sostenible es crucial preservar espacios de trabajo disciplinar.

PALABRAS CLAVE: Interdisciplinariedad; Modelización; Recorridos de estudio e investigación; Educación secundaria; Pandemia.

ABSTRACT • We start from the hypothesis that the school separation between disciplines hinders inquiry-based teaching. Creating interdisciplinary environments facilitates this approach when disciplinary content is utilized in the study of problematic issues, surpassing the limitations of school organization by subjects. We investigate this conjecture through the proposal of study and research paths (SRP) taking into consideration the Anthropological Theory of the Didactic. We present an SRP on the evolution of COVID-19 implemented over two consecutive years in the 4th year of Spanish secondary school education, through collaborative work between the subjects of Mathematics, Technology, Biology, and Communication. The results indicate that the interdisciplinary environment fosters inquiry dynamics, but for it to be sustainable, it is crucial to preserve spaces for disciplinary work.

KEYWORDS: Interdisciplinarity; Modelling; Study and research paths; Secondary school; Pandemics.

Recepción: agosto 2023 • Aceptación: junio 2024 • Publicación: noviembre 2024

Vásquez, S., Barquero, B. y Bosch, M. (2024). Interdisciplinariedad en educación secundaria: un recorrido de estudio e investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, *42*(3), 115-138
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6029

INTRODUCCIÓN

La enseñanza secundaria actual estructura los contenidos curriculares en materias que corresponden a diferentes disciplinas académicas. La última reforma educativa en España (Jefatura del Estado, 2020) permite a los centros agrupar materias en «ámbitos» y «establecer organizaciones didácticas que impliquen impartir conjuntamente diferentes materias de un mismo ámbito» (Jefatura del Estado, 2020, p. 122891). Esta medida ha generado debate, con defensores que argumentan que esto puede empobrecer el estudio de las disciplinas y detractores que sostienen que la separación entre materias limita el estudio de cuestiones socialmente relevantes. Como ejemplo local, el programa STEAMCat[1] se define como un enfoque global y transversal que utiliza situaciones problemáticas contextualizadas para trabajar ciencias, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas. Movimientos internacionales como STEM buscan hacer evolucionar la estructura disciplinar de los currículos hacia un modelo educativo interdisciplinario que contribuya a dar mayor visibilidad al mundo de la tecnología y de la ingeniería en la escuela (Sanders, 2009; Michelsen y Sriraman, 2009). Estas propuestas han sido criticadas, entre otras cuestiones, por su falta de integración curricular (Toma y García-Carmona, 2021), aunque se reconoce una necesidad de establecer relaciones y contenidos para dotarlas de utilidad y relevancia para el alumnado.

Estudios en países como Canadá (Hasni et al., 2015), Dinamarca (Rasmussen, 2016) o Brasil (Fidalgo-Neto et al., 2014) han abordado también los retos que surgen cuando se promueven propuestas interdisciplinares. Estos estudios coinciden en que la falta de apoyo y competencia docente obstaculiza el desarrollo de enfoques interdisciplinarios y que la interdisciplinariedad conseguida es superficial, sin lograr la integración efectiva de las materias para resolver problemas complejos. Algunos autores han dedicado esfuerzos para favorecer y guiar la aplicación de propuestas interdisciplinares (Lenoir y Hasni, 2016), en concreto, en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (Broggy et al., 2017). En la enseñanza de las matemáticas, English y colaboradores ponen de manifiesto el potencial de las propuestas interdisciplinares para el estudio de problemas de modelización realistas (English y Watters, 2005; English, 2008 y 2009).

Para superar las limitaciones que puede suponer el encorsetamiento disciplinar, desde la teoría antropológica de lo didáctico (TAD; Chevallard, 2013) se propone un tipo de dispositivo didáctico denominado «recorrido de estudio e investigación» (REI) como medida para avanzar hacia un cambio de paradigma pedagógico –el paradigma del cuestionamiento del mundo– que permita poner el estudio de cuestiones en el centro de los procesos de enseñanza escolares, y para abordarlas desde una perspectiva abierta, «no disciplinar». Esto no implica abandonar las disciplinas o los saberes disciplinares, sino supeditar su estudio a la necesidad de aportar respuestas a las cuestiones que se aborden. La TAD está desarrollando una línea de investigación centrada en el estudio de las condiciones necesarias para la transición hacia este nuevo paradigma, así como las restricciones que aparecen en distintos niveles de codeterminación didáctica (Chevallard, 2002) (disciplinares, pedagógicos, escolares, sociales); restricciones que dificultan la transición hacia el paradigma del cuestionamiento del mundo. Estas investigaciones se están desarrollando desde hace años, especialmente por investigadores de Argentina, Dinamarca, España, Francia y Japón, tanto en el ámbito de la enseñanza universitaria y la formación del profesorado como en la educación secundaria (véase, por ejemplo, Barquero et al., 2021; Bosch et al., 2020; Parra y Otero, 2018). Nuestro trabajo se inscribe en esta línea, como desarrollaremos más adelante.

Como afirma Rasmussen (2016), un paradigma donde lo importante son las cuestiones nos obliga a pensar en que las preguntas de importancia social rara vez pueden ser abordadas desde una única

1. https://projectes.xtec.cat/steamcat/

disciplina, por lo que los REI podrían ser especialmente atractivos en estos contextos. Hasta la fecha, y salvo algunas excepciones (Gazzola et al., 2021; Jessen, 2014; Sala et al., 2020), la mayoría de las investigaciones sobre los REI se han circunscrito al diseño e implementación de propuestas dentro de una única disciplina (Barquero et al., 2021; Bosch, 2018). Esto no significa que la cuestión abordada y las herramientas utilizadas sean monodisciplinares, pero el marco de realización era una asignatura concreta con un o una docente especialista en la materia asociada. La opción de organizar un REI entre distintas disciplinas ha sido poco estudiada.

El nuevo currículum español (LOMLOE, 2020) destaca un aprendizaje competencial y funcional, enfocado en la utilidad en contextos reales. Se introducen las *situaciones de aprendizaje*, que plantean problemas o preguntas en contextos reales. Este nuevo planteamiento representa un escenario favorable tanto para la interdisciplinariedad como para el cambio de paradigma, pero su falta de concreción desorienta a los docentes y genera diversas demandas (Domènech-Casal, 2022).

La pandemia de la COVID-19 creó un cambio cultural importante en la relación de nuestras sociedades con las distintas disciplinas y con la investigación y su difusión (Maass et al., 2022; Saltelli et al., 2020). Por un lado, se puso de manifiesto la importancia de la investigación biológica, epidemiológica, médica, económica y social para abordar, en tiempo real, un problema socialmente relevante que afectaba a toda la humanidad. Por otro lado, quedó claro que las respuestas a los problemas de la pandemia requerían más que nunca la colaboración entre expertos de distintas disciplinas, y se evidenció la pertinencia de las matemáticas como herramienta de modelización para abordar problemas de la vida real.

El estudio de Cunningham et al. (2021) aporta pruebas empíricas del aumento de la multidisciplinariedad y la colaboración en la investigación sobre COVID-19, lo que sugiere que la pandemia ha facilitado una mayor integración entre los distintos campos científicos.

La propia problemática de la COVID-19 ha generado algunas propuestas didácticas en los diferentes niveles educativos, aunque mayoritariamente en un entorno monodisciplinar (Elsner et al., 2023; Ledder, 2021; Trelles-Zambrano, 2022; Sawada, 2022). Estos desarrollos se alinean con el creciente énfasis en la modelización matemática dentro de los estándares curriculares internacionales de estas últimas décadas, respondiendo así a la demanda de integrar la modelización matemática en diversas disciplinas (Blum y Niss, 1991; Blum et al., 2007; Cai et al., 2014; Houston, 2009).

Nuestra investigación se propone identificar si propuestas como los REI, que promueven el cuestionamiento, también favorecen el trabajo interdisciplinar. De la misma manera, investigaremos si las dinámicas que separan y asignan tareas o cuestiones a las diferentes disciplinas potencian más el cuestionamiento y, por lo tanto, también la interdisciplinariedad. Formulamos, en consecuencia, dos cuestiones de investigación:

C1: ¿Cómo intervienen las disciplinas en la dinámica de la indagación en un REI y cómo se genera la interdisciplinariedad?

C2: ¿Qué condiciones facilitan y qué restricciones limitan el trabajo interdisciplinar en un REI?

MARCO TEÓRICO

El marco teórico en el que nos situamos es la teoría antropológica de lo didáctico (TAD, Chevallard, 2013; Chevallard y Bosch, 2020), que distingue dos paradigmas pedagógicos, uno dominante y otro en construcción. La estructuración del currículum escolar en distintas disciplinas (llámense áreas, materias o asignaturas) forma parte del paradigma en el que se sitúan los sistemas educativos actuales y que Chevallard (2013) caracteriza como la *visita de las obras*. En este paradigma los objetivos de la enseñanza se definen como un conjunto de contenidos o saberes que los alumnos deben conocer –o, por lo menos, haber encontrado o «visitado»– y que los docentes tienen la responsabilidad de enseñar. Este

autor propone considerar el contraparadigma emergente del *cuestionamiento del mundo* para situarse fuera del paradigma dominante y considerar nuevas opciones para la enseñanza.

La TAD toma como principal objeto de estudio las condiciones y restricciones que facilitan o limitan la difusión de conocimientos en la sociedad y, en particular, en las instituciones escolares. Se basa en una concepción del conocimiento (o de los saberes) como resultado de una construcción institucional vinculada a los procesos de indagación y estudio de cuestiones problemáticas. En este sentido, la TAD aborda la problemática didáctica desde una perspectiva antropológica, sin distinguir inicialmente las matemáticas de las demás disciplinas. Los procesos de indagación se estructuran en forma de *recorridos de estudio e investigación* (REI) cuyo objetivo es dar respuesta a una *cuestión generatriz* que se plantea un grupo o una comunidad de estudio (por ejemplo, un grupo clase), y para la cual no se dispone generalmente de una respuesta previamente elaborada. El papel del docente es ayudar y guiar al grupo clase en la elaboración de dicha respuesta, que requiere de un proceso de indagación relativamente largo. La indagación provoca que el alumnado plantee cuestiones derivadas de la inicial, busquen información relevante, estudien nuevos contenidos y se apropien de las herramientas y saberes necesarios para elaborar una respuesta final a la cuestión abordada (Bosch et al., 2020).

La cuestión generatriz de un REI puede surgir en el marco de una única disciplina o materia. Pero, en general, si se consideran cuestiones socialmente relevantes y «vivas» para el alumnado, estas suelen formularse en un contexto multidisciplinar o adisciplinar y, además, suelen requerir el recurso a varios ámbitos del saber (Jessen, 2014).

No se trata de asumir la interdisciplinariedad como un objetivo de enseñanza. Esto nos situaría en una posición cercana al paradigma de la visita de las obras con la aparición de una nueva obra llamada «interdisciplinariedad», tal y como también ponen de manifiesto Toma y García-Carmona (2021) con su análisis crítico de la tendencia STEM.

La mayoría de las investigaciones didácticas sobre interdisciplinariedad suelen abordarla, aunque sea de forma implícita, desde una posición de cuestionamiento, ya sea a partir de un reto (Ortega-Torres y Moncholí, 2021) o de un proyecto (Domènech-Casal et al., 2019). La reciente revisión de Tonnetti y Lentillon-Kaestner (2023) lo confirma, identificando una diversidad de obstáculos que dificultan la implementación de propuestas interdisciplinares. Este estudio revela que los estudiantes pueden experimentar brechas disciplinarias, aprendizaje confuso, dificultades para manejar la globalidad de la información recibida o conflictos debido a la cooperación requerida. Para los profesores, la identidad profesional disciplinaria también puede ser un obstáculo para cambiar su rol de docentes a «guías de la indagación». Otros obstáculos incluyen la falta de capacitación interdisciplinaria y de documentos de referencia, la dificultad para evaluar habilidades y conocimientos generales y la falta de apoyo institucional.

La distinción entre multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad ha sido discutida por distintos autores. Klein (1990) distingue la simple yuxtaposición de disciplinas sin integración alguna (*multi*disciplinariedad) de cuando se produce «una síntesis de dos o más disciplinas que establece un nuevo nivel de discurso y de integración de conocimiento» (*inter*disciplinariedad), y del enfoque «holístico que subordina las disciplinas, mirando las dinámicas del sistema completo» (*trans*-disciplinariedad) (Choi y Pak, 2006, p. 355, traducción propia). Palmer (1999) también caracteriza la investigación interdisciplinar como un equilibrio entre un conocimiento especializado básico y la creación de nuevo conocimiento.

En nuestra investigación, adoptamos la distinción entre distintos niveles de interacción o diálogo entre disciplinas, cuando estas se utilizan para abordar cuestiones problemáticas. Entendemos la *multi*disciplinariedad cuando distintas disciplinas abordan una cuestión de forma independiente, generando muchas veces cuestiones derivadas independientes, cada una vinculada a un marco disciplinar. La *inter*disciplinariedad surge cuando una misma cuestión permite una aproximación desde distintas

disciplinas y con ello la generación de conocimiento conjunto, de repuestas que no se hubieran podido obtener dentro del marco disciplinar. Por último, la *trans*disciplinariedad aparece cuando las cuestiones abordadas necesitan obligatoriamente del trabajo conjunto entre disciplinas, cuestionando así las fronteras que a menudo, y más acusadamente en el ámbito escolar, se establecen entre ellas. Es importante señalar aquí que la delimitación de las disciplinas tiene un componente histórico institucional y debe interpretarse en una dinámica continua de evolución y transformación constante, junto a la creación de nuevas áreas, especialidades y, finalmente, disciplinas o ciencias nuevas.

METODOLOGÍA

Nuestra investigación sigue la metodología de investigación llamada «ingeniería didáctica», como la describe Artigue (1988 y 2014) y se adaptó posteriormente en Barquero y Bosch (2015) y García et al. (2019). Estos autores la estructuran en cuatro fases de análisis: preliminar, *a priori*, *in vivo* y *a posteriori*.

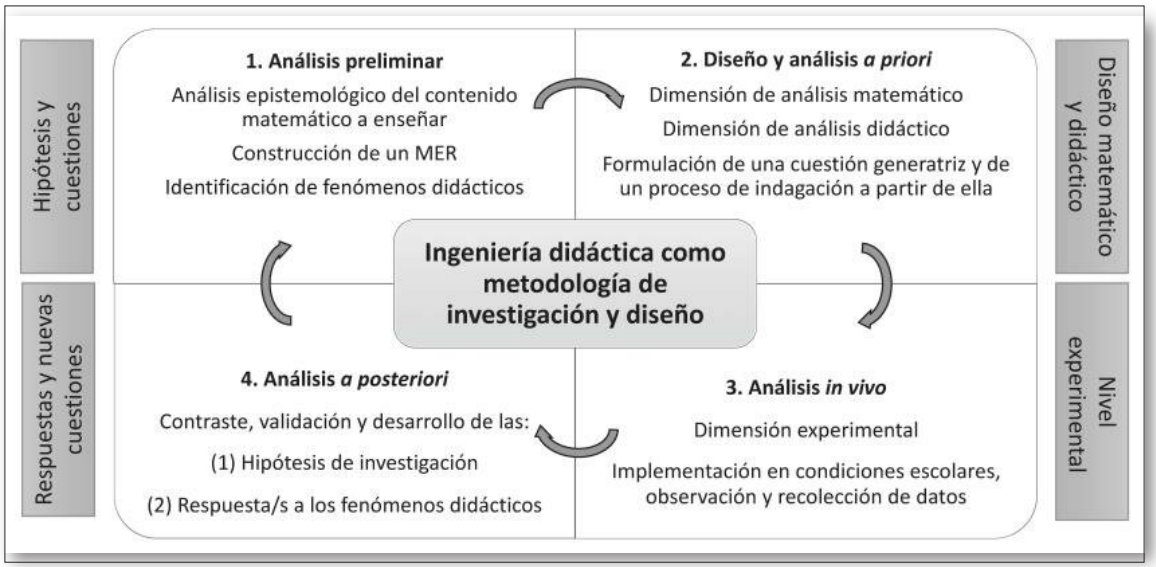


Fig. 1. Ciclos de la ingeniería didáctica (García et al., 2019).

El diseño de los REI presentados sigue un doble ciclo del proceso de ingeniería didáctica. Tras los resultados del primer ciclo (REI1), se realizaron ajustes en el diseño del segundo (REI2) para abordar las restricciones identificadas. También se puede considerar, dentro de la lógica del proceso de ingeniería didáctica, que el REI1 es un estudio piloto que se integra en la fase del análisis preliminar del REI2. Para evitar repeticiones, se describe primero el diseño e implementación del REI1 siguiendo las cuatro fases del proceso de ingeniería, y posteriormente se indican los cambios realizados para el diseño del REI2, diferenciando los contextos escolar, pedagógico y didáctico.

El *análisis preliminar* considera los fenómenos didácticos que se sitúan en el origen de la investigación. En nuestro caso, refiere a las cuestiones de investigación que hemos presentado anteriormente, relativas a las limitaciones de la enseñanza por materias arraigadas en el paradigma de la visita de las obras y la potencialidad de los REI para superar dichas limitaciones y generar interdisciplinariedad. De forma más genérica, el análisis preliminar aborda la relación entre el paradigma del cuestionamiento del mundo y la interdisciplinariedad.

El análisis *a priori* del REI1 incluye su diseño a partir de un análisis del potencial generador de la cuestión que lo origina (cuestión generatriz), asegurando su «estudiabilidad» y pertinencia. Esto requiere la identificación de posibles cuestiones derivadas que los alumnos probablemente plantearán y estudiarán, así como la organización didáctica y la generación de medios para su gestión. Durante la implementación, se realiza un análisis *in vivo* a cargo del equipo de docentes e investigadores, basado en los diarios y producciones de los alumnos, así como en el diario compartido por los docentes. Este análisis permite reflexionar sobre el proceso vivido y determinar los pasos por seguir a partir de los resultados que se van obteniendo. Una herramienta clave es el *mapa de cuestiones y respuestas* (mapa CR, en adelante), que recoge las cuestiones que van apareciendo, tanto las que se abordan como las que se decide descartar, marcando así el avance de la indagación (Winsløw et al., 2013). Dicho mapa permite la clasificación de las cuestiones en categorías disciplinares y generales, aunque esta clasificación es más propia de la etapa final de la ingeniería, el análisis *a posteriori*. En esta etapa, realizada al finalizar el REI, se identifican aspectos interdisciplinarios, analizando trayectorias de estudio e investigación de los estudiantes y categorizando las preguntas que aparecen en los mapas CR, los modelos utilizados y las respuestas generadas.

Las categorías para clasificar las cuestiones emergen del análisis inicial de las producciones estudiantiles, realizado por la primera autora y validado posteriormente por el resto de las autoras mediante un proceso de triangulación. Inicialmente, se utilizaron dos categorías de cuestiones: genéricas y disciplinares. Las genéricas corresponden a preguntas relacionadas con los objetivos generales del estudio, la organización y los cambios en el contrato didáctico. Dentro de las disciplinares, se distinguieron subcategorías. Para el caso de las matemáticas, se distingue entre cuestiones relativas a la recopilación de datos, las técnicas de análisis de los datos y la creación, uso y validación de modelos. El resto de las disciplinas solamente se consiguió organizarlas por temáticas y relacionarlas entre ellas. La clasificación reveló el carácter multidisciplinar o interdisciplinar de los procesos seguidos, identificando disciplinas asociadas a las cuestiones y sus posibles interacciones.

El análisis *a posteriori* también incluyó encuestas de valoración, donde se solicitó a los estudiantes que identificaran tres aspectos aprendidos y tres habilidades adquiridas. La pregunta buscaba destacar *conocimientos significativos* desde la perspectiva del estudiante y evaluar posibles variaciones según la asignatura optativa. Se esperaba que, por ejemplo, los estudiantes de biología resaltaran más aquellos aspectos relacionados con la biología del virus, los de tecnología sobre las simulaciones y los de expresión plurilingüe sobre la redacción de artículos. De ser así, el objetivo de conseguir la interdisciplinariedad no estaría cumplido, al no reconocerse un espacio de cuestiones compartidas. Con estos datos realizamos un análisis temático generando categorías organizadas por disciplinas y la disciplina optativa del estudiante.

Los resultados de este análisis guiaron el segundo ciclo de ingeniería didáctica. En el análisis *a priori* del REI2, se ajustó el diseño para abordar las restricciones observadas en el ciclo anterior. Se repitió la dinámica en los análisis *in vivo* y *a posteriori*, utilizando herramientas similares al ciclo previo y cuyo uso concluyó en un análisis comparativo para detectar posibles diferencias significativas entre las dos experimentaciones.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PRIMER REI MULTIDISCIPLINAR SOBRE LA COVID-19 Y CONSECUENCIAS DE SU REDISEÑO

A continuación, describimos el diseño del REI1, algunos de los resultados del análisis *a posteriori* de este primer ciclo y las modificaciones consecuentes que se realizaron para el REI2. El lector verá que en el apartado de resultados daremos respuesta a si dichos cambios resultaron efectivos para el objetivo marcado, teniendo siempre en consideración que el fenómeno didáctico que se quiere estudiar es el de

la superación del encierro disciplinar, para facilitar la resolución de la cuestión problemática con una mirada interdisciplinar.

Contexto escolar

Ambas experiencias se realizaron en el 4.º curso de la Educación Secundaria Obligatoria en España, con 59 alumnos del mismo centro, repartidos en dos grupos, en dos años consecutivos (2021/22 y 2022/23). La organización del centro establece que la asignatura Matemáticas es obligatoria y cada estudiante elige entre Biología, Expresión Plurilingüe o Tecnología como asignatura optativa. Los profesores de Matemáticas y el de Biología se mantuvieron constantes en ambas implementaciones, mientras que los de Tecnología y Expresión cambiaron. En ambas, los estudiantes tenían un ordenador personal y acceso a internet con diversas herramientas: hojas de cálculo y presentaciones, procesadores de textos, etc.

Infraestructura pedagógica

Debido a restricciones en el calendario escolar, el REI1 fue más corto de lo deseado (8 días, con 14 sesiones). Se realizó durante el tercer trimestre, momento del curso marcado por limitaciones del calendario. En el cuestionario final del REI1 (figura 8), los estudiantes indicaron las dificultades generadas por el nivel de trabajo requerido. Por esta razón, en el REI2 se estableció un calendario más flexible y adaptativo, extendiendo su duración a 14 días con 24 sesiones.

En cuanto a la organización de los equipos de trabajo, en el REI1 se mezclaban estudiantes de todas las optativas (grupos multidisciplinares). Todos los equipos se organizaron repartiendo tareas por disciplinas. Si bien esto facilitó el trabajo colaborativo, se evidenció una limitación en la efectiva interdisciplinariedad, ya que la especialización disciplinar prevalecía en los equipos sobre la integración y complementariedad. En consecuencia, en el REI2 se decidió formar equipos con estudiantes de la misma optativa (monodisciplinares).

En ambas experiencias los estudiantes utilizaron un documento digital, común a la clase, para compartir las avances y aportaciones, y un diario grupal para llevar un registro de la evolución de su trabajo, donde describían las preguntas estudiadas, las respuestas parciales que habían sido encontradas, el reparto de las tareas del grupo e individuales y, por último, proponer nuevas cuestiones de indagación. Este diario se entregaba al finalizar cada sesión por Google Classroom, lo que permitía a los profesores supervisar el progreso de los grupos.

Infraestructura didáctica

Cuestión generatriz del REI1 y condiciones para su estudio

La cuestión generatriz del REI1 fue: «¿Cuánta de toda la información que se ha dicho sobre la COVID-19 ha acabado siendo cierta?». El objetivo inicial era analizar las noticias que aparecieron en tiempo de pandemia y contrastar su veracidad. Cada equipo tenía su propia línea de investigación, que debía incluir cuestiones de todas las disciplinas y, al finalizar, las debían presentar en forma de un artículo científico, un póster, una presentación oral y un vídeo orientado a redes sociales.

Limitaciones identificadas en el REI1

A raíz del análisis de las producciones de los estudiantes del REI1, se consiguieron identificar tres limitaciones, muy relacionadas con los cambios en el contrato didáctico. Por un lado, el análisis de los mapas CR muestra que la generación, el desarrollo y la conexión de las cuestiones derivadas fueron una tarea que no quedó bien documentada o fue poco elaborada por los equipos. Las cuestiones incluidas en los informes están desarticuladas, se distingue una clara separación entre disciplinas (figuras 2 y 3) y tienen poco potencial para derivar en nuevas cuestiones que completen la investigación. Además, se observó que los equipos se repartían las cuestiones que estudiar según la optativa que cursaban y no compartían sus avances con los demás equipos. Estas evidencias muestran que el trabajo interdisciplinar en el REI1 fue pobre, más cercano a una aproximación multidisciplinar: se involucraron las tres disciplinas, pero no se relacionaron entre ellas. Por lo general, los estudiantes se limitaron a responder a las cuestiones que habían generado en la primera sesión, pero no surgieron cuestiones nuevas ni se discutieron o validaron las respuestas. La ausencia de esta dialéctica cuestión-respuesta fue más marcada en las optativas que en matemáticas. Como consecuencia, se decidió que en el REI2 los grupos serían monodisciplinares y se añadirían algunos dispositivos pedagógicos para promover la interdisciplinariedad, facilitando la compartición de los avances entre los distintos grupos: la exposición de grupos especialistas y la producción de un artículo científico completo con las aportaciones de todos los grupos.

Como segunda observación, en el análisis *a posteriori* se descubrió que detrás de alguna investigación hubo alguna pregunta que el grupo no identificó como tal y que hubiera permitido abrir nuevos caminos en la indagación. Como ejemplo de este análisis mostramos la figura 4, un mapa CR realizado por las investigadoras y que reproduce el recorrido de un grupo durante REI1, que eligió como cuestión que estudiar: «¿Qué variante ha sido más peligrosa?». Este mapa incluye las preguntas explícitas (formuladas por los alumnos) e implícitas (deducidas por las investigadoras) que este equipo generó para el desarrollo de su trabajo. El mapa muestra que se derivan cuestiones dentro de cada disciplina, aunque no se crean relaciones entre estas cuestiones, lo que marcaría la interdisciplinariedad. Se distinguen algunas preguntas con potencial para ser relacionadas y estudiadas interdisciplinarmente, por ejemplo, Q.4.1 con Q.5.1 o Q.1.1.3 con Q.2.2.1, que el equipo no conectó.

Como consecuencia de este resultado, en el REI2 se decidió utilizar como cuestión generatriz única la del grupo que hemos descrito en este apartado, ya que vimos que el mapa CR que derivaba de esta proporcionaba suficiente potencial para generar relaciones interdisciplinares: «¿Qué variante de la COVID-19 ha sido la peor?».

La tercera observación se relaciona con la responsabilidad de la gestión del mapa CR. En el REI1 esta recaía únicamente en los estudiantes, lo que generaba una actividad confusa y con resultados sin una estructura arborescente ni que mostrase una evolución clara en relación con las cuestiones estudiadas. Se consideró que la obligación de representar el mapa podía distorsionar el cuestionamiento, centrándose en él como producto en lugar de ser una herramienta, ya que el objetivo estribaba en la generación de preguntas y en su organización, en vez de en cuestionarse el problema y buscar respuestas. En consecuencia, en el REI2 se propuso traspasar la responsabilidad de generar y gestionar el mapa CR al profesorado, a partir de la información y las propuestas incluidas en los diarios de cada grupo y las puestas en común en el aula.

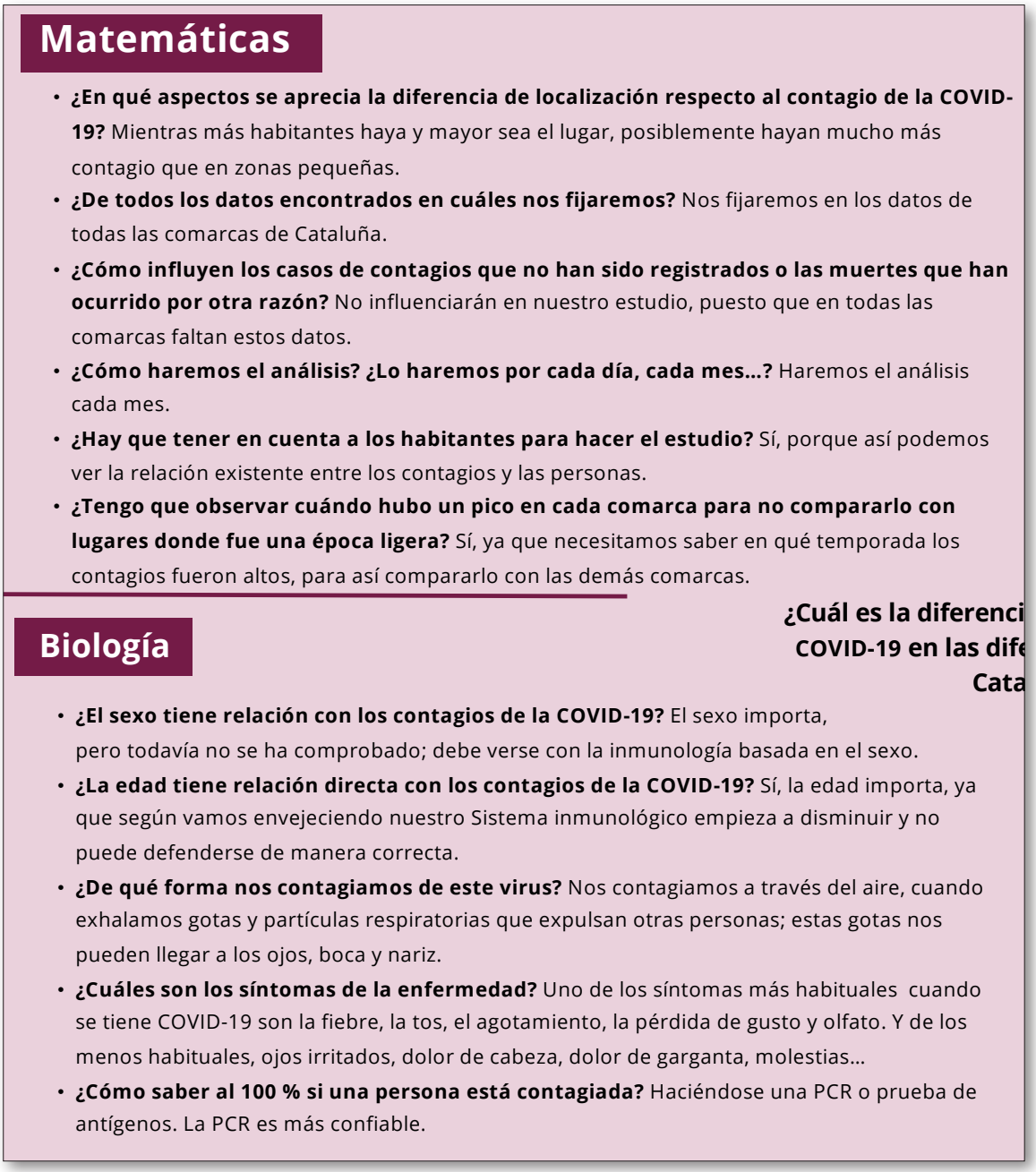


Fig. 2. Ejemplo de producción de un mapa CR producido por un equipo en el REI1, con cuestión Q0: ¿Cuál es la diferencia en el contagio del COVID en las diferentes comarcas de Cataluña? (parte izquierda del mapa). https://www.canva.com/design/DAGICanx2Wc/1CI8Q83QxRw6ji28H_M4cg/edit?utm_content=DAGICanx2Wc&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Social

- **¿Las diversas formas de vivir en las diferentes zonas afectan al modo en el que la COVID-19 se expandió?** Las personas son atraídas por ciudades que son grandes y muy conocidas, por tanto, cuando dejaron que extranjeros entraran en el país aquellla se expandió más.
- **¿La gente se mueve a diferentes lugares desde el comienzo de la pandemia?** Las personas se mueven de la ciudad al pueblo, esperando alejarse de un ambiente en el que haya mucha gente y muchos contagios.
- **¿Cómo afecta el confinamiento a las personas psicológicamente?** Problemas de ansiedad, aumento de adicciones y hábitos tóxicos, frustración…
- **¿La forma de relacionarse ha cambiado desde la pandemia? ¿Cómo?** Si, con la pandemia solemos mostrar desconfianza hacia los desconocidos y no nos gustan las aglomeraciones de gente.
- **¿Cómo afecta la COVID-19 a las ciudades?** A principios del confinamiento afectó tanto a la ciudad como al comercio; algunas tiendas tuvieron que cerrar temporalmente y otras tuvieron que cerrar porque no podían pagar el local.

en el contagio de la
rentes comarcas de
uña?

Otros

- **¿Cómo se visualiza un contagio con diferentes premisas pero al mismo tiempo mediante el programa Netlog?** Existe un gráfico que se va modificando a medida que pasan los días en la simulación. Con los datos finales descargados y mediante el Excel se puede realizar un gráfico propio, y diferenciar entre aquellos.
- **¿La COVID-19 es una oportunidad para un aprendizaje "profundo" de cara a la vida?** Esto depende de cada persona; algunas personas se han tomado este confinamiento como un period para pensar en sí mismos, pero otras se lo han tomado como un period para estudiar cosas nuevas.
- **¿Cuál es la diferencia en las simulaciones según el número de población?** Que donde haya más población, más gente se contagiará rápidamente, por tanto, se curarán antes donde haya menos población, y aunque no se contagia toda la población, se sigue contagiando la mayoría, de manera mucho más lenta porque cuando las comarcas con más gente se hayan curado las comarcas las que tengan menos seguirán confirmando casos de COVID-19 durante mucho más tiempo.

Fig. 3. Ejemplo de producción de un mapa CR producido por un equipo en el REI1, con cuestión Q_0: ¿Cuál es la diferencia en el contagio del COVID en las diferentes comarcas de Cataluña? (parte derecha del mapa). https://www.canva.com/design/DAGICanx2Wc/1CI8Q83QxRw6ji28H_M4cg/edit?utm_content=DAGICanx2Wc&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

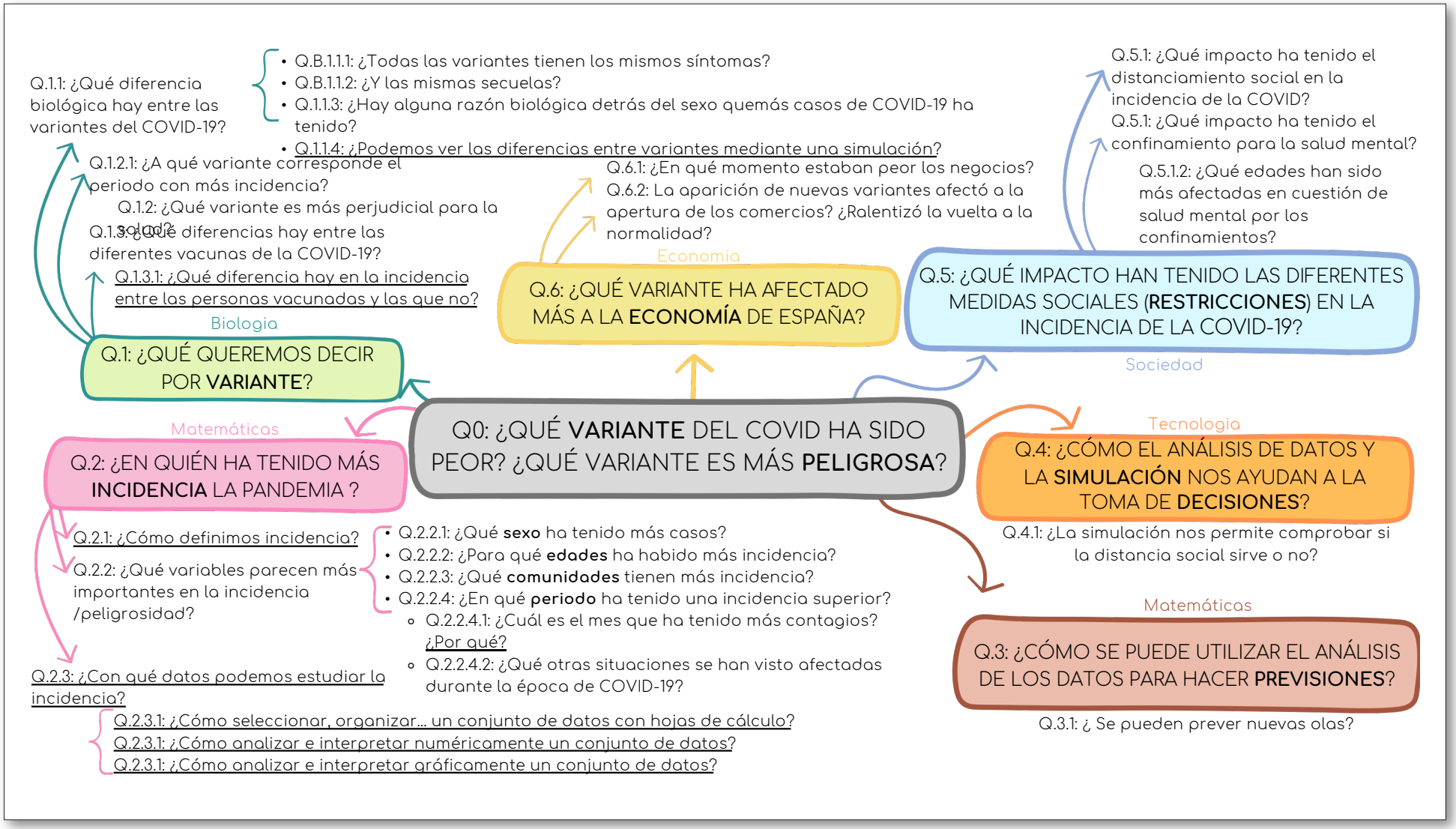


Fig. 4. Mapa CR en el REI1 (subrayadas las cuestiones añadidas por los investigadores). https://www.canva.com/design/DAGFxX5dpCo/7IFiyJSKvtdlyvslfIcIWQ/edit?utm_content=DAGFxX5dpCo&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Cambios en la infraestructura didáctica al pasar del REI1 al REI2

Teniendo en cuenta las limitaciones previamente comentadas, las primeras sesiones del REI2, así como la preparación previa del grupo de docentes, estuvieron especialmente enfocadas a priorizar la *dialéctica cuestión-respuesta* y el *trabajo interdisciplinar*. Recordemos los tres cambios introducidos:

- Equipos monodisciplinares de las tres disciplinas: biología, expresión y tecnología.
- La cuestión generatriz es única para todos los grupos: «¿Qué variante de la COVID-19 ha sido la peor?».
- El mapa CR es generado por los profesores.

En la primera sesión del REI2 los estudiantes accedieron a la base de datos abiertos de Cataluña[2] para investigar registros sobre la COVID-19. Extrajeron cuestiones y las organizaron en un documento de trabajo. Los profesores las seleccionaron y organizaron por temáticas en un Padlet colaborativo (figura 5).

Tras este volcado, se realizaron sesiones de puesta en común: una durante la hora de optativa con grupos separados y con el respectivo profesor y otra durante la hora de Matemáticas, cuando los equipos se dividieron por optativa, con un profesor de esta asignatura para cada grupo. En ambas sesiones, se pidió a los estudiantes que seleccionaran y organizaran las preguntas más importantes del Padlet.

En el REI2 se buscó fomentar la interacción entre los equipos para generar interdisciplinariedad, utilizando el mapa CR (responsabilidad de los profesores) como un espacio para compartir avances. Se consiguió construir el mapa que se muestra en la figura 6.

Cada equipo abordó preguntas relacionadas con su optativa y completaron el mapa con aportes propios. Para ello, fueron necesarios momentos de puesta en común para explicar y debatir avances. Cada optativa tenía un objetivo específico: el grupo de Biología se enfocó en el virus y su comportamiento, el grupo de Expresión investigó *fake news* y el grupo de Tecnología utilizó el programa NetLogo para simular las variantes del virus. En las sesiones de las asignaturas optativas cada profesor especialista asesoraba a los grupos de su disciplina. En las de Matemáticas se llevó a cabo el análisis de la base de datos. Se introdujo además una *exposición de especialistas* como nuevo dispositivo para compartir resultados. Los equipos escuchaban las exposiciones, extrayendo información para incorporarla a su trabajo. Dado que la fase de investigación del REI2 se extendió, no quedó tiempo para la producción del vídeo, conservándose el artículo, el póster y la presentación oral como producto final.

RESULTADOS DEL REI2

Análisis del mapa CR

A diferencia del REI1, en el mapa CR de la figura 6 no aparece una clara separación entre disciplinas. Solo identificamos la biología como rama, pero las demás disciplinas están interconectadas y se relacionan con preguntas específicas. Por ejemplo, la pregunta «¿Se podría simular la efectividad de las vacunas con un simulador?» podría relacionarse con la tecnología, pero la que nace a partir de esta, «¿Qué porcentaje de personas son infectadas en la simulación con vacunas y sin ellas?», también se puede asociar con las matemáticas. En la rama de la biología, a partir de la pregunta «¿Cuántas variantes existen?», nacen otras muchas, una de las cuales –«¿Cuántos casos ha habido de cada variante?»– se puede asociar con las matemáticas. O, si consideramos las ciencias sociales como disciplina involucrada en la

2. https://analisi.transparenciacatalunya.cat/

pregunta «¿Las mujeres son más propensas a ser afectadas por la COVID-19?», también son útiles las matemáticas para poder analizarla. Así, el cuestionamiento generado en el REI2 se muestra, al menos en este dispositivo, menos separado por disciplinas, con cuestiones que se pueden abordar desde varios puntos de vista y, por lo tanto, generando más interdisciplinariedad.

Fig. 5. Selección de las preguntas que se compartieron en el REI2. https://www.canva.com/design/DAGIsCqwQl8/pmCZi-DuXKidHuxBYet5kFQ/edit?utm_content=DAGIsCqwQl8&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

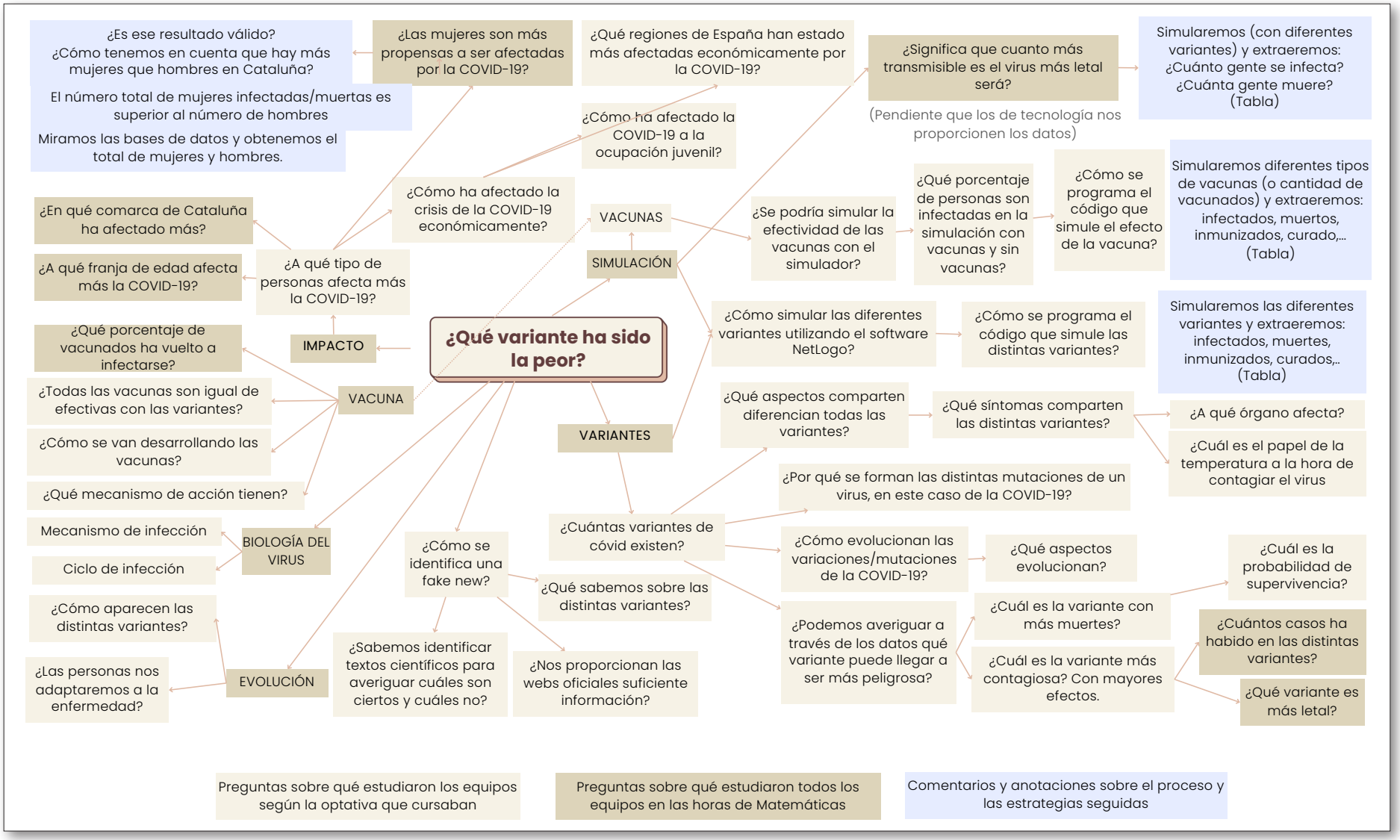


Fig. 6. Mapa CR generado en el REI2. https://www.canva.com/design/DAGIsMrT4no/yJc0iHGuDpkc2L8AeBDLew/edit?utm_content=DAGIsMrT4no&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

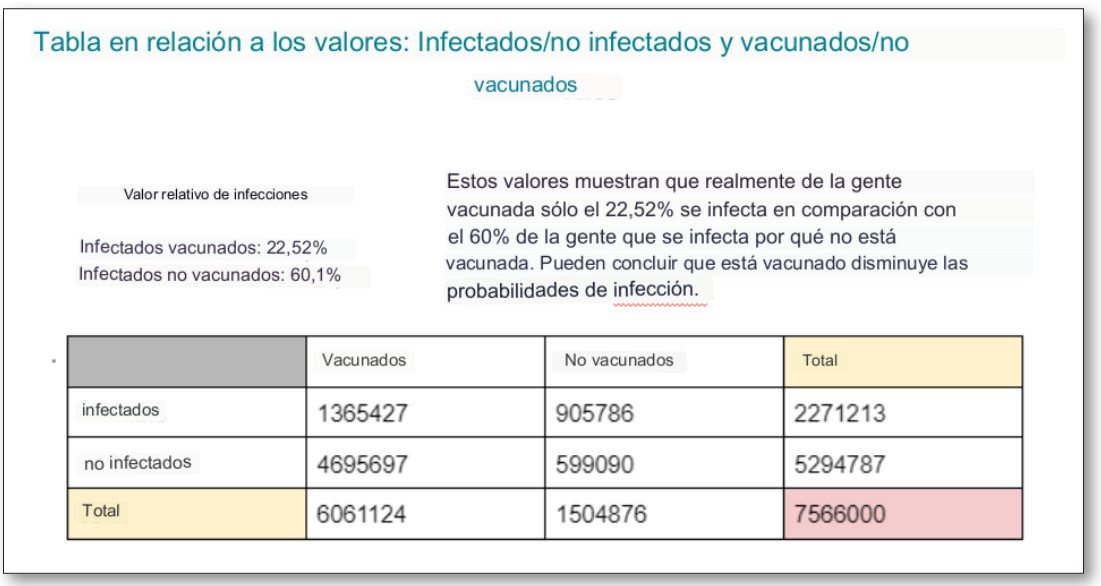
Enfoque del trabajo matemático

En las primeras sesiones de matemáticas todos los estudiantes abordaron la misma pregunta: «¿Las mujeres son más propensas a ser afectadas por la COVID-19?». Esta dinámica inicial facilitó las puestas en común y, a diferencia del REI1, los equipos participaron más activamente, ofreciendo comentarios enriquecedores. Respecto a esta pregunta, uno de los equipos escribió, por ejemplo: «No sólo debemos mirar los casos totales de COVID [...] Necesitamos saber el valor relativo para saber el porcentaje y realmente saber cuál es el sexo más afectado».

Este mismo equipo afirma, en su artículo final:

> Analizando el gráfico [...] podemos afirmar que las mujeres han tenido un mayor número de contagios [...] Por tanto, podemos interpretar que las mujeres han estado más afectadas [...] ya que los datos afirman que ha habido más casos mortales de mujeres. [...] debemos tener en cuenta el número total de mujeres y hombres en Cataluña. Entonces calculando el valor relativo, hemos obtenido que las mujeres han muerto un 1,02 % respecto a la población de Catalunya, y los hombres un 1,05%. Por lo que los hombres tienen mayor mortalidad [...] y es realmente la población más afectada.

Discusiones similares se dieron en preguntas de comparación de datos entre zonas geográficas o grupos de edad. Vemos así que el REI permitió abordar estas aparentes contradicciones entre variables relativas y absolutas, así como aspectos de modelización matemática, incluyendo la recopilación y organización de datos, representación gráfica y análisis. Por ejemplo, algún grupo también usó tablas de contingencia para poder organizar y analizar los datos (figura 7).



	Vacunados	No vacunados	Total
infectados	1365427	905786	2271213
no infectados	4695697	599090	5294787
Total	6061124	1504876	7566000

Fig. 7. Ejemplo de producción de un equipo en el REI2.

Limitaciones en la optativa de tecnología

En cuanto al grupo de tecnología, su objetivo principal era simular diferentes parámetros de virus, especialmente la transmisibilidad y su impacto en la mortalidad. La pregunta asociada era «¿Cuanto más transmisible es el virus más letal es?». Este grupo enfrentó dificultades en la organización del tiempo y la limitada asesoría de la profesora. La organización inicial del proyecto planeaba que, una vez recopilados, los datos de la simulación se compartieran con el resto del grupo para un análisis conjunto. No

se le pudo dedicar tiempo a este análisis, perdiendo una oportunidad clara de trabajo interdisciplinar entre tecnología y matemáticas.

Producciones finales

Los equipos presentaron los avances de su trabajo al grupo centrándose en los aspectos específicos de sus optativas. A la vez, debían recoger información relevante de las presentaciones de otros equipos e incluirla en su trabajo referenciando el equipo productor. Los equipos de la asignatura de Biología abordaron la naturaleza del virus y de la enfermedad, las variantes y las vacunas; y los de Expresión Plurilingüe compartieron consejos sobre cómo identificar *fake news* o cómo escribir correctamente un artículo científico, mientras que el grupo de tecnología presentó los resultados de las simulaciones. En las siguientes sesiones, los equipos integraron toda la investigación en sus productos finales.

Identificamos una diferencia significativa entre los pósteres del REI1 y el REI2: la organización de la información segmentada en disciplinas en el primero y en disciplinas más integradas en el segundo. De los 10 equipos existentes, 4 adoptaron una organización similar, con el título principal de la sección como el nombre de la disciplina y la pregunta asociada en una fuente de menor tamaño.

En cambio, en el REI2, solo un equipo de los 14 en total optó por una distribución por disciplinas. El resto eligió una estructura donde los títulos principales se asignan a las secciones del artículo (introducción, marco teórico, marco experimental y conclusión).

Valoración de estudiantes y profesores

A partir de los datos de las encuestas a estudiantes, generamos la tabla 1, que muestra el análisis de frecuencia de palabras. Indica la proporción de alumnos de cada optativa que identifican como «asimilados» los diferentes contenidos. Las palabras más detectadas se categorizaron por disciplinas. Las casillas vacías corresponden a palabras introducidas por los profesores en el REI2 y no identificadas en el REI1. La última fila presenta la proporción de alumnos respecto al total del grupo.

Tabla 1.
Resultados del formulario de reflexión de los alumnos

Contenido	Matemáticas						Tecnología		Biología		Expresión			
	Excel, análisis		*Gráficos*		*Valor relativo, absoluto*		*Simulaciones NetLogo*		*COVID-19, Biología*		*Fake news*		*Artículos, pósteres, redacción*	
	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022
Biología	53 %	65 %	73 %	50 %	40 %		17 %	10 %	70 %	60 %	10 %		30 %	20 %
Tecnología	38 %	69 %	63 %	44 %	25 %		75 %	88 %	63 %	44 %	13 %		25 %	19 %
Expresión	20 %	38 %	25 %	46 %	45 %		15 %	31 %	60 %	62 %	70 %		30 %	23 %
Proporción de alumnos	40 %	**50 %**	55 %	**40 %**	40 %		24 %	**34 %**	66 %	**47 %**	31 %		29 %	**17 %**

En el análisis del grupo-clase (última fila), se identifican menos aspectos de hojas de cálculo y análisis de datos, pero más sobre gráficos, incluyendo la categoria de *valor relativo y absoluto* (impuesta en el diseño del REI2). Coincide con las percepciones de los profesores de Matemáticas, quienes señalan un menor énfasis en aspectos técnicos de hojas de datos en el REI2, pero una mayor atención a la com-

paración de datos mediante valores relativos. También se observa una disminución en las simulaciones, pero un aumento en aspectos relacionados con la biologia del virus y la redacción de trabajos siguiendo los patrones de un artículo científico. En cuanto a la detección de mejoras en la interdisciplinariedad, persiste la relación entre la optativa del estudiante y el tipo de contenido que identifica en su aprendizaje, pero se observan los cambios siguientes. Los estudiantes de biología continúan identificando «la biología de la COVID-19» con el contenido más recurrente, pero aumenta el porcentaje que reconoce las simulaciones y los aspectos de redacción de artículos. Además, entre los estudiantes de Tecnología, se incrementa la proporción que reconoce haber aprendido conceptos de biología, y se mantiene alta en los de Expresión. También crece la proporción de alumnos de Biología y Tecnología que identifican haber aprendido sobre redacción de textos. Es decir, podemos identificar que el diseño del REI2 favorece la percepción de la interdisciplinariedad por parte de los estudiantes.

A pesar de esto, vemos que en general las simulaciones han tenido menos impacto en los estudiantes, ya que disminuyen un 10 % respecto al año anterior. La falta de acompañamiento de la profesora de Tecnología durante algunas sesiones puede explicar esta disminución. De hecho, los estudiantes de esta asignatura muestran la peor impresión del proyecto, valorando negativamente la claridad diaria del trabajo y el tiempo dedicado (figura 8), cuando el año anterior había sido superior a la media del grupo. En contraste, los grupos de Biología y Expresión aumentaron su valoración de la utilidad de las simulaciones, respaldando los resultados anteriores sobre la interdisciplinariedad.

En cuanto a las impresiones recogidas de los profesores, estos elogian el mapa CR, considerándolo esencial para analizar el caso y aplicable de manera transversal. En cuanto a la interdisciplinariedad, el profesor de Biología ve mejoras, y logra un proyecto que integra todas las materias. Sin embargo, el profesor de Expresión considera que, aunque estaba planteado como interdisciplinario, el proceso acabó siendo más multidisciplinar, especialmente para los estudiantes de esta asignatura, ya que no lograron entender cómo integrar las materias de Biología y Tecnología. Respecto a las condiciones favorables, destacan el aprendizaje práctico, con un gran impacto, la comodidad de los alumnos en equipos pequeños y la dinamicidad del proyecto. Respecto a los inconvenientes, mencionaron a algunos alumnos desmotivados, poco implicados y con pocas competencias de base, problema recurrente en proyectos similares. Además, señalaron la falta de tiempo para hacer un buen seguimiento.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como primer resultado, con relación a la primera cuestión de investigación, podemos afirmar que el cuestionamiento vivido en ambas implementaciones ha facilitado y potenciado la multidisciplinariedad y, en el REI2, cierta interdisciplinariedad. La consideración de los mapas CR muestra que la indagación ha incluido la interacción entre varias disciplinas, favoreciendo el estudio de la cuestión generatriz. Este resultado va en la línea de las investigaciones de Rasmussen (2016) y Jessen (2014), en cuanto a que la dinámica de la indagación generada por los REI facilita la interacción de varias disciplinas.

Como segundo resultado, hemos detectado que la separación entre disciplinas del REI2 ha facilitado la dinámica de la indagación, promoviendo más intercambio entre disciplinas y mayor retroalimentación de las cuestiones. Si bien el cuestionamiento promueve la multidisciplinariedad, la dinámica de la indagación parece fluir más fácilmente dentro del trabajo disciplinar, en línea con los principios propuestos por Lenoir y Hansi (2016). Estos autores consideran que no puede haber interdisciplinariedad sin las disciplinas escolares, que la interdisciplinariedad es siempre un medio para otro fin (en nuestro caso, llevar a cabo la indagación) y mencionan la complementariedad entre disciplinas. En particular, los grupos monodisciplinares del REI2 y la dedicación de cada profesor especialista parecen

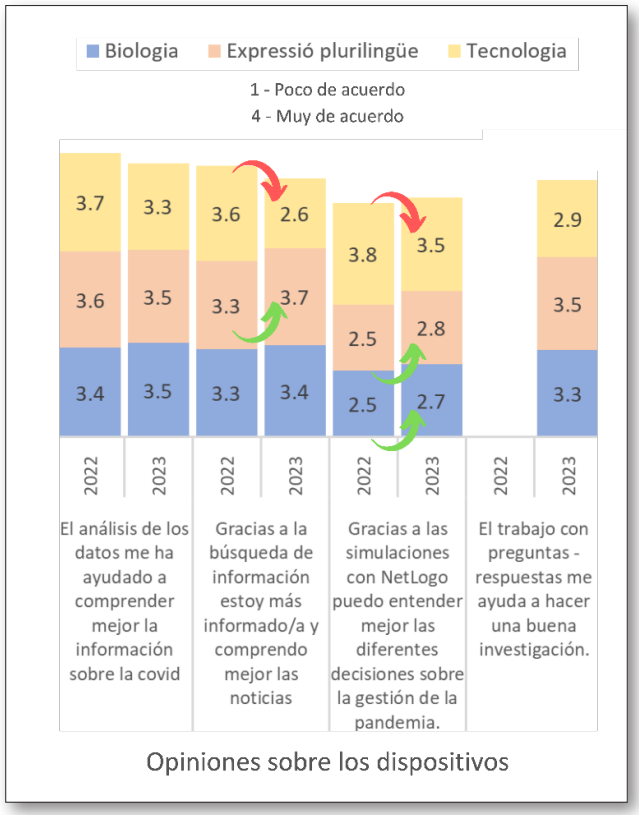
haber facilitado el desarrollo del cuestionamiento y, en consecuencia, la generación de respuestas y nuevas cuestiones.

Se destacó un cambio clave en el cuestionamiento inicial: en el REI1 se forzó una lluvia inicial de preguntas donde los alumnos tenían que producir preguntas de todas las disciplinas. En cambio, en el REI2 los estudiantes generaron preguntas relacionadas, sin necesidad de asignarlas a ninguna disciplina y, posteriormente, toda la comunidad de estudio se organizó para estudiar las preguntas más afines a cada disciplina, evitando la imposición de la disciplinariedad.

Como tercer resultado, y vinculándose a la segunda cuestión de investigación, postulamos que son necesarias ciertas condiciones para facilitar la dinámica de la indagación y lograr así el paso de la multidisciplinariedad a la interdisciplinariedad. Aunque la propuesta de los REI se ajusta bien al enfoque multidisciplinario bajo las condiciones pedagógicas e institucionales actuales, postulamos que la transición al trabajo interdisciplinar es posible cuando se mejoran las dinámicas de la indagación. Dicha dinámica requiere de dispositivos didácticos especialmente relacionados con la generación de cuestiones a partir de las respuestas encontradas, tal como indican Bosch y Winsløw (2016). Un dispositivo clave fue la formación de grupos monodisciplinares y la distribución de tareas según disciplinas para un posterior trabajo conjunto: los estudiantes exponían sus resultados parciales y todos redactaban un texto con estructura de artículo científico abordando todas las cuestiones. Esto fomentó la comprensión y el análisis de los resultados obtenidos por el resto de los equipos y aquí es donde se producía cierta interdisciplinariedad. Otro dispositivo fue la importancia atribuida al estudio de una única cuestión generatriz y la gestión del profesorado del mapa CR, para visibilizar el avance colectivo del estudio, lo que permitió al equipo docente asumir una gestión más directa de la interdisciplinariedad.

Además, en relación con las restricciones, coincidimos con la revisión de Tonnetti y Lentillon-Kaestner (2023) en cuanto al profesorado: conflictos relacionales, falta de recursos y de formación y necesidad de una infraestructura escolar adaptada. Todo esto acaba conllevando un sobresfuerzo por parte del profesorado, lo que limita la práctica de estas propuestas solo a aquellos convencidos y dispuestos a trabajar en su tiempo libre (Ghisla et al., 2010; Ríordáin et al., 2016).

Las restricciones identificadas se pueden relacionar con el cambio de paradigma. La interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad resultan del paradigma del cuestionamiento del mundo en sus múltiples manifestaciones. Mantener el encierro disciplinar es una reacción propia del paradigma de la visita de las obras. Sin embargo, la «disciplina» en el sentido metodológico del trabajo disciplinar o, en palabras de Palmer (1999), las contribuciones al «conocimiento especializado básico» (*core specialized knowledge*) del experto en la materia siguen siendo un elemento fundamental del proceso de cuestionamiento. La dicotomía no está entre disciplinar o interdisciplinar sino entre visita de las obras (disciplinares) y cuestionamiento plural.



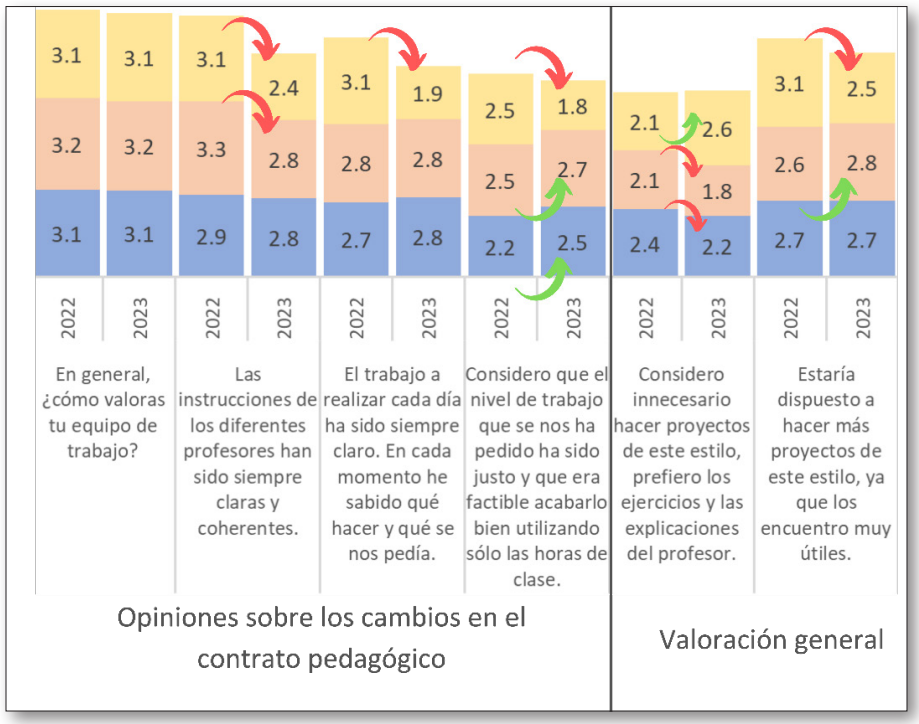


Fig. 8. Comparación de la valoración de los estudiantes respecto al proyecto. https://www.canva.com/design/DAGIsX-g8YQ/7tvWav_hLKhUsILdOZrXKQ/edit?utm_content=DAGIsX-g8YQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada gracias al proyecto de investigación: PID2021-126717NB-C31 (MCIU/AEI/FEDER, UE).

REFERENCIAS

Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *9*(3), 281-308. https://revue-rdm.com/1988/ingenierie-didactique-2

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. y Bosch, M. (2015). Didactic engineering as a research methodology: From fundamental situations to study and research paths. En A. Watson y M. Ohtani (Eds.), *Task design in mathematics education: An ICMI study 22* (pp. 249-272). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09629-2_8

Barquero, B., Bosch, M., Florensa, I. y Ruiz-Munzón, N. (2021). Study and research paths in the frontier between paradigms. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *53*(5), 1213-1229. https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1988166

Blum, W. y Niss, M. A. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects? State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, *22*(1), 37-68. https://doi.org/10.1007/bf00302716

Blum, W., Galbraith, P., Henn, H.-W. y Niss, M. (Eds.) (2007). *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study* (vol. 10). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1

Bosch, M. (2018). Study and research paths: a model for inquiry. En B. Sirakov, P. N. De Souza y M. Viana (Eds.), *Proceedings of the International Congress of Mathematicians (ICM 2018)* (pp. 4015-4035). World Scientific Publishing. https://doi.org/10.1142/9789813272880_0210

Bosch, M., Chevallard, Y., García, F. J. y Monaghan, J. (2020). *Working with the anthropological theory of the didactic in mathematics education. A comprehensive casebook*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429198168

Bosch, M. y Winsløw, C. (2016). Linking problem solving and learning contents: the challenge of self-sustained study and research processes. *Recherches en Didactique des Mathematiques*, *35*(3), 357-401. https://static-curis.ku.dk/portal/files/161008268/BoschWinslow_RDM2016.pdf

Broggy, J., O'Reilly, J. y Erduran, S. (2017). Interdisciplinarity and science education. En K. Taber y B. Akpan (Eds.), *Science education. New directions in mathematics and science education* (pp. 81-90). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_6

Cai, J., Cirillo, M., Pelesko, J. A., Ferri, R. B., Borba, M. D., Geiger, V., Stillman, G. A., English, L. D., Wake, G. y Kaiser, G. (2014). Mathematical modeling in school education: Mathematical, cognitive, curricular, instructional and teacher educational perspectives. En P. Liljedahl, S. Oesterle y C. Nicol (Eds.), *Proceedings of the 38th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education and the 36th Conference of the North American Chapter of the Psychology of Mathematics Education* (pp. 145-172). Springer. http://www.pme38.com/wp-content/uploads/2014/05/RF-Cai-et-al.pdf

Chevallard, Y. (2002). Organiser l'étude: 3. Ecologie & régulation. *Actes de la XIe École d'Été de Didactique des Mathématiques* (pp. 41-56). La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (2013). Enseñar matemáticas en la sociedad de mañana: alegato a favor de un contraparadigma emergente. *Journal of Research in Mathematics Education*, *2*(2), 161-182. https://doi.org/10.4471/redimat.2013.26

Chevallard, Y. y Bosch, M. (2020). Anthropological theory of the didactic (ATD). En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 53-61), Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_100034

Choi, B. C. y Pak, A. W. (2006). Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 1. Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Clinical and Investigative Medicine. Medicine Clinique et Experimentale*, *29*(6), 351-364. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17330451/

Cunningham, E., Smyth, B. y Greene, D. (2021). Collaboration in the time of COVID: a scientometric analysis of multidisciplinary SARS-CoV-2 research. *Humanities & Social Sciences Communications*, *8*(1). https://doi.org/10.1057/s41599-021-00922-7

Domènech-Casal J., Lope, S. y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Eureka*, *16*(2), 1-16. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203

Domènech-Casal, J. (2022). Situacions d'Aprenentatge. Idees per al desplegament curricular de les ciències. *Ciències: Revista del Professorat de Ciències de Primària i Secundaria*, (45), 20-32. https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.469

Elsner, J., Sadler, T., Kirk, E., Rawson, R., Friedrichsen, P. y Ke, L. (2023). Using multiple models to learn about COVID-19 breadcrumb. *The Science Teacher*, *90*(3), 40-45.

English, L. D. (2008). Interdisciplinary problem solving: A focus on engineering experiences. En M. Goos, R. Brown y K. Makar (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australia* (pp. 187-194). Mathematics Education Research Group of Australasia.

English, L. D. (2009) Promoting interdisciplinarity through mathematical modelling. *ZDM Mathematics Education*, *41*(1-2), 161-181. https://doi.org/10.1007/s11858-008-0106-z

English, L. D. y Watters, J. J. (2005). Mathematical modelling in the early school years. *Mathematics Education Research Journal*, *16*(3), 58-79. https://doi.org/10.1007/bf03217401

Fidalgo-Neto, A., Lopes, R., Magalhães, J., Pierini, M. y Alves, L. (2014). Interdisciplinarity and teacher education: The teacher's training of the secondary school in Rio de Janeiro-Brazil. *Creative Education*, *5*(4), 262-272. https://doi.org/10.4236/ce.2014.54035

García, F. J., Barquero, B., Florensa, I. y Bosch, M. (2019). Diseño de tareas en el marco de la teoría antropológica de lo didáctico. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, (15), 75-94. https://doi.org/10.35763/aiem.v0i15.267

Gazzola, M. P., Otero, M. R. y Llanos, V. C. (2021). Evolution of a teacher-researcher while developing a co-disciplinary study and research path through five implementations. En B. Barquero, I, Florensa, P. Nicolás, N. Ruiz-Munzón (Eds.), *Extended Abstracts Spring 2019* (pp. 21-28). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76413-5_3

Ghisla, G., Bausch, L. y Bonoli, L. (2010). Interdisciplinarity in Swiss schools: A difficult step into the future. *Issues in Integrative Studies*, *28*(28), 295-331. https://interdisciplinarystudies.org/wp-content/issues/vol28_2010/11_Vol_28_pp_295_331.pdf

Hasni, A., Lenoir, Y. y Alessandra, F. (2015). Mandated interdisciplinarity in secondary school: the case of science, technology, and mathematics teachers in Québec. *Issues in Interdisciplinary Studies*, *33*(33), 144-180. https://eric.ed.gov/?id=EJ1117890

Houston, K. (2009). *How to think Like a mathematician: A companion to undergraduate mathematics*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511808258

Jefatura 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. *Boletín Oficial del Estado*, *340*, 122868-122953. https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3

Jessen, B. (2014). How can study and research paths contribute to the teaching of mathematics in an interdisciplinary setting? *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, *19*(1), 199-224. http://turing.scedu.umontreal.ca/annales/documents/volume %2019/10Jessen.pdf

Klein, J. T. (1990). *Interdisciplinarity: history, theory, and practice*. Wayne State University Press.

Ledder, G. y Homp, M. (2021). Using a COVID-19 model in various classroom settings to assess effects of interventions. *PRIMUS*, *32*(2), 278-297. https://doi.org/10.1080/10511970.2020.1861143

Lenoir, Y. y Hasni, A. (2016). Interdisciplinarity in primary and secondary school: Issues and perspectives. *Creative Education*, *7*(16), 2433-2458. https://doi.org/10.4236/ce.2016.716233

Maass, K., Artigue, M., Burkhardt, H., Doorman, M., English, L. D., Geiger, V., Krainer, K., Potari, D. y Schoenfeld, A. (2022). Mathematical modelling - a key to citizenship education. En N. Buchholtz, B. Schwarz y K. Vorhölter (Eds.), *Initiationen Mathematikdidaktischer Forschung: Festschrift zum 70. Geburtstag von Gabriele Kaiser* (pp. 31-50). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36766-4_2

Michelsen, C. y Sriraman, B. (2009). Does interdisciplinary instruction raise students' interest in mathematics and the subjects of the natural sciences? *ZDM Mathematics Education*, *41*(1-2), 231-244. https://doi.org/10.1007/s11858-008-0161-5

Ortega-Torres, E. y Moncholí Pons, V. (2021). «Expliquem l'Albufera»: transformar una salida de campo en un proyecto interdisciplinar. *Enseñanza de las Ciencias*, *39*(2), 241-252. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3241

Palmer, C. L. (1999). Structures and strategies of interdisciplinary science. *Journal of the American Society for Information Science*, *50*(3), 242-253. https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4571(1999)50:3<242::aid-asi7>3.0.co;2-7

Parra, V. y Otero, M. R. (2018). Antecedentes de los recorridos de estudio e investigación (REI): características y génesis. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, *13*(2), 1-18. https://doi.org/10.54343/reiec.v13i2.239

Rasmussen, K. (2016). The direction and autonomy of interdisciplinary study and research paths in teacher education. *Journal of Research in Mathematics Education*, *5*(2), 158-179. https://doi.org/10.17583/redimat.2016.1753

Ríordáin, M. N., Johnston, J. y Walshe, G. (2016). Making mathematics and science integration happen: Key aspects of practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *47*(2), 233-255. https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1078001

Sala, G., Barquero, B. y Font, V. (2020). Modelización e indagación en la propuesta de un REI codisciplinar de matemáticas e historia. *Educação Matemática Pesquisa*, *22*(4), 546-562. https://doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i4p546-562

Saltelli, A., Bammer, G., Bruno, I., Charters, E., Di Fiore, M., Didier, E., Espeland, W., Kay, J., Lo Piano, S., Mayo, D., Pielke, R., Portaluri, T., Porter, T., Puy, A., Rafols, I., Ravetz, J., Reinert, E., Sarewitz, D., Stark, P., ..., Vineis, P. (2020). Five ways to ensure that models serve society: a manifesto. *Nature*, *582*(7813), 482-484. https://doi.org/10.1038/d41586-020-01812-9

Sanders, M. H. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, *68*(4), 20-26. https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/10919/51616/1/STEMmania.pdf

Sawada, Y. (2022). Proposal for teaching mathematical modelling using COVID-19 as an example of an infectious disease epidemic: The case of Japan in the corona vortex. *Contemporary Mathematics and Science Education*, *3*(2), ep22017. https://doi.org/10.30935/conmaths/12363

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

Trelles-Zambrano, C., Toalongo, X. y Alsina, Á. (2022). Una actividad de modelización matemática en primaria con datos auténticos de la COVID-19. *Enseñanza de las Ciencias*, *40*(2), 193-213. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3472

Tonnetti, B. y Lentillon-Kaestner, V. (2023). Teaching interdisciplinarity in secondary school: A systematic review. *Cogent Education*, *10*(1). https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2216038

Winsløw, C., Matheron, Y. y Mercier, A. (2013). Study and research courses as an epistemological model for didactics. *Educational Studies in Mathematics*, *83*(1), 267-284. https://doi.org/10.1007/s10649-012-9453-3

Interdisciplinarity in Secondary School Education: a Study and Research path

Susana Vásquez, Berta Barquero y Marianna Bosch
Facultad de Educación, Universitat de Barcelona, Barcelona
susanavasquez@ub.edu, bbarquero@ub.edu, marianna.bosch@ub.edu

We start from the hypothesis that the school separation between disciplines hinders inquiry-based teaching. Creating interdisciplinary environments facilitates this approach when disciplinary content is put at the service of studying problematic issues, overcoming the limitations of school organization by subjects.

Some studies indicate that the lack of support and teacher competence are major constraints to effective interdisciplinary education. Research is developed to support and guide the implementation of interdisciplinary approaches, especially in science education.

Within the framework of the Anthropological Theory of the Didactic (ATD), two pedagogical paradigms are identified: a dominant paradigm and an emerging one. The current educational systems are situated in the so-called dominant paradigm of *visiting works*, characterized by the compartmentalization of knowledge into distinct subjects and the definition of educational goals as the study of collections of works within these subjects. The emerging counter-paradigm focuses on *questioning the world*, proposing that educational processes should be led to studying relevant questions from a non-disciplinary perspective. This does not mean abandoning disciplinary knowledge but subordinating its study to the need to address the questions at hand.

ATD studies the conditions and constraints that facilitate or limit the dissemination of knowledge in our society, particularly at schools. The ATD considers knowledge as an institutional construction linked to the study of problematic issues. Inquiry processes are modelled through the Study and Research Paths (SRPs), aiming to answer a generating question posed by the study community. The teacher's role is to guide the class in elaborating a collective answer to this initial question throughout an inquiry process that includes moments of research and moments of study.

The COVID-19 pandemic highlighted the importance of interdisciplinary collaboration, as addressing the pandemic's challenges required input from various fields such as biology, epidemiology, medicine, economics, and social sciences. This situation underscored the relevance of mathematics as a modelling tool for real-life problems. The research presented in this paper aims to determine if SRPs favour interdisciplinary work and in which way. Two research questions are formulated:

RQ1: How do disciplines intervene in the inquiry dynamics of an SRP, and how is interdisciplinarity generated?
RQ2: Which conditions facilitate and which constraints limit interdisciplinary work in an SRP?

Both research questions are addressed through a case study based on the design and implementation of an SRP related to the evolution of COVID-19 conducted over two years in a secondary school classroom in Spain. Didactic engineering is used as the main methodology, guiding the design and implementation of a pilot study to analyse the devices that support or limit interdisciplinarity, which was subsequently adapted for a second experimentation.

Our analysis reveals three main results. Firstly, the questioning promoted in the two implementations of the SRPs has facilitated and enhanced multidisciplinarity. Secondly, the separation of disciplines has facilitated the dynamics of the inquiry, promoting more exchange between disciplines and greater feedback on the questions. Finally, the ecological analysis of the experienced SRPs has enlightened some facilitating didactic devices (such as monodisciplinary working teams, moments of joint presentations, work around a single generative question, or the use of the questions-answers map) and some limiting conditions (such as the lack of resources and professional training).

Our research contributes to establishing that interdisciplinary environments foster inquiry dynamics. However, for the sustainability of the SRP, it seems crucial to preserve spaces for disciplinary work. The SRP proposals provide a promising approach to integrating interdisciplinary inquiry in secondary education, addressing real-life problems, and promoting collaborative inquiry-based learning.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 139-157
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6059
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Cambio climático en educación secundaria: la representación social del alumnado portugués

Climate Change in Secondary Education: The Social Representation of Portuguese Students

Antonio García Vinuesa
Departamente de Pedagoxía e Didáctica. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España.
a.garcia.vinuesa@usc.es

Sara Carvalho
Associação Portuguesa de Educação Ambiental (Aspea), Aveiro, Portugal.
saracostacarvalho@gmail.com

Pablo Ángel Meira Cartea
Departamente de Pedagoxía e Didáctica. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España.
pablo.meira@usc.es

RESUMEN • Diversos organismos de las Naciones Unidas señalan que la educación es un pilar esencial de las sociedades para afrontar el reto climático. Entre sus funciones destaca la de promover una representación del problema que facilite la adopción y aceptación de medidas de adaptación y mitigación. En este sentido, se pretende comprender cómo se representa el cambio climático por parte del alumnado de educación secundaria de Portugal (N = 141) y las posibles influencias de la educación en la construcción de su representación mediante la técnica de la libre asociación. Los resultados reflejan que el fenómeno es aprehendido como un problema ambiental y global, asociado a fenómenos meteorológicos y que identifica riesgos y amenazas principalmente sobre la biosfera. El itinerario académico parece influir en algunos aspectos de la representación y se detectan consideraciones sociales, culturales y políticas.

PALABRAS CLAVE: Emergencia climática; Educación secundaria; Cambio climático; Representación social; Temas sociocientíficos.

ABSTRACT • Various United Nations agencies emphasize the crucial role of education in addressing the climate challenge, as it plays a key function in promoting a nuanced understanding of the issue, facilitating the adoption of adaptation and mitigation measures. This study focuses on unraveling how secondary education students in Portugal (N = 141) conceptualize climate change and it examines the potential impact of education on shaping their perceptions, utilizing the free association technique. The findings reveal that students perceive climate change as a global environmental concern, closely tied to meteorological phenomena, with identified risks and threats predominantly affecting the biosphere. The students' academic background appears to influence specific aspects of their representation, and the analysis identifies social, cultural, and political factors at play that shape their perspectives.

KEYWORDS: Climate emergency; Secondary education; Climate change; Social representation; Socioscientific issues.

Recepción: octubre 2023 • Aceptación: noviembre 2023 • Publicación: marzo 2024

García Vinuesa, A., Carvalho, S. y Meira Cartea, P. Á. (2024). Cambio climático en educación secundaria: la representación social del alumnado portugués *Enseñanza de las Ciencias 42*(3), 139-157.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6059

INTRODUCCIÓN

El abordaje de cuestiones sociocientíficas ha generado un gran interés en el ámbito de la enseñanza de las ciencias en las últimas décadas (Sadler, 2022). Ha demostrado ser una metodología adecuada para que el alumnado pueda asumir el rol de agente activo de su aprendizaje, así como para promover su compromiso y motivación frente a situaciones socialmente relevantes en las que el conocimiento científico está imbricado con controversias éticas, morales y económicas (Hsu et al., 2022). Ante estas realidades complejas, la educación basada en cuestiones sociocientíficas propone un cambio metodológico en la enseñanza de las ciencias que debe prestar atención a tres aspectos centrales (Presley et al., 2013): los *elementos de diseño*, en referencia a problemas sociales con fuertes conexiones con la ciencia, que deben abordarse en el currículo y cuya introducción permita crear un contexto de aprendizaje de orden superior (argumentación, toma de decisiones, posicionamientos, etc.) que relacione directamente tanto la esfera social como la científica; las *experiencias de aprendizaje*, que deben promover la participación activa del alumnado en esas prácticas de orden superior, confrontando las ideas y creencias previas, y donde la práctica científica para recolectar y analizar datos facilite la negociación de los significados sociales en torno al tema tratado; y los *atributos del profesorado*, que debe estar familiarizado con el tema (es decir, poseer conocimientos científicos y sociales), pero, a su vez, ser conscientes de las limitaciones ante cuestiones altamente complejas con diferentes grados de incertidumbre inherentes a la propia construcción del conocimiento científico.

Desde este marco referencial, el cambio climático es un claro ejemplo de estas problemáticas, como ha quedado demostrado por los informes del IPCC en los que se atiende a los resultados del Grupo de Trabajo I sobre las bases fisicoquímicas del fenómeno (IPCC, 2022) y del Grupo de Trabajo II sobre sus impactos sociales y económicos (IPCC, 2022). En el fenómeno climático se entrelazan aspectos científicos, políticos y socioeconómicos que lo caracterizan como un problema socialmente controvertido, cuyas expresiones locales y globales le otorgan una gran relevancia e importancia como objeto educativo (Reid, 2019). Sin embargo, la forma en la que el cambio climático se ha tratado en los currículos y en la práctica educativa y comunicativa (Heras et al., 2016) parece distar de este enfoque, ya que, aunque existen experiencias y propuestas basadas en el constructivismo o en teorías críticas que se acercan al marco referencial de las cuestiones sociocientíficas (Busch et al., 2018), en la práctica destacan las aproximaciones positivistas donde prima la transmisión aséptica y, supuestamente, objetiva del conocimiento científico más actual (García-Vinuesa y Meira-Cartea, 2019). Igualmente, existen obstáculos para que el profesorado lo considere como un tema o problema relevante que incluir en el aula. La carga ideológica que determinados colectivos negacionistas han conferido al fenómeno ha llegado a condicionar la práctica educativa de profesionales de la educación en países donde el movimiento negacionista ha tenido un mayor recorrido (Busch et al., 2018; Howard-Jones et al., 2021; Nation y Feldman, 2021). Además, gran parte del profesorado reconoce déficits de conocimiento sobre el cambio climático que influyen negativamente en el tiempo/espacio curricular dedicado a su tratamiento en el aula (Clausen, 2018; Howard-Jones et al., 2021).

Así, las respuestas educativas en relación con el cambio climático parecen no haber obtenido los resultados esperados, ni en la mejor comprensión del sistema climático, ni en la aceptación y el reconocimiento de las responsabilidades de las sociedades más desarrolladas en su desestabilización, así como tampoco en la valoración de los riesgos y amenazas que derivan de la actual situación de emergencia climática (García-Vinuesa, 2021).

Cabe, por tanto, reflexionar sobre las formas en las que la educación está respondiendo al reto climático y sobre qué elementos de la organización escolar y de los procesos de enseñanza-aprendizaje es preciso replantear para idear respuestas educativas de mitigación y adaptación más efectivas ante la emergencia climática.

Tras haber realizado diversas investigaciones para comprender cómo el alumnado de educación secundaria posobligatoria, de diferentes contextos nacionales e internacionales, representa el cambio climático desde un enfoque principalmente cuantitativo (García-Vinuesa, 2021), este estudio responde al objetivo siguiente: profundizar en la representación social del cambio climático de los estudiantes portugueses y en cómo la educación reglada influye en la construcción de esta representación.

MARCO INTERPRETATIVO

El cambio climático, como tópico educativo, debería situarse en un espacio curricular que permitiera que la realidad científica del fenómeno (las dinámicas del sistema climático, las alteraciones de sus elementos, los procesos fisicoquímicos implicados, etc.) pudiera vincularse directamente con sus implicaciones sociales (culturales, éticas, económicas, etc.), visibilizando las raíces del problema y promoviendo una verdadera justicia climática desde una necesaria visión local y global (Reid, 2019). Sin embargo, las propuestas educativas más habituales se han focalizado en sus dimensiones biofísicas, entendiéndolo como un «objeto científico» más, y no como la necesaria representación multidimensional de la problemática socioambiental que comporta (McKeown y Hopkins, 2010). Desde esta perspectiva temática y disciplinar, la enseñanza-aprendizaje del cambio climático se ha desarrollado desde enfoques restrictivos de la alfabetización científica. En ellos, el cambio climático se modela como un constructo al que, si bien se le ha pretendido dotar de una dimensión social, esta aparece relegada a un segundo plano, ya que se privilegian los conocimientos, los procesos, las prácticas y los principios básicos de las ciencias del clima desde criterios metodológicos y epistemológicos positivistas (USGCRP, 2009). Sin embargo, parece que este posicionamiento no ha conseguido obtener los resultados pedagógicos y alfabetizadores esperados entre la población estudiantil europea (García-Vinuesa et al., 2021; 2022).

Para establecer el estado del arte de este estudio, constatar este supuesto e interpretar los resultados, recurrimos a la teoría de las representaciones sociales de Serge Moscovici (1979) y partimos de su noción de tridimensionalidad de la representación social (TRS). Conforme a esta noción, en toda representación social (RS) existe una dimensión de la *información*, relacionada con la organización de los conocimientos en torno al objeto representado, en este caso el cambio climático; un *campo de la representación*, que remite a la idea de unidad de diferentes elementos (juicios, creencias, percepciones, etc.); y una dimensión *actitudinal*, que hace referencia a la orientación general sobre la valoración del fenómeno (emociones, acciones, valores asociados, comportamientos, etc.).

Por otro lado, para la interpretación de los resultados hemos seguido el modelo estructural, con el que se pretende conocer la influencia de los factores sociales y culturales en la RS mediante la identificación de relaciones estructurales (Wachelke, 2012). Este enfoque de la TRS considera que entre los elementos cognitivos que integran una representación social existen algunos que juegan diferentes papeles con respecto a otros. Estos elementos tienden a organizarse en un sistema dual en el que se diferencian elementos centrales, que se organizan en una estructura denominada núcleo central, y elementos periféricos, que orbitan alrededor de este núcleo estableciendo múltiples relaciones (Moliner y Abric, 2015). El núcleo central es el encargado de generar un significado estable en el tiempo que facilita el consenso dentro del grupo respecto a la representación del objeto. A través de las relaciones entre estos elementos, el objeto representado adquiere un significado y un valor específico. Por otro lado, se organizan los elementos periféricos que se estructuran alrededor de este núcleo. Según esta perspectiva, el sistema central de la RS es el resultado de determinismos sociales, culturales y simbólicos de cada grupo, mientras que el sistema periférico actúa como concreción operativa de la representación, por lo que sus componentes no tienen por qué ser compartidos por todo el grupo y son más inestables en el tiempo (Abric, 2001).

Este enfoque goza de una gran aceptación en la investigación experimental, ya que al proponer conceptos formalizados permite emplear diversos métodos y técnicas para confirmar la existencia de un núcleo central y de los elementos que configuran el sistema periférico (Abric, 2001).

ESTADO DE LA CUESTIÓN

Si se atiende al tratamiento del cambio climático en el sistema educativo (Occelli y Valeiras, 2013; Serantes y Liotti, 2020), en las conferencias internacionales sobre el cambio climático (Prosser et al., 2020) o en los medios de comunicación (Heras et al., 2016; Moreno y Almirón, 2021), se constata una tendencia a priorizar la socialización de datos y debates científicos sobre las causas y las consecuencias más globales del cambio climático, mientras que se desvaloriza o silencian los potenciales de participación, responsabilidad y liderazgo social de individuos, colectivos y sociedades en las posibles soluciones a la emergencia climática. De hecho, los discursos públicos sobre el cambio climático tienden a estar monopolizados por las causas y las consecuencias, mientras que las soluciones aparecen infrarrepresentadas.

Como resultado, el alumnado de educación secundaria tiende a mostrar conocimientos limitados y sesgados sobre el fenómeno (Punter et al., 2011). Numerosos estudios señalan la presencia de concepciones alternativas muy difundidas entre el alumnado –sin importar el contexto educativo de procedencia–, que se siguen reproduciendo en la población estudiantil europea desde los años noventa del siglo pasado (De Pascale, 2023; García-Vinuesa et al., 2022; García-Vinuesa y Meira, 2019; Ladrera y Robredo, 2022) y que también se reconocen, concretamente, en la población estudiantil portuguesa (García-Vinuesa et al., 2021). Existen confusiones entre la naturaleza del efecto invernadero y el cambio climático antropogénico, se corroboran errores que vinculan la degradación de la capa de ozono y el cambio climático, o se reitera la tendencia a relacionar el fenómeno climático con cualquier otro desastre natural o ambiental, como los terremotos o la lluvia ácida, así como con cualquier tipo de contaminación. Una representación del cambio climático en la que prevalecen sus manifestaciones atmosféricas, reproduciendo confusiones entre tiempo meteorológico y clima, y donde las consecuencias más generales y mediatizadas, como el deshielo de los polos o el aumento del nivel del mar, suelen prevalecer sobre los impactos en los sistemas humanos (De Pascale, 2023; Heras et al., 2016; Moreno y Almirón, 2021; Sánchez-Almodóvar et al, 2022).

La ocurrencia del cambio climático y su causalidad antropogénica son aceptadas por la mayoría del estudiantado europeo, con una prevalencia negacionista más baja que en la población general, aunque suele vincularse en mayor medida a su dimensión global. La tendencia es similar respecto al riesgo percibido: el cambio climático se representa como una amenaza por la mayoría del estudiantado, aunque el nivel de preocupación disminuye cuando la proyectan en su día a día (De Pascale, 2023; García-Vinuesa et al., 2021, 2022; Sánchez-Almodóvar et al., 2022).

En relación con la atribución de responsabilidades en las causas y posibles soluciones al cambio climático, los estudiantes reconocen la efectividad de determinadas acciones de mitigación, como modificar los procesos industriales, utilizar menos combustibles fósiles, reducir las emisiones de vehículos, plantar más árboles o mejorar la educación. Sin embargo, estas acciones se suelen situar fuera de su control, lo que conlleva la externalización de responsabilidades hacia los Gobiernos, el sistema productivo o hacia quienes toman decisiones (Boyes y Stanisstreet, 2012; Malandrakis et al., 2011).

La exposición a experiencias climáticas adversas parece influir más que los contenidos curriculares en la percepción del riesgo y en la necesidad de autoprotección. Özdem et al. (2014) señalan que el hecho de que un 69 % de los estudiantes en su estudio hubieran sufrido en su entorno cercano problemas de salud debido a la contaminación atmosférica fue una variable determinante para que se mostrasen más preocupados con los problemas atmosféricos que, por ejemplo, ante las inundaciones, que 9 de

cada 10 estudiantes indicaron no haberlas sufrido previamente y que, por tanto, no identificaban como una amenaza significativa.

En este sentido, existen estudios que señalan que una actitud proactiva a realizar cambios en determinados comportamientos dependerá del grado de incidencia que ese cambio suponga en la vida cotidiana. Así, las acciones que no impliquen grandes cambios o renuncias en los estilos de vida como, por ejemplo, desconectar los dispositivos electrónicos cuando no se utilizan, reciclar o plantar árboles, son asumidas por la mayoría de los estudiantes. Los cambios que se perciben fuera de su control personal, como comprar electrodomésticos más eficientes o mejorar el aislamiento de las casas, utilizar energías renovables o producir energía por medio de la tecnología nuclear, gozan de una mayor aceptación. Por el contrario, las acciones que implicarían modificaciones sustanciales en los estilos de vida, como comprar menos productos nuevos y de moda o comer menos carne, suelen ser menos aceptadas (Rodríguez et al., 2010; Malandrakis et al., 2011; Hermans y Korhonen, 2017). Los autores de estos estudios sugieren que estas diferencias pueden tener diversas explicaciones, desde que no se comprenden los impactos relacionados con los gases de efecto invernadero emitidos en los procesos de producción y transporte de los bienes de consumo, pasando por la existencia de diferentes normas sociales y culturales, hasta la incertidumbre sobre la eficacia real de determinadas acciones.

En línea con esto último, Fløttum et al. (2016) identificaron tres tendencias en los argumentos de los estudiantes para justificar su mayor o menor confianza en la solución del problema: para unos, las acciones que suponen cambios individuales son irrelevantes en un contexto global; para otros, la gente, en general, no quiere renunciar a su bienestar y a sus estilos de vida; mientras que un tercer grupo no cree que el cambio climático sea real. En su estudio, a pesar de la preocupación mostrada y del gran porcentaje de estudiantes que indicaron que la solución a la crisis era una posibilidad realista, solo el 10 % declaró unas perspectivas de futuro congruentes con alternativas social y ambientalmente eficaces y equitativas. El 60 % se decantó por un futuro tecnooptimista, en el que los países más desarrollados no renunciarán a sus privilegios y confiarán en adaptarse a las alteraciones producidas por el cambio climático sobre la base de sus capacidades tecnológicas. Finalmente, el 30 % restante proyecta unas expectativas catastrofistas que pronostican un planeta devastado e inhabitable.

Con todo, en los últimos años ha surgido un movimiento estudiantil por el clima, de la mano de Greta Thunberg, que ha alterado el debate axiológico del cambio climático entre sectores importantes de estudiantes y que ha conseguido comprometer moralmente a sus participantes con la crisis climática (Misch et al., 2021; Verlie y Flynn, 2022). Esta tendencia se evidencia en el último Eurobarómetro, que señala que un 58 % de los jóvenes europeos «participan activamente en la sociedad en la que viven y, en los últimos doce meses, han formado parte de una o varias organizaciones juveniles» (Comisión Europea, 2022, p. 3).

OBJETIVO

Profundizar en la representación social del cambio climático de los estudiantes portugueses para comprender en qué grado puede estar influenciada por la trayectoria y la experiencia académica.

MÉTODO

Se ha propuesto un estudio exploratorio de metodología mixta (Creswell y Creswell, 2018). Se utilizó la técnica de libre asociación de respuesta simple (Dany et al., 2015), en la cual solo se emplea un término de inducción, sin ninguna restricción de carácter semántico o gramatical en la respuesta. Esta técnica ha sido empleada con frecuencia en estudios que asumen el marco teórico interpretativo de la teoría de las representaciones sociales.

Participantes

Participaron 141 estudiantes (15-20 años) de las cinco modalidades educativas que se ofertaban en el centro donde se llevó a cabo el trabajo de campo, un centro de educación secundaria ubicado en el norte de Portugal. La tabla 1 presenta los datos de caracterización del alumnado participante en el estudio:

Tabla 1.
Caracterización de los participantes (N = 141)

		Género		
Modalidad	N	Mujer	Hombre	Perdidos
Científico-Tecnológica	60	30	29	1
Humanidades	26	19	7	-
Técnico comercial	24	11	13	-
Artes	9	5	4	-
Economía	22	9	13	-
Total	141	74	66	1
Variables de análisis agrupadas		*Género*		
Modalidad	N	Mujer	Hombre	Perdidos
Científico-Tecnológica	60	30	29	1
Humanidades y Artes	35	24	11	-
Técnico Comercial y Economía	46	20	26	-

Instrumento

Se utilizó un cuestionario diseñado *ad hoc*, considerando los supuestos metodológicos establecidos para utilizar la técnica de asociación libre (Dany et al., 2015). El instrumento consta de tres secciones:

1. Variables de caracterización: género, edad y modalidad educativa.
2. Asociación libre y significación personal: conformada por una tabla de dos columnas y cinco filas.
3. Contextualización semántica: respuesta abierta.

Aplicación

La aplicación se realizó en el mes de octubre del curso 2019-2020. Se solicitaron al centro educativo los permisos pertinentes para realizar el estudio. Asimismo, los participantes fueron informados de la voluntariedad y anonimato del estudio. Participaron tres grupos de estudiantes a lo largo de tres sesiones programadas de 50 minutos de duración en las que el profesorado estuvo presente. Para evitar sesgos de respuesta se pidió a los responsables del centro que no informaran previamente al estudiantado sobre la temática de la sesión.

Se distribuyó el instrumento y se explicó cómo se procedería:

1. Se leería en voz alta un término inductor, en este caso fue *alterações climáticas* (*cambio climático* en portugués).
2. Una vez que se había indicado el término en voz alta, el alumnado debía escribir una palabra en cada una de las filas enumeradas, indicándoles que lo hicieran rápidamente y sin reflexionar.
3. Se resolvieron las dudas y se pasó a decir en voz alta el término inductor.

La cumplimentación del cuestionario se realizó igualmente en tres fases:

– Fase 1. Asociación libre. Registro de las cinco ideas-conceptos con la finalidad de calcular la frecuencia y el orden de aparición. El rango de frecuencia permite identificar los elementos compartidos, mientras que el análisis del orden de aparición evidencia conexiones culturales y sociales o temas dominantes.
– Fase 2. Significación personal. Se indicó a los estudiantes que reflexionaran sobre las palabras que habían escrito y las ordenaran atendiendo a la importancia concedida a cada una. Debían enumerarlas del 1 al 5 en la segunda columna habilitada para tal efecto.
– Fase 3. Contextualización semántica. Finalmente, se les solicitó que explicaran la razón por la que habían seleccionado el término más importante. Esta fase permite minimizar sesgos de interpretación en el análisis de la respuesta anterior y profundizar en la significación personal que el alumnado concede al cambio climático.

Análisis de los datos

Se depuró el total de las palabras registradas y se agruparon las respuestas en función del itinerario académico.

Sobre los datos cuantitativos se realizaron análisis descriptivos, mientras que para los datos cualitativos se realizó un análisis de contenido mediante la construcción de categorías emergentes.

Consideraciones éticas

La duración de una clase en el centro es de 50 minutos. La aplicación del instrumento en 15 minutos permitió disponer de 35 para realizar una actividad de divulgación científica con el tema de las creencias y concepciones alternativas sobre el cambio climático.

RESULTADOS

En la tabla 2 se ofrecen los resultados de los análisis de frecuencia del total de las palabras y de las diferentes ideas emergentes. Se presentan también estos mismos resultados en relación con la primera idea que emerge al escuchar el término inductor y con la palabra a la que asignaron mayor relevancia.

Tabla 2.
Caracterización de los datos registrados (palabras/ideas) para el total, la primera idea emergente y la idea de mayor relevancia

		Científico-Técnico	Humanidades y Artes	Técnico Comercial y Economía	TOTAL
Campo semántico	N_{Total} (palabras/ideas)	300	175	230	705
	Ideas diferentes	85	70	58	121
	% de ideas diferentes	28,3 %	40,0 %	25,2 %	17,1 %
Dominancia	N (primera palabra)	60	35	46	141
	Primeras ideas emergentes diferentes	29	20	20	44
	% de primeras ideas diferentes	48,3 %	57,14 %	43,4 %	31,2 %

		Científico-Técnico	Humanidades y Artes	Técnico Comercial y Economía	TOTAL
Relevancia personal	N (palabras relevantes)	60	35	46	141
	Ideas diferentes	29	22	17	52
	% de ideas diferentes	48,33 %	62,8 %	36,9 %	36,9 %

Nota. $N_{Estudiantes} = 141$; $N_{Palabras} = 705$.

El alumnado que participó en el estudio utilizó 121 ideas diferentes, equivalente al 17 % del total, aumentando este porcentaje en los resultados sobre la primera idea emergente y la idea más significativa. El grupo de Humanidades y Artes fue el que más diversidad semántica mostró, utilizando un 40,0 % de palabras diferentes, más de un 10,0 % que los otros dos grupos. Esta diferencia se mantiene en las otras dos variables de análisis (primera idea emergente y significación).

Núcleo central

Se han identificado como conceptos centrales aquellos que alcanzan al menos el 5 % de las respuestas. Según este criterio, la estructura central representa el 50,9 % en el grupo de estudiantes que cursan los estudios de Técnico Comercial y Economía (TCE), el 43,9 % en el caso del itinerario Científico-Tecnológico (CT) y el 36,4 % en el grupo de Humanidades y Artes (HA). Los tres grupos comparten los conceptos de *calentamiento global*, *deshielo* y *calor*, tres ideas relacionadas con el aumento de la temperatura y sus consecuencias más globales y mediatizadas, que equivalen a entre el 20,0 % y el 25,0 % de esta estructura. El estudiantado de los itinerarios CT y HA comparten la idea *contaminación*, que se complementa con las ideas de *extinciones* y *capa de ozono*, y *ambiente*, respectivamente. Por su lado, en el caso del estudiantado del itinerario TCE, incluyen en esta estructura central las ideas *lluvia*, *sol*, *frío* y *tempestades* (figura 7).

Dominancia y relevancia personal

El análisis de las palabras que emergieron en primer lugar permite identificar la idea general que surge al pensar en el cambio climático. En este caso, los resultados son más heterogéneos. Para los y las estudiantes que cursan el itinerario CT, las tres ideas más presentes son *contaminación*, *calentamiento global* y *calor*. Por su lado, en el estudiantado de HA las ideas dominantes son *calentamiento global*, *naturaleza*, *deshielo* y *lluvia ácida*, mientras que para el grupo de TCE las palabras que destacan son *lluvia*, *sol* y *clima*.

En el caso de la relevancia personal, el estudiantado del itinerario CT seleccionaron en un mayor porcentaje las palabras *contaminación*, *calentamiento global* y *calor*, coincidiendo con tres de las ideas constituyentes de su estructura central. Por su lado, el grupo de estudiantes de HA seleccionó las palabras *calentamiento global*, *naturaleza*, *deshielo*, *tiempo* y *lluvia ácida*, mientras que el grupo de TCE destacó los términos *calentamiento global*, *lluvia*, *deshielo* y *sol*.

Contextualización semántica

El análisis de contenido de las aportaciones de los estudiantes dio como resultado las cinco categorías que se muestran en la tabla 3. Estas categorías no son excluyentes, ya que en muchos casos las aportaciones pueden situarse en varias categorías a la vez.

Tabla 3.
Categorías analíticas

Categoría	*CT*	*HA*	*TCE*
Causas - Consecuencias	65,0 % (39)	51,4 % (18)	36,9 % (17)
Medio ambiente	6,7 % (4)	20,0 % (7)	4,3 % (2)
Problema	10,0 % (6)	-	32,6 % (15)
Soluciones - Acciones	10,0 % (6)	5,7 % (2)	4,3 % (2)
Tautologías - Anecdótico - NS/NC	8,3 % (5)	22,8 % (8)	21,7 % (10)

Nota. CT = Científico-Tecnológico; HA = Humanidades y Artes; TCE = Técnico Comercial y Economía

Categoría 1. Causas – consecuencias

En esta categoría se han incluido aquellas aportaciones en las que el alumnado mencionó una o varias causas o consecuencias. Esta es la categoría con mayor presencia en el alumnado de los tres itinerarios académicos, pero en menor proporción en el alumnado de TCE. La razón por la que se decidió crear esta categoría y no dos categorías diferenciadas (causas y consecuencias) es que muchas de las declaraciones del alumnado incluyen tanto causas como consecuencias, como se observa en la figura 1.

A59_CT: «A palavra "aquecimento" para mim é o mais importante, pois é a consequência das outras e também é o que dá origem ao maior parte das alterações climáticas». (Calentamiento)

A42_CT: «Temperatura aumenta mais ou dexe mais devido ao efeito estufa causado pela poluição causada pelo homem (e que leva a toas as outras palavras principalmente a morte/extinção de animais por desgelo, poluição, etc.)». (Calentamiento)

A94_HA: «A meu ver o aumento da temperatura por consequência das alterações climáticas e um fator grave e que leva a vários riscos para o planeta porque ao aumentar, a temperatura, vão haver secas e incendios». (Aumento de la temperatura)

A137_TCE: «Tem chovido muito e ao chover bastante causa cheias que inundam cidades e que causa problemas a toda a gente». (Lluvia)

Fig. 1. Extractos que ejemplifican la descripción de causas y consecuencias.

En esta categoría también se detectan algunas de las concepciones alternativas más extendidas, como la equivalencia entre efecto invernadero y cambio climático o la relación causal entre la capa de ozono y el cambio climático (figura 2).

A13_CT: «O efeito de estufa é um dos principais responsáveis de las alterações climática (aquecimento global, degelo dos glaciares, subida do nível das águas do mar)». (Efecto invernadero)

A16_CT: «Eu pensei em camada de ozono pois a camada de ozono é uma das principais causas das alterações climáticas». (Capa de ozono)

A129_HA: «Porque o aquecimento global trás varias mudanças no mundo». (Calentamiento global)

A123_TCE: «O aquecimento global é a palavra mais importante, pois é a criadora das maiores alterações climáticas, leva ao destruição dos glaciares, ao aumento do nível das aguas, entre otros». (Calentamiento global)

A112_CT: «Tempestade porque com as alterações climáticas o clima muda de forma absurda». (Tempestad)

Fig. 2. Extractos en los que se identifican erróneamente causas y consecuencias del cambio climático.

Categoría 2. Medio ambiente

Esta categoría hace referencia a visiones sobre la conservación, el cuidado, la afectación y la dependencia humana del medio ambiente, como se ilustra en la figura 3.

> A44_CT: «O ambiente é muito importante, e devemos cuidas dele, preserva-lo e não o danificar como tem vindo a acontecer». (Ambiente)
>
> A110_HA: «O ambiente é importante é com ele que respiramos e estamos vivendo. O ambiente é tudo simplesmente. Deveria se a nossa primeira prioridade. Não ha planeta B!!». (Ambiente)
>
> A108_TCE: «As alterações climáticas a natureza, por isso é que a natureza está sempre em primeiro. Neste planeta a natureza devia ser uma coisa muito importante para toda a gente coisa que não acontece na mente de alguns». (Naturaleza)

Fig. 3. Extractos en los que se identifican visiones de conservación, cuidado y dependencia del medio ambiente.

Categoría 3. Problema

Esta categoría aglutina declaraciones en las que el alumnado ha explicitado ideas relacionadas con problemas, riesgos y amenazas, que a su vez se caracterizan por generar preocupación y una visión catastrofista de la situación. Esta categoría está más presente en el alumnado de TCE, mientras que en el de HA no aparece ninguna mención de ella. Cabe indicar que, en este último grupo, existen tres declaraciones (8,6 %) codificadas como «causa – consecuencia» que también denotan una visión catastrofista. La figura 4 ilustra algunos ejemplos de esta categoría.

> A23_CT: «É bastante importante porque nas catástrofes muitas vezes estão associadas as alterações climáticas, e com isso a destruição da natureza e de muitos bens». (Catástrofes)
>
> A2_TCE: «Aquecimento global na minha opinião é mais importante porque influencia bastante nas vidas de todas as espécies de animais, é um assunto grave que se fala bastante ultimamente. Como as pessoas mais poderosas não acreditam que tal exista isso faz que a situação se agrave mais». (Calentamiento global)

Fig. 4. Extractos en los que se identifican visiones de preocupación e identificación del cambio climático como un problema.

Categoría 4. Soluciones – Acciones

> A65_CT: «Quando se começa a perceber, que o clima está a sofrer alterações, as pessoas em vez de ficarem paradas como se nada acontece-se, tem de sentir que podem fazer alguma coisa positiva que altere este problema. As pessoas tem de se sentir preocupadas, prontas a agir». (Preocupación)
>
> A119_HA: «Ação é a mais importante pois para haver mudança temos de agir e tentar facer a diferença. Tudo começa pela ação, quer seja sensibilizar para o assunto ou realmente fazer uma diferença com mais impacto». (Acción)
>
> A11_TCE: «O significado que atribui á palavra "mudanças" foi a importância de termos que mudar certos hábitos para conseguirmos evitar certas catástrofes no nosso planeta». (Cambios)

Fig. 5. Extractos en los que se identifican posibles acciones y soluciones proclimáticas.

En esta categoría se han incluido las declaraciones que explicitan diversas acciones proclimáticas y apelaciones a la acción, ya sea individual o política. En este caso, salvo para el alumnado del itinerario CT, es la categoría con menor prevalencia en los otros dos grupos de estudiantes.

Categoría 5. Tautologías - Anecdótico - NS/NC

Por último, esta categoría incluye las declaraciones en las que se utilizan tautologías para intentar definir el cambio climático, se apuntan ideas superficiales o no se responde al ítem. Aquí, es el alumnado de los itinerarios de HA y de TCE el que presenta una mayor presencia de este tipo de ideas (figura 6).

A10_CT: «Com as alterações climáticas, o clima tem vindo a sofrer muitas alterações». (Clima)
A134_HA: «É a mais importante porque é onde estamos a ver mais alterações». (Clima)
A34_TCE: «O significado para eu ter escolhido o sol é o clima que me adapto mais». (Sol)
A35_TCE: «Posso ficar morena». (Sol)

Fig. 6. Extractos con definiciones tautológicas y comentarios anecdóticos.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sugieren que la representación social del cambio climático del estudiantado portugués no abarca un campo semántico amplio, ya que en el total de las palabras registradas solo el 17,1 % expresa ideas diferentes (tabla 2). Este porcentaje aumenta al explorar las ideas registradas en función del itinerario académico, siendo el alumnado de Humanidades y Artes (HA) el que mayor diversidad ofrece (40 %).

Al explorar la relevancia personal que se concede a una de las ideas registradas, es el grupo de HA el único que aumenta el porcentaje de ideas diferentes hasta un 62,8 %, mientras que el grupo del itinerario Científico-Tecnológico (CT) se mantiene (48,3%) y el del itinerario de Técnico Comercial y Economía (TCE) disminuye hasta un 36,9 % (tabla 2). Estos resultados sugieren que, en el caso del estudiantado de HA, su representación social presenta una mayor heterogeneidad de ideas, posiblemente por el hecho de que, en su itinerario académico, el cambio climático no aparece como un contenido curricular obligatorio, lo que hace depender su comprensión del fenómeno de otras fuentes de información fuera de la institución escolar que adquieren un mayor peso en la representación. En contraposición, en el caso del estudiantado del itinerario CT, aunque sin duda también reciben información sobre el cambio climático desde otras fuentes, su representación es más homogénea, posiblemente por seguir un currículum en el que el cambio climático forma parte de los contenidos obligatorios y tiene un carácter estandarizado. Por su lado, los estudiantes de TCE conforman el grupo con una representación más homogénea y, como se verá más adelante, con una mayor sobrerrepresentación de la dimensión atmosférica (De Pascale, 2023; Sánchez-Almodóvar et al., 2022).

Siguiendo el modelo estructural en el marco de la TRS (Abric, 2001; Wachelke, 2012), la figura 7 identifica el núcleo central y el sistema periférico en las representaciones sociales del cambio climático de cada itinerario académico.

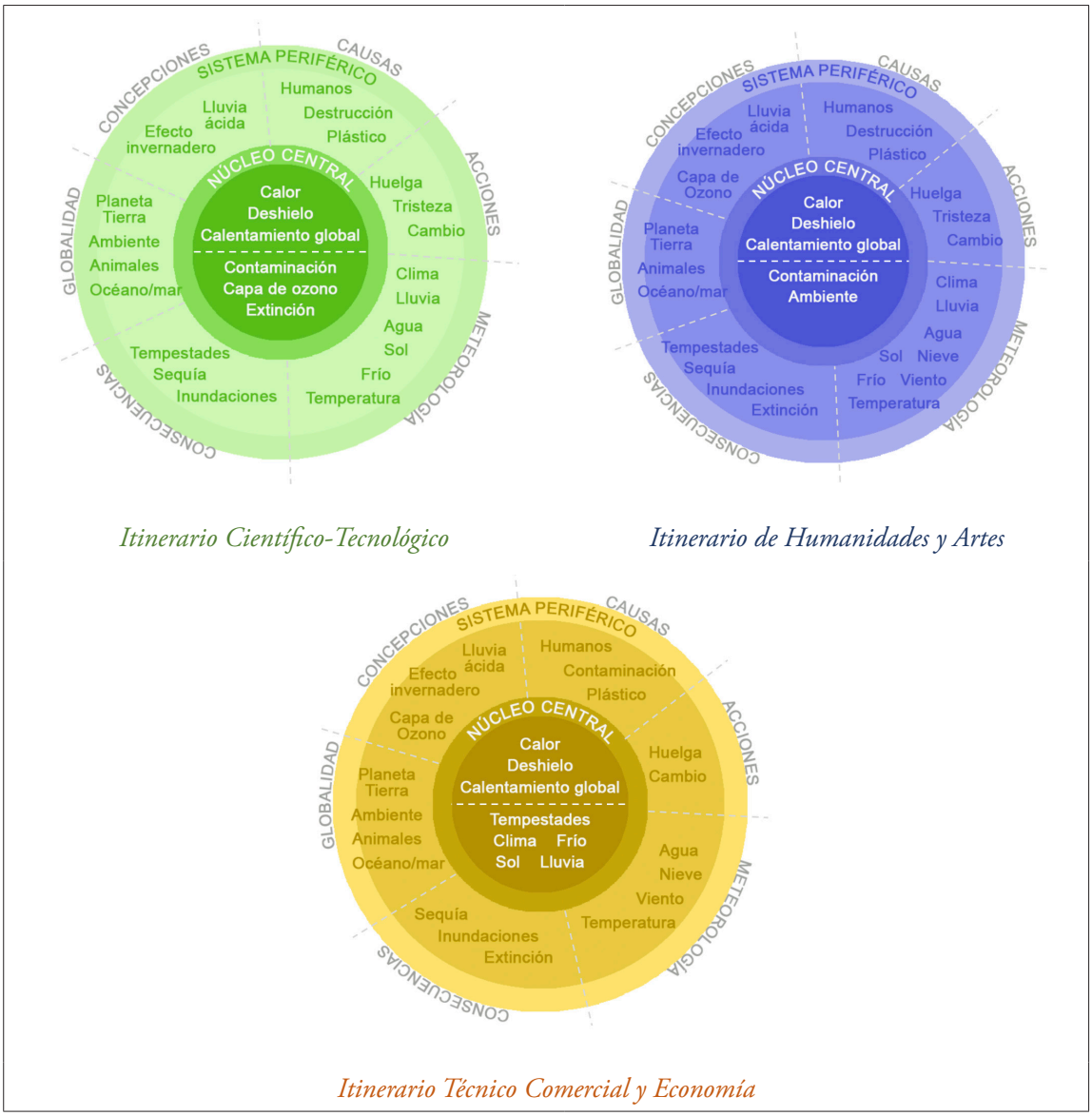


Fig. 7. Núcleo central y sistema periférico de la representación social del cambio climático del alumnado portugués estudiado en función de su itinerario académico.

Se observa que, en cada núcleo central, tratando de conferir al cambio climático un significado consensuado dentro del grupo (Moliner y Abric, 2015), los estudiantes comparten tres ideas relacionadas con el aumento de la temperatura y con una de sus consecuencias globales más mediatizadas –el deshielo–, resultados que corroboran los hallazgos en otros estudios similares con alumnos de España e Italia (García-Vinuesa et al., 2022).

En cuanto a las diferencias entre los itinerarios, cada uno presenta las siguientes particularidades:

– Los estudiantes del itinerario CT (esquema en verde) incorporan en su núcleo central otras tres ideas que puntualizan el significado del cambio climático asociándolo con la *contaminación* (De Pascale, 2023) y con una de las confusiones más extendidas, la causalidad de la *capa de ozono* (García-Vinuesa et al., 2021, 2022) y, finalmente, con la palabra *extinción*, que sugiere

una visión catastrofista del futuro, tanto en relación con los humanos como con otras especies (Fløttum et al., 2016).

– Por su lado, los estudiantes de HA (esquema azul) comparten también la idea de *contaminación* y la palabra *ambiente*, esta última en referencia a una visión conservacionista de la naturaleza y a su preocupación por su deterioro.
– Por último, los estudiantes del itinerario de TCE (esquema amarillo) comparten cinco ideas, todas ellas –incluida la palabra *clima*– relacionadas con fenómenos meteorológicos: *tempestades*, *frío*, *calor* y *lluvia*. En las explicaciones que el estudiantado aporta sobre la elección de estas palabras se constata la dificultad para comprender el cambio climático, utilizando tautologías o explicaciones sin relación aparente con las causas antropogénicas del fenómeno (Punter et al., 2011) (figura 6).

Situando la mirada en el sistema periférico, se evidencia que los tres grupos comparten muchas de las ideas que los conforman, cuya función es la de concretar y operativizar la representación (Abric, 2001). En todos los grupos se identifican seis grandes categorías. Las cinco primeras corroboran los resultados de otros estudios (De Pascale, 2023; García-Vinuesa et al., 2021; 2022, entre otros) y agrupan ideas relacionadas con conocimientos generales sobre el cambio climático; mientras que la última identifica una dimensión actitudinal y emocional. Las categorías establecidas son las siguientes:

1. Causas. Incluye ideas relacionadas con la causalidad antropogénica del cambio climático, integrando palabras como *humanos*, *plástico* o *destrucción*, esta última vinculada con la destrucción de diferentes elementos clave de la biosfera.
2. Consecuencias. Identifica eventos meteorológicos extremos como la *sequía*, las *inundaciones* o las *tempestades*, directamente relacionados con algunas consecuencias del cambio climático experimentadas en su contexto cercano (Özdem et al., 2014), y la pérdida de biodiversidad se atribuye a una *extinción* masiva causada por el cambio climático.
3. Globalidad. Esta categoría agrupa cuatro palabras que hacen referencia a aspectos generales: *planeta Tierra*, *ambiente*, *animales* y *océano*. Evocan una visión naturalista, aunque principalmente vinculada con las consecuencias del cambio climático.
4. Meteorología. Esta categoría corrobora el sesgo atmosférico a la hora de representar el cambio climático, así como la dificultad para comprender las diferencias entre tiempo y clima (De Pascale, 2023; Sánchez-Almodóvar et al., 2022).
5. Concepciones erróneas. En esta categoría se evidencian las principales concepciones alternativas relacionadas con el *efecto invernadero* como sinónimo del cambio climático, la *capa de ozono* o la *lluvia ácida* (De Pascale, 2023; García-Vinuesa et al., 2022; García-Vinuesa y Meira, 2019; Ladrera y Robredo, 2022).
6. Acciones. Esta última categoría integra tres ideas. La idea de *cambio*, en referencia a la necesidad de realizar cambios individuales y colectivos, que se vincula con la de *huelga*, que parece guardar una estrecha relación con el periodo en el que se realizó el estudio, al coincidir con el auge de las movilizaciones estudiantiles por el clima lideradas por Greta Thunberg (Misch et al., 2021; Verlie y Flynn, 2022). Este último resultado apoya la noción del sistema periférico como facilitador de la adaptación de la representación a contextos sociales e históricos determinados (Abric, 2001). Finalmente, la idea de *tristeza*, que no aparece en el grupo de TCE, sugiere un estado emocional de aflicción cercano a la resignación, como posible inhibidor de acciones proclimáticas.

Para finalizar, cabe destacar que los resultados de esta investigación corroboran los obtenidos en un estudio previo realizado con alumnado portugués (García-Vinuesa et al., 2021). En él, los estu-

diantes valoraban un mayor conocimiento autopercibido sobre las causas y consecuencias del cambio climático que sobre sus posibles soluciones, hecho que se vuelve a constatar en esta ocasión por el bajo porcentaje que alcanzan las ideas relacionadas con posibles soluciones y alternativas de respuesta. De hecho, gran parte de las ideas relativas a las soluciones tienen claros vínculos con el movimiento Fridays 4 Future, lo que resalta, por un lado, la influencia de los medios de comunicación y de la interacción entre iguales en la construcción de las representaciones sociales y, por otro, el hecho de que la educación formal parece eludir saberes y competencias orientadas a promover la acción y la participación del estudiantado en las respuestas a la crisis climática. A su vez, se identifica la presencia de concepciones alternativas similares a las confirmadas mediante el cuestionario de respuesta cerrada.

CONCLUSIONES

Las similitudes entre los resultados obtenidos mediante un cuestionario de respuesta cerrada (García-Vinuesa et al., 2021) y el método de asociación libre del actual estudio parecen apuntar a un necesario cambio de paradigma en el proceso de enseñanza-aprendizaje del cambio climático. Tanto en los resultados del cuestionario, que guía y determina las respuestas de los encuestados, como en los obtenidos en este estudio de carácter abierto, se denota una representación social limitada en la que se comparten elementos referidos a concepciones alternativas y consecuencias ligadas a problemas ambientales y a una visión global causal y consecuencial del problema, con escasas conexiones con la vida personal y en sociedad. El cambio paradigmático del cambio climático, como contenido exclusivo de las ciencias del clima (USGCRP, 2009), hacia la crisis o la emergencia climática, como problema multidimensional que afecta a aspectos ambientales, científicos, sociales, culturales o económicos, puede facilitar su tratamiento educativo desde el enfoque de la enseñanza basado en cuestiones sociocientíficas. Un paso ya dado en este sentido son las declaraciones de emergencia climática realizadas por diferentes estados en el último lustro (Portugal lo hizo en 2019), que podrían tener influencia en la (de)construcción de la representación social del cambio climático, en el profesorado, en el alumnado y en su tratamiento curricular, conforme esta vaya alcanzando una mayor relevancia pública.

Sin embargo, este cambio de enfoque presenta diversos obstáculos relacionados con los elementos esenciales que Presley et al. (2013) señalaban sobre la enseñanza de cuestiones sociocientíficas y que deberían atenderse desde la formación del profesorado inicial y continua. En relación con los elementos del diseño de esta metodología, el profesorado de educación secundaria declara la existencia de limitaciones curriculares a la hora de afrontar este tópico debido a la integración curricular del cambio climático en materias exclusivamente relacionadas con las ciencias naturales (Walshe et al., 2018; Wang et al., 2019), lo cual dificulta su tratamiento y conexión con otros contenidos presentes en materias del ámbito de las ciencias sociales (Plutzer y Hannah, 2018). En cuanto a las experiencias de aprendizaje, las limitaciones vienen dadas, principalmente, por el constreñimiento de los tiempos escolares (Clausen, 2018; Howard-Jones et al., 2021), que no permiten la realización de actividades en las que se pueda dedicar el tiempo necesario para debatir y confrontar ideas, permitiendo renegociar los significados sociales de los aportes científicos. Finalmente, los atributos del profesorado son determinantes, pues deben estar familiarizados con el tema (tanto con respecto a los conocimientos científicos como en sus aspectos sociales) y aceptar los grados de incertidumbre que la temática representa. En este sentido, el profesorado manifiesta una falta de conocimiento e inseguridad sobre un tópico altamente complejo y abstracto (Clausen, 2018; Walshe et al., 2018).

Por otro lado, no se puede ignorar el hecho de que los resultados refuerzan la importancia de la influencia de diversos factores sociales, políticos y culturales (instituciones educativas, medios de comunicación, relaciones personales e intergrupales, creencias, etc.) en la construcción de las representaciones sociales (Wachelke, 2012). Esto se observa en la categoría *Acciones*, donde aparecen palabras

como *cambio* y *huelga*, que visibilizan la incorporación de nuevos elementos en la RS debido al impacto social y mediático de Greta Thunberg, una figura de relevancia pública y generacionalmente cercana al estudiantado de educación secundaria.

Para finalizar, consideramos que los sesgos en la selección de la información o del conocimiento, supuestamente más útil, a nivel curricular y en la práctica educativa, acentuados por el tratamiento disciplinar inconexo que se hace del cambio climático, limitan la visión holística y sistémica que requiere su comprensión. Un déficit que es preciso revisar en la enseñanza de las ciencias, en general, y en el tratamiento curricular del cambio climático en particular. Cabe recordar que, para entender en su complejidad el sistema climático y sus implicaciones en las sociedades humanas es preciso dotar al alumnado de una mirada científica, económica y sociocultural que ha de ser cognitiva, pedagógica y axiológicamente abierta y multidimensional, además de crítica, para visibilizar las múltiples interacciones existentes en procesos que son social y científicamente controvertidos, complejos y dinámicos.

REFERENCIAS

Abric, J. C. (2001). Las representaciones sociales: aspectos teóricos. En J. C. Abric (Ed.), *Prácticas sociales y Representaciones* (pp. 11- 32). Ediciones Coyoacán.

Boyes, E. y Stanisstreet, M. (2012). Environmental education for behaviour change: Which actions should be targeted? *International Journal of Science Education*, *34*(10), 1591-1614. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.584079

Busch, K., Henderson, J. y Stevenson, K. (2018). Broadening epistemologies and methodologies in climate change education research. *Environmental Education Research*, *25*(6), 955-971. https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1514588

Clausen, S. W. (2018). Exploring the pedagogical content knowledge of Danish geography teachers: Teaching weather formation and climate change. *International Research in Geographical and Environmental Education*, *27*(3), 267-280. http://dx.doi.org/10.1080/10382046.2017.1349376

Comisión Europea. (2022). *Flash Eurobarometer 502: Youth and democracy in the European Year of Youth*. Comisión Europea. file:///Users/antuan/Downloads/Youth_and_Democracy_in_EU_Year_of_Youth_FL502_en.pdf

Creswell, J. W. y Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.

Dany, L., Urdapilleta, I. y Lo Monaco, G. (2015). Free associations and social representations: some reflections on rank-frequency and importance-frequency methods. *Quality & Quantity*, *49*(2), 489-507. https://doi.org/10.1007/s11135-014-0005-z

De Pascale, F. (2023). Geographical Education and Climate Change Perception in Secondary School: A Case Study in Southern Italy. *Sustainability*, *15*(4), 3255. https://doi.org/10.3390/su15043255

Fløttum, K., Dahl, T. y Rivenes, V. (2016). Young Norwegians and their views on climate change and the future: findings from a climate concerned and oil-rich nation. *Journal of Youth Studies*, *19*(8), 1128-1143. https://doi.org/10.1080/13676261.2016.1145633

García-Vinuesa, A. (2021). *La representación social del cambio climático en la educación secundaria no obligatoria. Una búsqueda de claves socioeducativas entre la alfabetización climática (AC) y la educación para el cambio climático (EpCC)* [Tesis de doctorado]. Universidade de Santiago de Compostela. http://hdl.handle.net/10347/27404

García-Vinuesa, A., Carvalho, S., Meira Cartea, P. Á. y Azeiteiro, U. M. (2021). Assessing climate knowledge and perceptions among adolescents. An exploratory study in Portugal. *The Journal of educational research*, *114*(4), 381-393. https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1954582

García-Vinuesa, A. y Meira Cartea, P. Á. (2019). Caracterización de la investigación educativa sobre el cambio climático y los estudiantes de educación secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, *24*(81), 507-535. http://hdl.handle.net/10347/20306

García-Vinuesa, A., Meira Cartea, P. Á., Caride, J. A. y Bachiorri, A. (2022). El cambio climático en la educación secundaria: conocimientos, creencias y percepciones. *Enseñanza de las Ciencias*, *40*(2), 25-48. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3526

Heras, F., Meira, P. A. y Benayas, J. (2016). Un silencio ensordecedor. El declive del cambio climático como tema comunicativo en España 2008-2012. *Revista de Estudios para el Desarrollo Social de la Comunicación*, *13*, 31-54. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5766585

Hermans, M. y Korhonen, J. (2017). Ninth graders and climate change: Attitudes towards consequences, views on mitigation, and predictors of willingness to act. *International Research in Geographical and Environmental Education*, *26*(3), 223-239. https://doi.org/10.1080/10382046.2017.1330035

Howard-Jones, P., Sands, D., Dillon, J. y Fenton-Jones, F. (2021). The views of teachers in England on an action-oriented climate change curriculum. *Environmental Education Research*, *27*(11), 1660-1680. https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1937576

Hsu, Y. S., Tytler, R. y White, P. J. (Eds.). (2022). *Innovative Approaches to Socioscientific Issues and Sustainability Education: Linking Research to Practice*. Springer Nature.

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* (Eds. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Eds. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

Kılınç, A., Boyes, E. y Stanisstreet, M. (2011). Turkish school students and global warming: beliefs and willingness to act. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *7*(2), 121-134. https://doi.org/10.12973/ejmste/75187

Ladrera, R. y Robredo, B. (2022). SOS: emergencia climática en las aulas de educación secundaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, *27*(3), 44-58. https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n3p44

Malandrakis, G., Boyes, E. y Stanisstreet, M. (2011). Global warming: Greek students' belief in the usefulness of pro-environmental actions and their intention to take action. *International journal of environmental studies*, *68*(6), 947-963. https://doi.org/10.1080/00207233.2011.590720

McKeown, R. y Hopkins, C. (2010). Rethinking climate change education. *Green Teacher*, *89*, 17-21. https://greenteacher.com/rethinking-climate-change-education/

Misch, A., Kristen-Antonow, S. y Paulus, M. (2021). A question of morals? The role of moral identity in support of the youth climate movement Fridays4Future. *PloS one*, *16*(3), e0248353. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248353

Moliner, P. y Abric, J. C. (2015). Central core theory [Teoría del núcleo central]. En G. Sammut, E. Andreouli, G. Gaskell y J. Valsiner (Eds.), *The Cambridge handbook of Social Representations* (pp. 83-95). Cambridge University Press.

Moreno, J. A. y Almiron, N. (2021). Representación en la prensa española del papel de la agricultura animal en la crisis climática: falta de visibilidad y carnismo. *Estudios sobre el mensaje periodístico*, *27*(1), 349-64. http://dx.doi.org/10.5209/esmp.7374

Moscovici, S. (1979). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Editorial huemul.

Nation, M. T. y Feldman, A. (2021). Environmental education in the secondary science classroom: How teachers' beliefs influence their instruction of climate change. *Journal of Science Teacher Education*, *32*(5), 481-499. https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1854968

Occelli, M. y Valeiras, N. (2013). Los Libros de texto de ciencias como objeto de investigación: Una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, *31*(2), 133-152. https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.761

Özdem, Y., Dal, B., Öztürk, N., Sönmez, D. y Alper, U. (2014). What is that thing called climate change? An investigation into the understanding of climate change by seventh-grade students. *International Research in Geographical and Environmental Education*, *23*(4), 294-313. https://doi.org/10.1080/10382046.2014.946323

Plutzer, E. y Hannah, A. L. (2018). Teaching climate change in middle schools and high schools: investigating STEM education's deficit model. *Climatic change*, *149*(3-4), 305-317. https://doi.org/10.1007/s10584-018-2253-8

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. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1062183.pdf

Prosser G., Bonilla N. y Arboleda-Ariza, J. (2020). Educación para el cambio climático y saberes ambientales en declaraciones del alto segmento de la COP25. *Revista de Mexicana de Investigación Educativa*, *25*(87), 873-899. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7604718

Punter, P., Ochando-Pardo, M. y Garcia, J. (2011). Spanish secondary school students' notions on the causes and consequences of climate change. *International Journal of Science Education*, *33*(3), 447-464. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.492253

Reid, A. (2019). Climate change education and research: possibilities and potentials versus problems and perils? *Environmental Education Research*, *25*(6), 767-790. https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1664075

Rodríguez, M., Boyes, E. y Stanisstreet, M. (2010). Spanish secondary students' willingness to undertake specific actions to combat global warming: Can environmental education help? *Psyecology*, *1*(1), 73-89. https://doi.org/10.1174/217119710790709496

Sadler, T. D. (2022). Epilogue: Evolution of Socioscientific Issues Based Education. En *Innovative Approaches to Socioscientific Issues and Sustainability Education: Linking Research to Practice* (pp. 381-386). Springer Nature.

Sánchez-Almodóvar, E., Gómez-Trigueros, I. M. y Olcina-Cantos, J. (2022). Climate Change and Extreme Weather Events in the Education of the Citizens of the Twenty-First Century: The Perception of Secondary Education Students. *Social Sciences*, *12*(1), 27. https://doi.org/10.3390/socsci12010027

Serantes, A. y Liotti, L. (2020), ¿Qué deberían contar (y cómo) los libros de texto de la Educación Secundaria sobre el cambio climático? *Revista Brasileira do Ensino Médio*, *3*, 76-90. https://doi.org/10.5281/zenodo.4011278

United States Global Research Program [USGCRP]. (2009). *Climate literacy. The essential principles of climate science*. USGCRP. https://www.climate.gov/teaching/climate

Verlie, B. y Flynn, A. (2022). School strike for climate: A reckoning for education. *Australian Journal of Environmental Education*, *38*(1), 1-12. https://doi.org/10.1017/aee.2022.5

Wachelke, J. (2012). Social representations: a review of theory and research from the structural approach. *Universitas Psychologica*, *11*(3), 729-741. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64724634004

Walshe, R. A., Chang Seng, D., Bumpus, A. y Auffray, J. (2018). Perceptions of adaptation, resilience and climate knowledge in the Pacific: The cases of Samoa, Fiji and Vanuatu. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, *10*(2), 303-322. https://doi.org/10.1108/IJCCSM-03-2017-0060

Wang, H. H., Bhattacharya, D. y Nelson, B. J. (2020). Secondary agriculture teachers' knowledge, beliefs and, teaching practices of climate change. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, *26*(1), 5-17. https://doi.org/10.1080/1389224X.2019.1699126

Climate Change in Secondary Education: The Social Representation of Portuguese Students

Antonio García Vinuesa
Departamente de Pedagoxía e Didáctica. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España.
a.garcia.vinuesa@usc.es
Sara Carvalho
Associação Portuguesa de Educação Ambiental (Aspea), Aveiro, Portugal.
saracostacarvalho@gmail.com
Pablo Ángel Meira Cartea
Departamente de Pedagoxía e Didáctica. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España.
pablo.meira@usc.es

Numerous United Nations agencies underscore the pivotal role of education in enabling societies to address the challenges posed by climate change over the medium and long term. Educational systems are tasked with promoting adaptation and mitigation measures while cultivating public acceptance of policies designed to minimize the repercussions of the climate crisis and facilitate the transition towards zero-emission societies.

Despite these imperatives, the integration of climate change into the official secondary education curricula since the late 20th century appears to have fallen short of effectively meeting these demands, yielding limited socializing outcomes. This shortfall can be attributed, in part, to educational approaches that predominantly transmit scientific knowledge in a disciplinary fashion, neglecting essential considerations of the social, economic, ethical, and cultural implications of the issue and thereby fostering a biased perspective of the climate crisis. In response to this deficiency, the teaching of socioscientific topics emerges as a suitable methodology, addressing issues with clear connections and implications between science and society, and offering potential solutions to the deficiencies of the prevailing literacy approaches.

Against this backdrop, this study delves into how secondary education students in Portugal perceive and represent climate change, seeking to enhance our understanding of how the educational system shapes these representations. The research employs an exploratory approach with a mixed methodology, utilizing the free association technique. The study encompasses 141 students from the central region of Portugal, each pursuing different academic paths during the 2019-2020 academic year. Data analysis and interpretation are grounded in Serge Moscovici's theory of social representations, justifying the selection of this data collection technique, which has proven effective in various studies within this theoretical framework.

The findings indicate that students perceive the climatic phenomenon as a global environmental problem linked to meteorological phenomena such as the temperature rise and the melting ice caps. While there is acknowledgment of risks and threats, these are predominantly associated with elements of the biosphere, with limited references and connections to everyday life or the social and economic consequences identified by science and increasingly observed worldwide. Academic backgrounds appear to influence specific aspects of the depiction, hinting at a standardization of social representations among students following similar academic trajectories. Notably, social, cultural, and political considerations come to the fore, particularly under the influence of figures like Greta Thunberg and the Fridays for Future movement, owing to their public relevance and generational resonance with secondary education students.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 159-184 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6130
Investigaciones didácticas ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

La alfabetización ambiental del futuro profesorado de infantil y primaria en Andalucía

The Environmental Literacy of Future Pre-School and Primary School Teachers in Andalusia

Ana Rivero García, Emilio Solís Ramírez
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales
Universidad de Sevilla. Sevilla, España
arivero@us.es, esolis@us.es

Rocío Jiménez Fontana, Lucía Rodríguez Pérez
Departamento de Didáctica
Universidad de Cádiz. Cádiz, España
rocio.fontana@uca.es, lucia.rodriguezperez@alum.uca.es

RESUMEN • Se pretende detectar el grado de alfabetización ambiental del profesorado de educación infantil y primaria en formación inicial de las universidades públicas de Andalucía. Para ello se utiliza un cuestionario (CDA) que indaga sobre tres dimensiones: conocimientos y habilidades, actitudes y emociones, y comportamientos. Participan 1.766 estudiantes matriculados en las titulaciones de las distintas universidades y se analizan sus respuestas mediante estadística descriptiva. Los resultados muestran un nivel de alfabetización ambiental no homogéneo en las distintas dimensiones y diferencias entre los grados y cursos en los que están matriculados. Teniendo en cuenta los resultados empíricos y el marco teórico, se propone una progresión con tres niveles: elemental, estándar y avanzado, orientadora de futuros análisis y de la formación del profesorado.

PALABRAS CLAVE: Alfabetización ambiental; Formación inicial docente; Educación primaria; Educación infantil.

ABSTRACT • The objective of this study is to evaluate the level of environmental literacy among early childhood and primary education teachers in initial training at Andalusian public universities. To this end, a questionnaire (CDA in Spanish) was used to examine three key dimensions: knowledge and skills, attitudes and emotions, and behaviors. A total of 1,766 students enrolled in the mentioned degrees from different universities participated in the study, and their responses were analyzed using descriptive statistics. The results demonstrate a heterogeneous level of environmental literacy in the three dimensions, with remarkable differences observed between the degrees and the academic year in which the students were enrolled. In light of the empirical findings and the theoretical framework, a three-level progression is proposed: elementary, standard, and advanced, to guide future analyses and teacher training.

KEYWORDS: Environmental literacy; Pre-service teachers; Primary education; Early childhood education.

Recepción: enero 2024 • Aceptación: mayo 2024 • Publicación: noviembre 2024

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

INTRODUCCIÓN

Actualmente estamos experimentando una serie de fenómenos ambientales extremos, los cuales son cada vez más frecuentes e incuestionables en magnitud. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático –IPCC–, en su sexto Informe de Evaluación (IPCC, 2021), argumenta los cambios que están sucediendo a nivel mundial en el clima, con los riesgos y amenazas que implican para una civilización que colapsa (García-Vinuesa et al., 2022). Se cuenta, pues, con información científica suficiente para aceptar que la situación tiene un alto impacto en la vida del planeta (Acosta Collazo, 2022) y se hace necesaria la toma de conciencia de la crisis ambiental, signo de una nueva era histórica (Leff, 2006) que cuestiona la bondad y viabilidad del proyecto moderno (Meira, 2006).

Así, la alfabetización ambiental –ALFAM– se convierte en un posicionamiento potente en este contexto, al implicar la habilidad de reflexionar sobre la interacción entre los sistemas sociales y la biosfera con la disposición para tomar decisiones e implementar acciones, tanto a nivel individual como colectivo, con el propósito de mejorar y preservar dicha interrelación (Guerrero-Fernández et al., 2022a). Para lograr impregnar los planes de estudios de las diferentes etapas educativas con la ALFAM, es imprescindible que los docentes estén, asimismo, alfabetizados ambientalmente. En el contexto español disponemos aún de pocos estudios que informen del grado de ALFAM de los futuros docentes, y ninguno de ellos se ha realizado en el contexto andaluz, de ahí que nos planteemos con este trabajo aportar resultados que permitan caracterizar mejor la situación en Andalucía, como paso imprescindible para ajustar las propuestas formativas a las necesidades de este contexto.

Por todo lo expuesto, nos planteamos dos objetivos:

1. Determinar el grado de ALFAM de los docentes en formación inicial en las universidades públicas de Andalucía (UPA) en los grados de Educación Infantil y Primaria, en relación con las tres dimensiones de esta: conocimientos y habilidades (CyH), actitudes y emociones (AyE), y comportamientos (COM).
2. Analizar si este grado de ALFAM depende del momento y grado en que se encuentren los participantes.

MARCO TEÓRICO

Ante la situación de crisis ecosocial en la que nos encontramos, es imperativo que la ciudadanía sea plenamente consciente y esté comprometida con la actual crisis adoptando un enfoque decrecentista (García Díaz et al., 2019). No es posible sobrepasar los límites biofísicos si realmente se quiere garantizar el mantenimiento de un medio ambiente compatible con la sostenibilidad de nuestras sociedades, por lo que desde dicha perspectiva se aboga por una transición económica y social acorde a un mundo con recursos limitados (Latouche, 2008).

La educación ambiental (EA) reconoce la necesidad de una educación que habilite a las personas a descubrir las razones, efectos y soluciones relacionadas con la crisis socioambiental. Su objetivo es la ALFAM de la ciudadanía, que conlleva la conciencia y preocupación por el medio ambiente y sus problemas asociados, implicando conocimientos, habilidades y motivaciones para abordarlos (Álvarez-García et al., 2018a). Si bien su conceptualización y operativización dependen de las interpretaciones de cada autor y están estrechamente ligadas a los atributos que componen este concepto y que sirven de marco para su evaluación, hay cierto consenso al establecer, al menos, tres componentes o dimensiones principales: conocimientos y habilidades, actitudes y comportamientos (Goldman et al., 2006; Negev et al., 2008; Pe'er et al., 2007; Roth, 1992; Yavetz et al., 2009). En este trabajo, tenemos en cuenta, además, las emociones, ya que, junto con las actitudes y los valores, posibilitan el desarrollo de una ciudadanía crítica y reflexiva (Kinslow et al., 2019).

Pero no cualquier nivel ALFAM es suficiente para afrontar la crisis actual. Es necesario aproximarse a lo que Roth (1992) define como nivel operacional. En este nivel:

- se comprende en profundidad y de forma crítica la relación entre los sistemas sociales y naturales en variedad de temas y tanto en lo local como en lo global;
- se es capaz de analizar los problemas socioambientales y su gravedad para nuestra supervivencia y evaluar críticamente la información relacionada con ellos y sus soluciones;
- existe preocupación y motivación para actuar tanto en lo privado como en lo público y se está dispuesto a reducir algunos privilegios individuales a corto plazo y promover y participar en cambios en el ámbito social en aras del bien común.

Promover de manera efectiva una ALFAM de estas características depende del papel desempeñado por los docentes (Álvarez-García et al., 2015) y de la cantidad y calidad de conocimientos y actitudes proambientales que adquieran y adopten (Estrada-Vidal y Tójar-Hurtado, 2017). Diversos autores vienen defendiendo la necesidad de incluir contenidos ambientales en la formación inicial del profesorado (Cebrián y Junyet, 2014). Pero definir de forma adecuada la formación que necesitan los docentes exige conocer el punto de partida. Hasta el momento, se sabe que el desarrollo de competencias ambientales de los docentes en formación es escaso, además de que los currículos no enfrentan esta carencia (Álvarez-García et al., 2015). Así mismo, se tiene constancia del grado de ALFAM en los futuros profesores en Turquía, considerando las dimensiones de conocimiento, actitud y preocupación (Tuncer et al., 2014) y las dimensiones de conocimiento, actitudes y comportamiento en Taiwán, Jordania y España, respectivamente (Liang et al., 2018; Gheith, 2019; Marcos-Merino et al., 2020). En general, tanto en el ámbito europeo (Goldman et al., 2006; Michail et al., 2007; Pe'er et al., 2007 y Yavetz et al., 2009) como en el contexto español (Álvarez-García et al., 2018b), los profesores en formación presentan un nivel de ALFAM generalmente bajo, aunque no todos los resultados son coincidentes, ni este nivel es uniforme en todos los aspectos evaluados, siendo el ámbito de las actitudes el que ostenta niveles mayores. Este trabajo pretende aportar nuevos resultados, en aras de ir fortaleciendo las conclusiones en este campo, especialmente en el caso de Andalucía.

METODOLOGÍA

Contexto y participantes

Este estudio se realizó en la Comunidad Autónoma de Andalucía con los estudiantes del grado de Educación Infantil (EI) y de Educación Primaria (EP) de ocho de sus universidades públicas (Almería, Cádiz, Córdoba, Granada –incluida la sede de Melilla–, Huelva, Jaén, Málaga y Sevilla).

La muestra inicial fue de 1819 sujetos, de los cuales 53 no dieron su consentimiento expreso para que sus respuestas formasen parte de este estudio, por lo que el número total de cuestionarios analizados fue de 1.766. De ellos, 956 (54,1 %) estudiaban EI y 810 (45,9 %) EP. El número de participantes que iniciaban sus estudios en EI era 697 (39,4 %) (en adelante, EIi) y el de estudiantes que finalizaban 259 (14,7 %) (en adelante, EIf). En el caso de EP, los participantes que iniciaban el grado eran 418 (23,6 %) (en adelante, EPi), y los que estaban finalizándolo, 392 (22,3 %) (en adelante, EPf).

La edad oscilaba entre los 17 y 61 años, aunque el 93 % se encontraba entre 18 y 24 años. El 84,9 % eran mujeres, el 14,8 % hombres y el 0,3 % otras identidades. Si separamos este dato por titulaciones, en EI un 94,1 % eran mujeres, un 5,8 % hombres y un 0,1 % otras identidades. En el caso de EP, un 74,2 % eran mujeres, un 25,4 % hombres y un 0,4 % otras identidades. El acceso a la Universidad mayoritario (68,7 %) fue a través de la prueba de acceso, aunque un número importante de estudiantes (24,5 %) accedió a través de las pasarelas de los ciclos formativos de grado superior. La

mayoría (75,3 %) procedía del bachillerato de humanidades y ciencias sociales, y el 18,5 % procedía del de ciencia y tecnología, siendo bastante escaso el de arte y los de aquellos participantes que no habían cursado bachillerato.

Representatividad de la muestra

Para este trabajo contamos con una muestra de tipo probabilístico estratificada (Hernández-Sampieri et al., 2014). Para determinar si era estadísticamente representativa de la población a la que se pretendía estudiar, recurrimos a los datos publicados por el Ministerio de Universidades. El apartado QEDU de su página web nos permitió calcular la oferta de plazas de los primeros cursos de las facultades de Educación para las ocho UPA en el curso 2021-22. Por otro lado, el documento denominado *Datos y Cifras*, publicación que abarca los años 2012-2022, nos permitió obtener el porcentaje de egresados en la rama de ciencias sociales y jurídicas, que encuadra los estudios de educación: 50,12 % de los estudiantes que iniciaban la correspondiente titulación. Con estas dos fuentes detectamos que la población que se pretendía estudiar era de 13.029. Mediante los métodos de cálculo para la representatividad estadística de una muestra (Hernández-Sampieri et al., 2014), la muestra representativa de esta población resulta ser de 374 participantes (con un error máximo aceptable del 5 % y un nivel deseado de confianza del 95 %).

También determinamos si los valores eran estadísticamente representativos para los estudios que se pretendían realizar, considerando muestras estratificadas. El número de matriculados, sujetos participantes y muestras estadísticamente representativas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1.
Datos de los grupos de estudio de EI y EP

Grupo	*Matriculados*	*Factor de estratificación*	*Muestra representativa*	*Participantes*	*Porcentaje participantes/matriculados*
EIi	3.131	0,029	90	697	22,2 %
EIf	1.993	0,029	57	259	12,9 %
EPi	4.831	0,029	139	418	8,6 %
EPf	3.074	0,029	88	392	12,7 %
Total	13.029		374	1.766	13,5 %

El factor de estratificación se calculó dividiendo el valor de la muestra representativa antes obtenido (374) y la población total (13.029).

Enfoque de la investigación

Para alcanzar los objetivos previstos, se adoptó un enfoque cuantitativo y se desarrolló un estudio de estadística descriptiva e inferencial, dentro de un paradigma descriptivo-interpretativo.

Instrumento

El instrumento utilizado en esta investigación es el cuestionario de dimensiones ambientales (CDA), instrumento validado y probado (Guerrero-Fernández et al., 2022b; Guerrero-Fernández et al., 2022c), y que se puede consultar en la siguiente dirección: https://doi.org/10.12795/11441/156948. En el anexo I se encuentran su estructura y las categorías y subcategorías del cuestionario y los ítems en las que se tratan.

Técnicas de análisis

Las técnicas de análisis variaron según la sección del cuestionario analizado. En la sección 2 se realizó un conteo del número de respuestas adecuadas ofrecidas por los participantes, que agrupamos en nivel bajo (0 a 4 respuestas correctas), medio (5 a 9) o alto (10 a 14).

En las secciones 3.1 y 4 (escalas de tipo Likert) se consideró un mayor grado de ALFAM cuanto más próximo era el valor al acuerdo o a la alta frecuencia (según la escala). Para las medias se consideraron los siguientes intervalos: desacuerdo/baja frecuencia entre el 1 y el 2,5; indecisión entre 2,51 y 3,5; y acuerdo/alta frecuencia, entre 3,51 y 5. Asimismo, se consideraron nivel bajo los valores 1 y 2, nivel medio el valor 3, y nivel alto los valores 4 y 5.

En estas mismas secciones, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para un nivel de significancia de 0,05. Se acepta la hipótesis alternativa de que los datos no siguen una distribución normal. Para determinar si las diferencias entre los grupos definidos son o no significativas se calculó la U de Mann-Whitney y el p-valor.

En la sección 3.2 (3 ítems relacionados con las emociones), se realizó un conteo de las escogidas tanto en la muestra completa como en cada grupo de estudio.

RESULTADOS

Presentamos los resultados organizados en función de cada una de las dimensiones exploradas y las secciones en que se estructura el CDA.

Conocimiento y habilidades (CyH)

Los ítems correspondientes a esta dimensión se encuentran en la sección 2, cuyos resultados hemos denominado CyH1, y en la sección 3.1, cuyos resultados hemos denominado CyH2.

Resultados en CyH1

En esta sección se incluyen cuestiones relativas a los sistemas socionaturales en las que hay consenso científico y que son básicas para diagnosticar la situación socioambiental y tomar decisiones fundamentadas. Las respuestas correctas de cada sujeto oscilan desde cero hasta doce, sin que ningún participante haya respondido adecuadamente a los 14 ítems (figura 1).

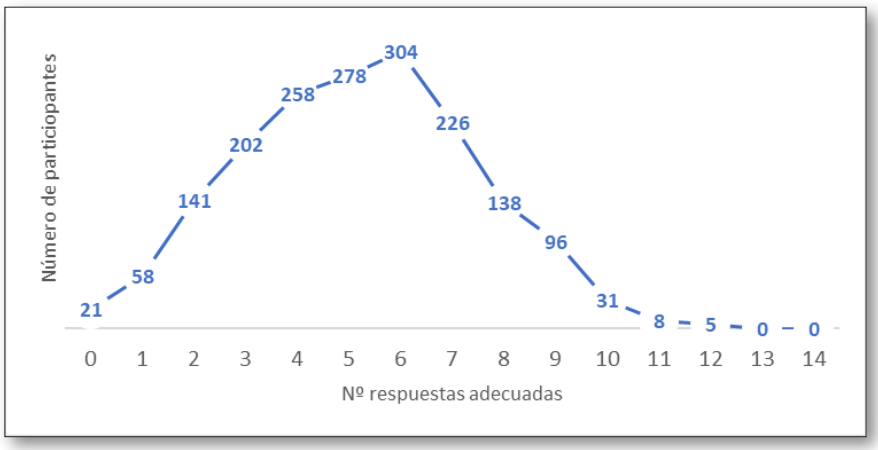


Fig. 1. Resultados de los ítems de CyH1 de una única respuesta adecuada.

Estos ítems podemos clasificarlos, siguiendo la escala de Backhoff et al. (2000), en: fáciles (el ítem 7, en el que se pregunta por el concepto de biodiversidad), difíciles (los ítems 2, 5 y 11, estando, por ejemplo, el ítem 2 relacionado con las causas de la escasez de agua) y de dificultad media, que incluye a su vez tres subgrupos (medianamente difícil –ítems 1 y 10–, dificultad media –ítems 4, 6, 8, 12, 13, 14– y medianamente fácil –ítems 3 y 9–, estando, por ejemplo, el ítem 8 relacionado con el reciclaje de la materia orgánica).

El número de respuestas correctas en cada ítem fue variable (figura 2), desde el 87,8 % del ítem fácil hasta el 9,5 y 19,4 % para los difíciles. Para los de dificultad media, el número de respuestas correctas osciló entre un 30,2 y un 68,6 %.

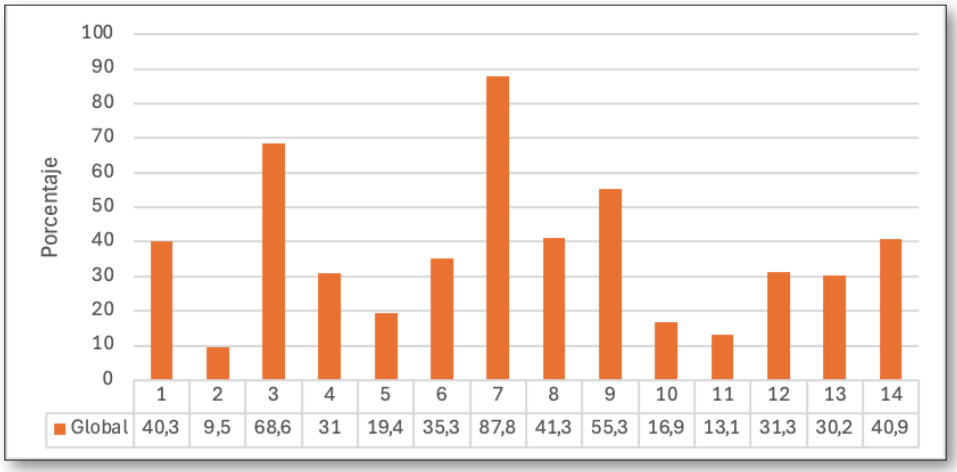


Fig. 2. Porcentaje de respuestas adecuadas en cada ítem de la sección de CyH1.

El número de respuestas correctas que ofreció cada sujeto nos permitió determinar su nivel en CyH1, de lo que resultó un predominio del nivel medio (figura 3).

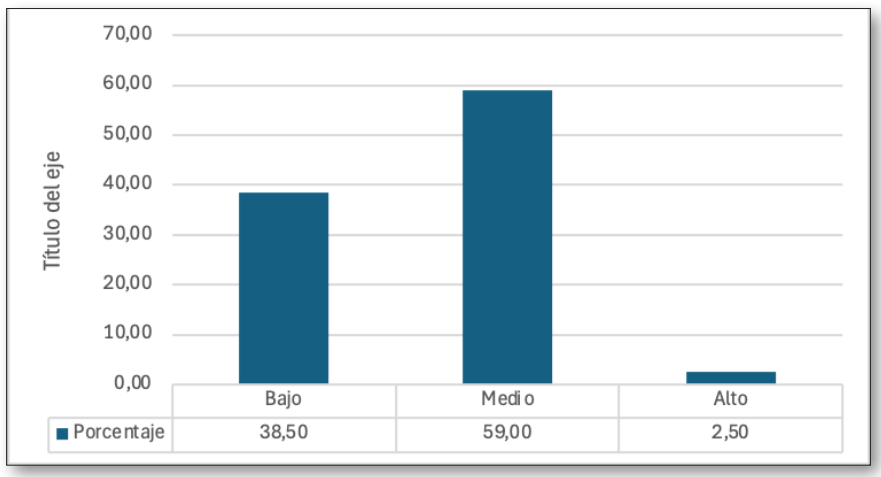


Fig. 3. Grupos de CyH1, en función de las preguntas respondidas adecuadamente.

Para determinar si hay diferencias significativas entre las dos titulaciones y entre el inicio y el final, recurrimos a determinar los valores de la U de Mann Whitney y p-valor a partir de las medias y desviaciones típicas de las correspondientes muestras (tabla 2).

Tabla 2.
Diferencias entre los grupos en CyH1,
según medias y variables estadísticas diferenciales

Grupo	*N*	$\bar{X}$	σ	*U (est.)*	*p-valor*
EIi	697	4,48	2,19	–5,434	<0,0001
EIf	259	5,42	2,15		
EPi	418	5,70	2,16	–0,909	0,363
Epf	393	5,86	2,17		
EI	956	4,73	2,22	–9,487	<0,0001
EP	811	5,78	2,17		

Las diferencias detectadas indican que los resultados fueron mejores en EP que en EI y en EIf que en EIi (que se situó en el nivel bajo) y sin diferencias significativas entre EPi y EPf. Los diagramas de dispersión (figuras 4, 5 y 6) muestran más claramente las diferencias.

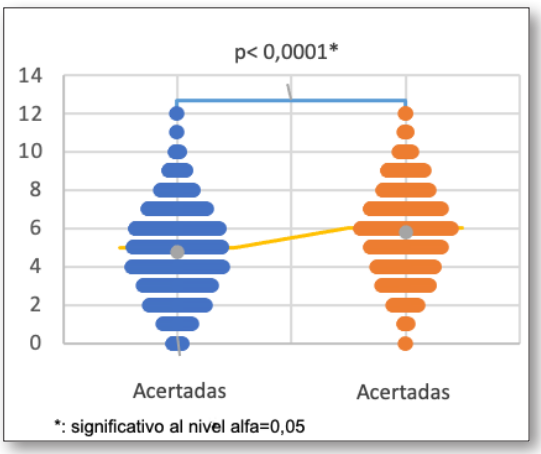


Fig. 4. Diagrama de dispersión, entre EI y EP.

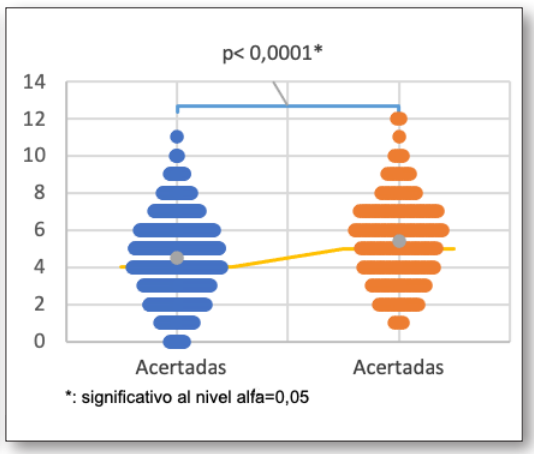


Fig. 5. Diagrama de dispersión, entre EIi y EIf.

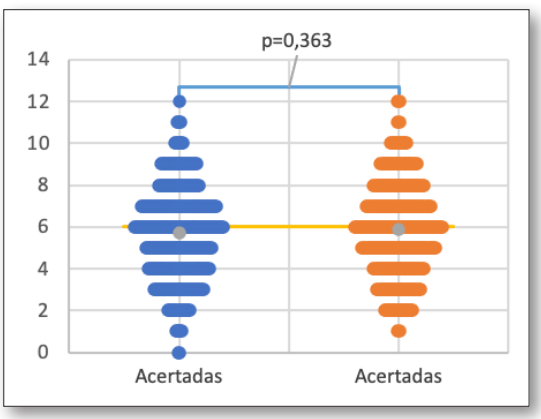
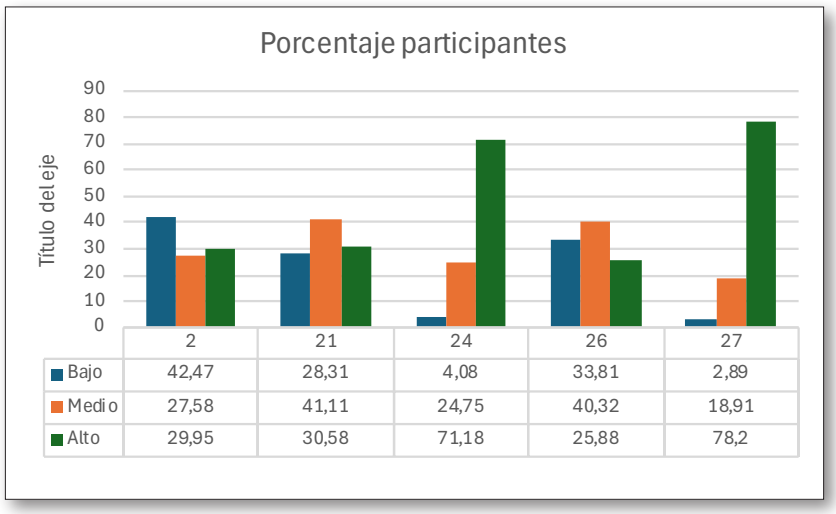


Fig. 6. Diagrama de dispersión, entre EPi y EPf.

Resultados en CyH2

Como se puede observar en la figura 7, los tres niveles definidos en el apartado de metodología (bajo, medio y alto) estuvieron presentes y el que predominó fue distinto según el ítem considerado. Predomina el nivel alto en los ítems 24 y 27 (relacionados con la educación), mientras que en el resto (relacionados con conocimientos y habilidades para resolver problemas científicos y ambientales) la diversidad es importante, sin que ninguno de ellos englobe a la mayoría de los participantes.



	2	21	24	26	27
Bajo	42,47	28,31	4,08	33,81	2,89
Medio	27,58	41,11	24,75	40,32	18,91
Alto	29,95	30,58	71,18	25,88	78,2

Fig. 7. Resultados globales de los ítems de CyH2.

El estudio de diferencias significativas entre las dos titulaciones y entre el inicio y el final (tabla 3) revela que existen en dos ítems (24 y 27) entre EI y EP, siendo mayor el grado de acuerdo en EP. Entre EIi y EIf, aparecen en tres ítems (2, 24 y 27), en distinta dirección. Las diferencias detectadas en los ítems 24 y 27 indican un grado de acuerdo significativamente mayor en EIf en cuanto a los conocimientos teóricos. Por el contrario, las diferencias en el ítem 2 muestran más desacuerdo en el grupo de EIf respecto a la resolución de problemas y toma de decisiones. Entre EPi y EPf no se detectaron diferencias significativas.

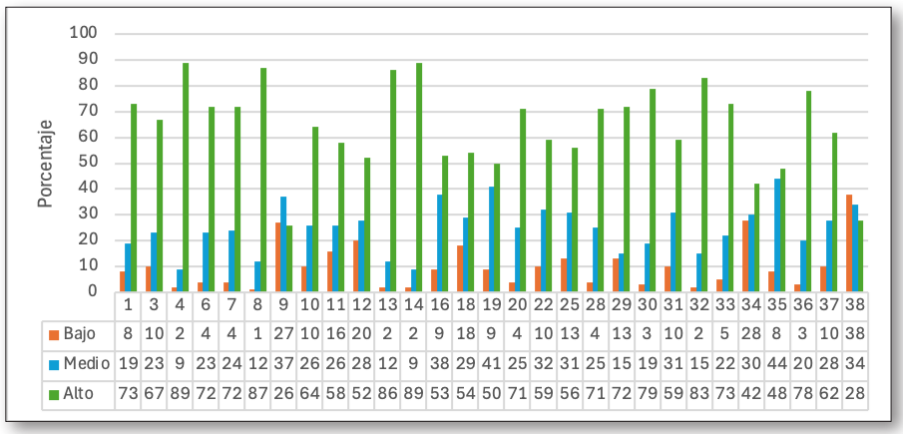
Tabla 3.
Grupos de CyH2, según medias y variables estadísticas diferenciales

Ítem	*Grupo*	*N*	$\bar{X}$	σ	*U (est.)*	*p-valor*
2	EIi	697	2,89	1,27	2,460	0,014
	EIf	259	2,67	1,20		
21	EIi	697	3,84	0,90	–5,783	<0,0001
	EIf	259	4,22	0,79		
24	EIi	697	3,92	0,89	–6,875	<0,0001
	EIf	259	4,36	0,69		
26	EI	956	3,95	0,89	–3,034	0,002
	EP	810	4,07	0,88		
27	EI	956	4,04	0,87	–6,080	<0,0001
	EP	810	4,28	0,79		

Actitudes y emociones

Actitudes

Las actitudes de los estudiantes se exploran en la sección 3.1 del cuestionario mediante 29 ítems que abordan la concienciación en distintos campos. Según la figura 8, la mayoría de los estudiantes mostraron un nivel alto de ALFAM en 25 de los 29 ítems, aunque con desigual contundencia. Las excepciones son los ítems 9 (relacionado con una perspectiva crítica sobre el papel de la tecnología) y 38 (relacionado con la solidaridad ante aspectos poco evidentes), en los que el nivel alto fue el minoritario. En los ítems 34 (disposición a adoptar medidas rigurosas) y 35 (reconocimiento de interdependencias entre humanidad y medio) el nivel alto fue el más frecuente, aunque no se situaron en él la mayoría de los estudiantes.



	1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	18	19	20	22	25	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Bajo	8	10	2	4	4	1	27	10	16	20	2	2	9	18	9	4	10	13	4	13	3	10	2	5	28	8	3	10	38
Medio	19	23	9	23	24	12	37	26	26	28	12	9	38	29	41	25	32	31	25	15	19	31	15	22	30	44	20	28	34
Alto	73	67	89	72	72	87	26	64	58	52	86	89	53	54	50	71	59	56	71	72	79	59	83	73	42	48	78	62	28

Fig. 8. Resultados globales de los ítems de actitudes.

El estudio de diferencias significativas entre los grupos revela que estas existen en 17 ítems cuando se comparan EI y EP, en 21 ítems al comparar EIi y EIf y en 7 ítems al comparar EPi y EPf. Veamos, a continuación, más detenidamente estas diferencias.

Entre EP y EI encontramos un acuerdo significativamente mayor en 15 de los ítems en EP. En cambio, en el ítem 34 EI se aproxima más al acuerdo y en el 38 el desacuerdo fue más importante en EP, sin cambios de nivel entre los grupos (figuras 9, 10-1 y 10-2).

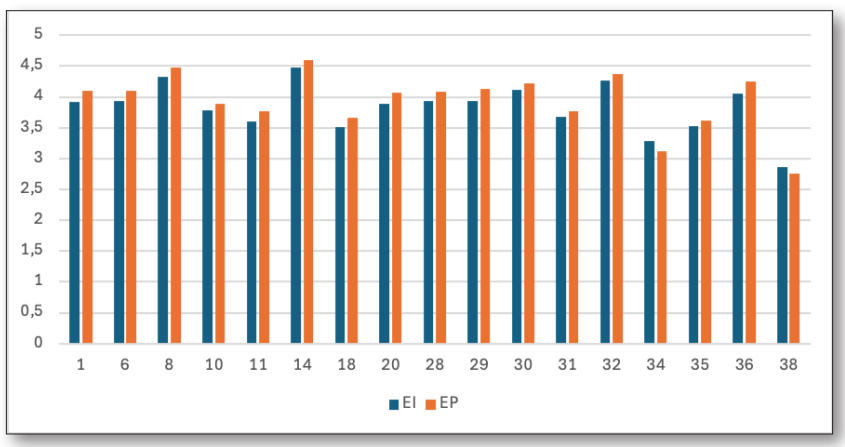
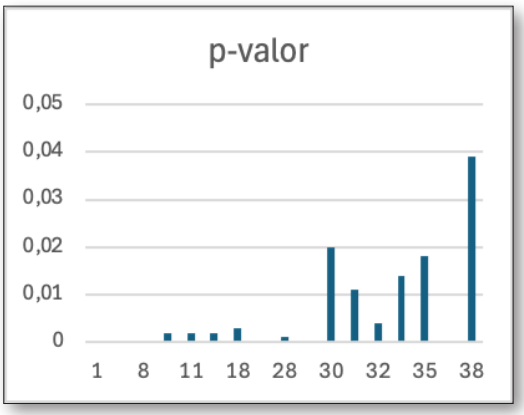
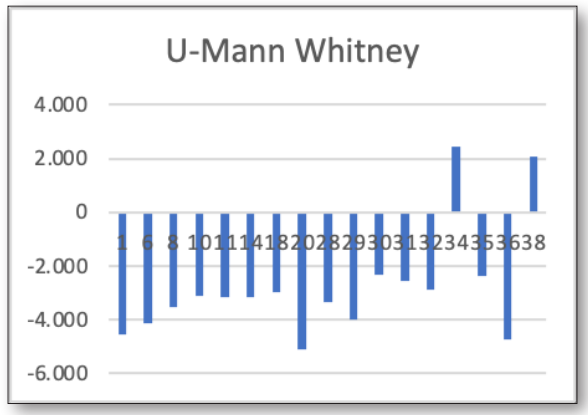


Fig. 9. Valores de las medias de los ítems de EI y EP.





Figs. 10-1 y 10-2. Valores calculados de p-valor y de la U de Mann Whitney en los grupos EI y EP.

Entre EIi y EIf se detectaron diferencias significativas para un mayor número de ítems, reforzándose el grado de acuerdo en EIf en veinte de ellos. Además, en tres de los ítems (12, 18 y 19) las diferencias implican un cambio de nivel (nivel medio en EIi y nivel alto en EIf). Solo en el ítem 38, el desacuerdo fue más importante en EIf, sin cambios de nivel entre ellos (figuras 11, 12-1 y 12-2).

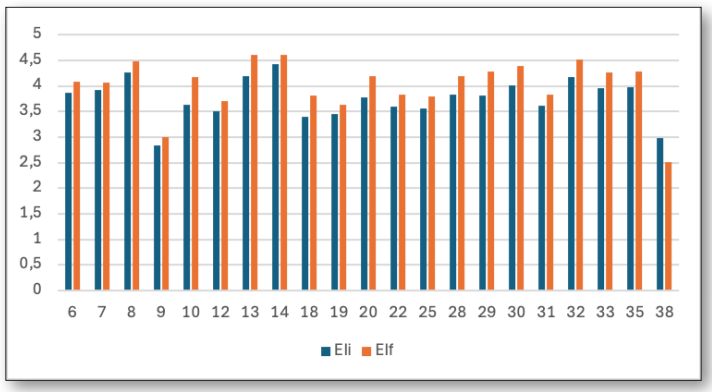
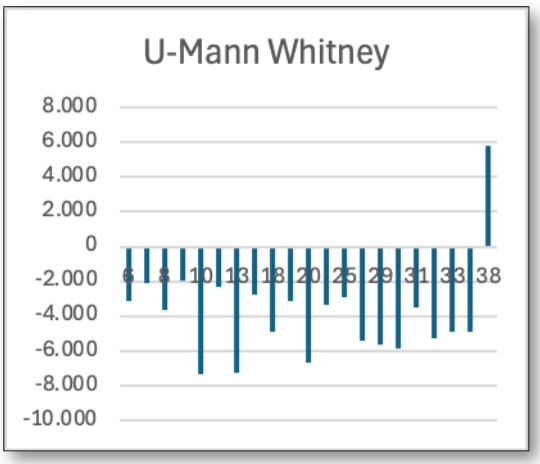
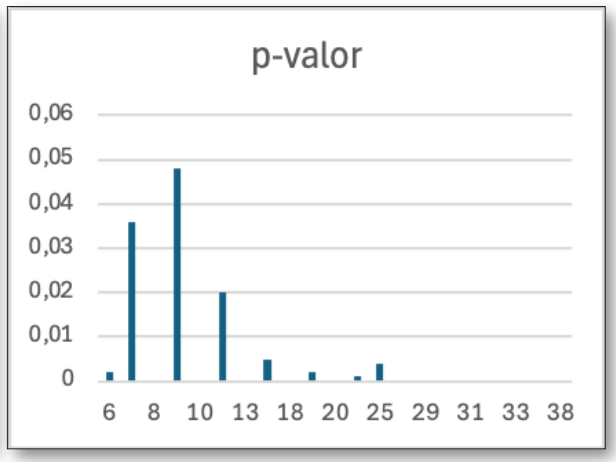


Fig. 11. Valores de las medias de los ítems de EIi y EIf.





Figs. 12-1 y 12-2. Valores calculados de la U de Mann Whitney y p-valor en los grupos EIi y EIf.

Entre EPi y EPf se detectaron diferencias significativas para un menor número de ítems. El grado de acuerdo aumentó y disminuyó en el mismo número de ítems (3), sin implicar cambios de nivel entre los grupos en ninguno de los casos (figuras 13, 14-1 y 14-2).

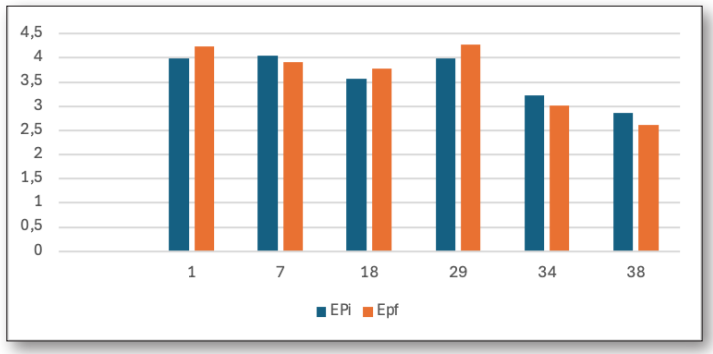
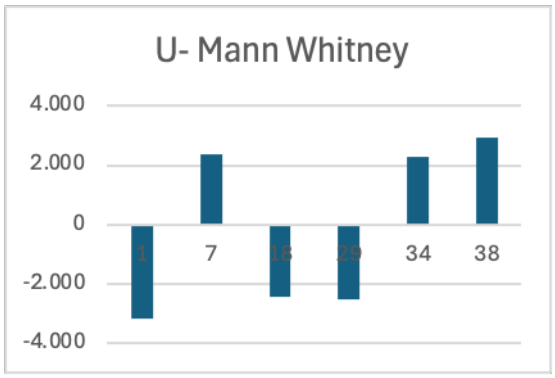
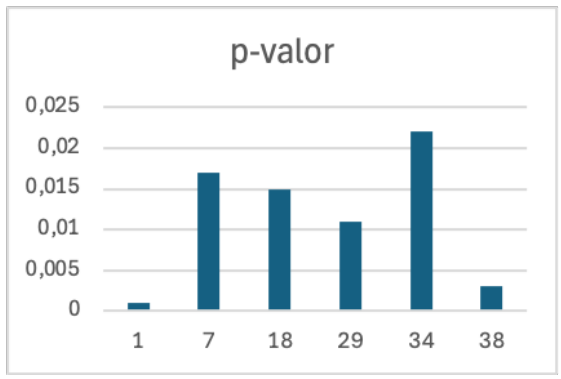


Fig. 13. Valores de las medias de los ítems de EPi y EPf.



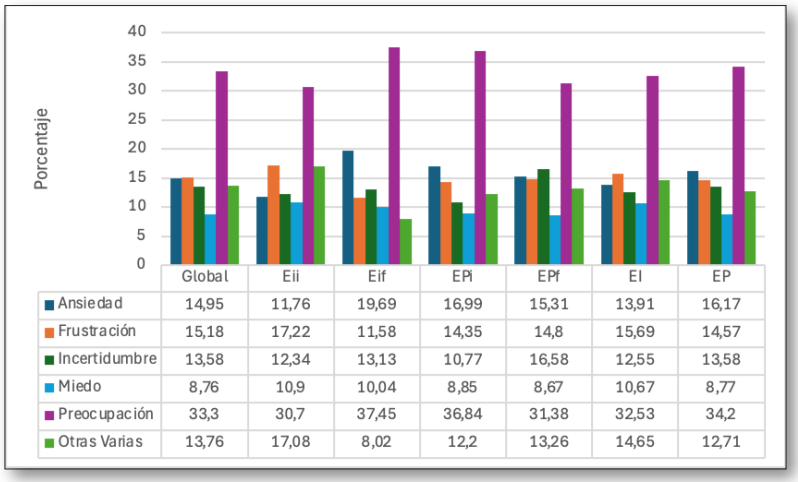


Figs. 14-1 y 14-2. Valores calculados de la U de Mann Whitney y p-valor en los grupos EPi y EPf.

Emociones

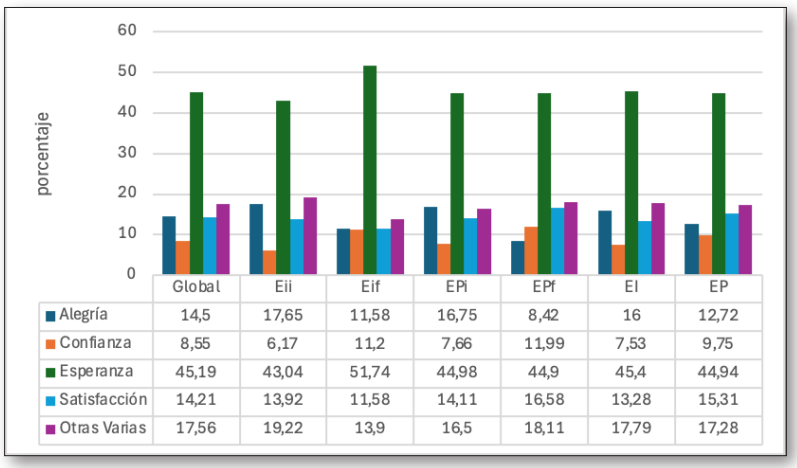
Las emociones que sentían los estudiantes ante cuestiones ambientales se indagaron en la sección 3.2 del cuestionario con 3 ítems, en los que debían elegir de entre varias emociones aquellas con las que se identificaban.

En las figuras 15, 16 y 17, presentamos las emociones escogidas por más del 80 % de los estudiantes en la muestra completa y en cada grupo. Según observamos, predominaron emociones negativas (preocupación, frustración, etc.) cuando conocían los efectos del cambio climático (ítem 39) y positivas (satisfacción, alegría, etc.) cuando identificaban problemas ambientales (ítem 40) y planteaban soluciones o actuaban de forma responsable (ítem 41).



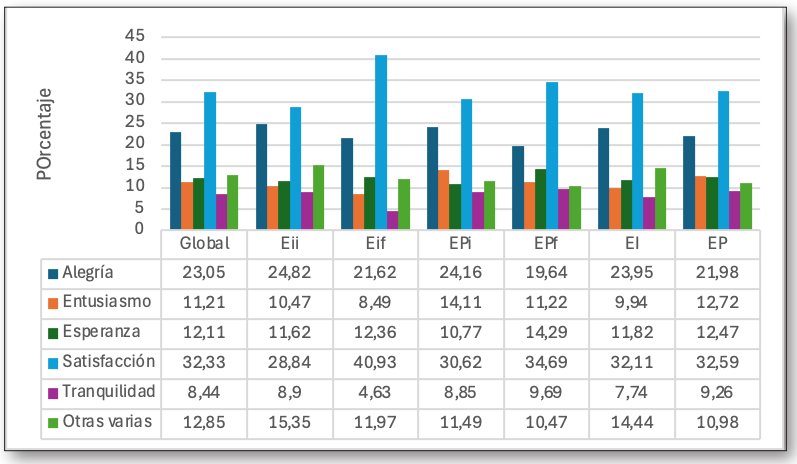
	Global	Eii	Eif	EPi	EPf	EI	EP
Ansiedad	14,95	11,76	19,69	16,99	15,31	13,91	16,17
Frustración	15,18	17,22	11,58	14,35	14,8	15,69	14,57
Incertidumbre	13,58	12,34	13,13	10,77	16,58	12,55	13,58
Miedo	8,76	10,9	10,04	8,85	8,67	10,67	8,77
Preocupación	33,3	30,7	37,45	36,84	31,38	32,53	34,2
Otras Varias	13,76	17,08	8,02	12,2	13,26	14,65	12,71

Fig. 15. Resultados del ítem 39.



	Global	Eii	Eif	EPi	EPf	EI	EP
Alegría	14,5	17,65	11,58	16,75	8,42	16	12,72
Confianza	8,55	6,17	11,2	7,66	11,99	7,53	9,75
Esperanza	45,19	43,04	51,74	44,98	44,9	45,4	44,94
Satisfacción	14,21	13,92	11,58	14,11	16,58	13,28	15,31
Otras Varias	17,56	19,22	13,9	16,5	18,11	17,79	17,28

Fig. 16. Resultados del ítem 40.



	Global	Eii	Eif	EPi	EPf	EI	EP
Alegría	23,05	24,82	21,62	24,16	19,64	23,95	21,98
Entusiasmo	11,21	10,47	8,49	14,11	11,22	9,94	12,72
Esperanza	12,11	11,62	12,36	10,77	14,29	11,82	12,47
Satisfacción	32,33	28,84	40,93	30,62	34,69	32,11	32,59
Tranquilidad	8,44	8,9	4,63	8,85	9,69	7,74	9,26
Otras varias	12,85	15,35	11,97	11,49	10,47	14,44	10,98

Fig. 17. Resultados del ítem 41.

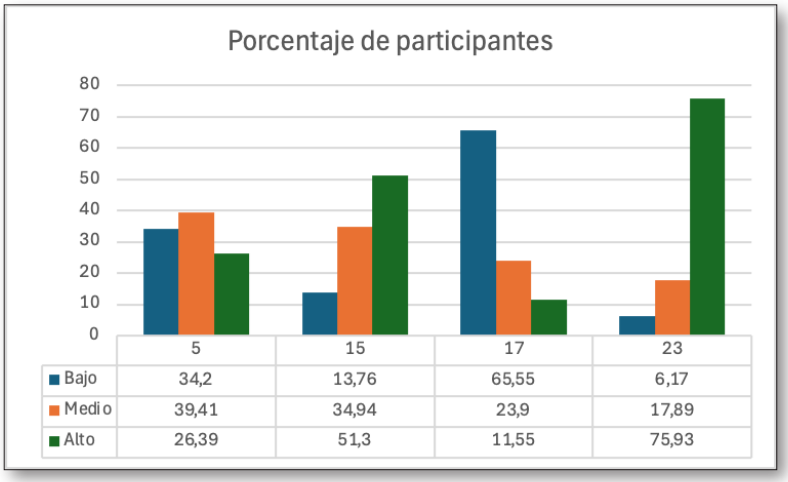
Para estudiar las diferencias, asignamos a cada emoción un número correlativo. Con esa conversión numérica se calculó la U de Mann Whitney y p-valor, y el resultado fue que no existían diferencias significativas entre los resultados globales y los de los grupos considerados.

Comportamientos

Exploramos los comportamientos de los estudiantes mediante 4 ítems de la sección 3.1 y 20 ítems de la sección 4.

Resultados de los comportamientos en la sección 3.1

Los porcentajes de estudiantes en cada nivel variaron entre ítems (figura 18). Predominó claramente el nivel alto en el ítem 23, relacionado con la separación selectiva de residuos y, con menor contundencia, en el ítem 15, tocante a la capacidad de convencer a otros sobre acciones proambientales. Para el ítem 17, asociado a la capacidad de hacer presión política y generar movilizaciones relacionadas con cuestiones socioambientales, el nivel bajo fue el predominante.



	5	15	17	23
Bajo	34,2	13,76	65,55	6,17
Medio	39,41	34,94	23,9	17,89
Alto	26,39	51,3	11,55	75,93

Fig. 18. Resultados globales y por niveles de la dimensión de comportamientos, dentro del apartado acuerdo/desacuerdo.

El estudio de diferencias significativas entre grupos (tabla 4) revela que existen entre EI y EP en dos ítems (17 y 5), ambos relacionados con la participación comunitaria. Para el ítem 17 fue más importante el desacuerdo en EP, mientras que para el ítem 5, el grupo de EP se aproximó más al acuerdo.

Entre los grupos EIf y EIi solo se detectó diferencia significativa en el ítem 23, donde se refuerza el acuerdo en la participación individual en EIf.

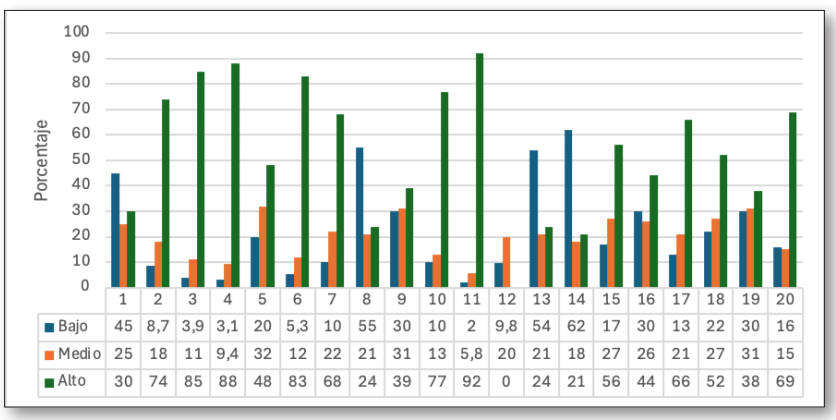
Por último, entre EPi y EPf, dos de los ítems generan diferencias significativas, 17 y 23, con un mayor grado de acuerdo en el ítem 23 en EPf, pero también un mayor desacuerdo en el ítem 17.

Tabla 4.
Valores calculados de la U-Mann Whitney
y p-valor en los ítems de los grupos EIi, EIf, EPi, EPf, EI y EP

Ítem/grupo	*EIi*		*EIf*			
	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	*U (est.)*	*p-valor*
23	4,05	0,9	4,21	0,87	–2.229	0,026
Ítem/grupo	*EPi*		*EPf*			
17	2,22	1,19	1,96	0,99	2,804	0,005
23	4,03	1,01	4,21	0,86	–2,235	0,025
Ítem/grupo	*EI*		*EP*			
5	2,83	1,04	3,02	0,99	–4,402	<0,0001
17	2,24	1,11	2,09	1,11	2,309	0,021

Resultados de comportamientos en la sección 4

Los resultados reflejados en la figura 19 muestran que en 12 de los 20 ítems (ítems 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 15, 17, 18 y 20) es claramente mayoritario el número de estudiantes con un nivel alto. Solo en los ítems 8, 13 y 14 predomina el nivel bajo, siendo este también el más frecuente en el ítem 1 (precisamente los 4 ítems que miden la participación colectiva en el ámbito de la comunidad). En 4 ítems (5, 9, 16 y 19), los estudiantes se reparten en distintos niveles, aunque predominando el nivel alto, con más o menos diferencias con el resto según el ítem.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bajo	45	8,7	3,9	3,1	20	5,3	10	55	30	10	2	9,8	54	62	17	30	13	22	30	16
Medio	25	18	11	9,4	32	12	22	21	31	13	5,8	20	21	18	27	26	21	27	31	15
Alto	30	74	85	88	48	83	68	24	39	77	92	0	24	21	56	44	66	52	38	69

Fig. 19. Resultados globales de los ítems de comportamientos.

Entre EIi y EIf se detectaron diferencias significativas en 7 de los 20 ítems. En los ítems 11 y 20 fue mayor la aproximación a la frecuencia alta de comportamientos proambientales en EIf. Pero en los ítems 1, 8, 13 y 14, el grupo de EIf se aleja aún más que los de EIi de dicha frecuencia. La significatividad de las diferencias entre los grupos considerados se muestra en las figuras 20 y siguientes (21-1-y 21-2).

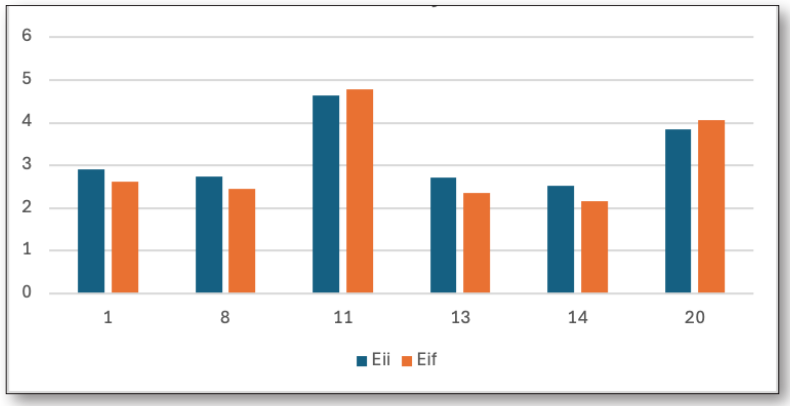
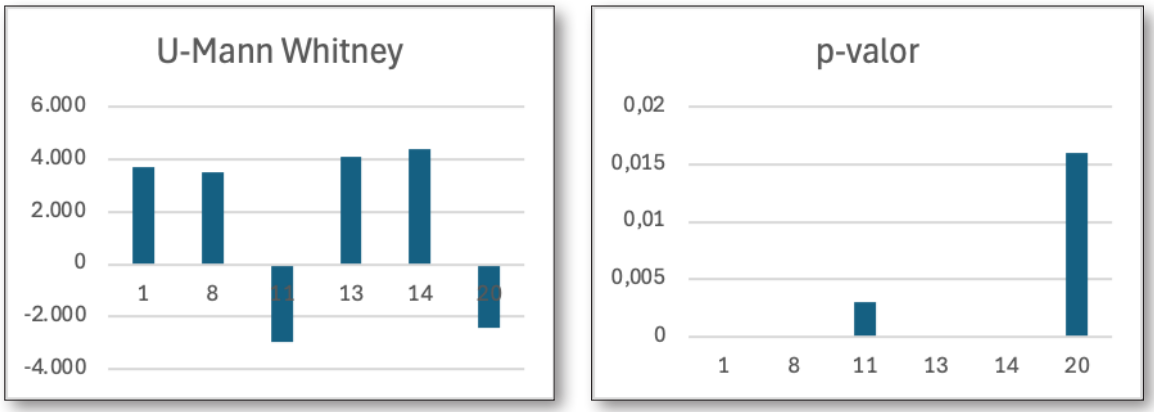


Fig. 20. Medias entre los ítems de COMP en los grupos EIi y EIf.



Figs. 21-1 y 21-2. Valores de la U de Mann Whitney y p-valor entre los grupos EIi y EIf en la dimensión COMP.

Entre EPi y EPf se detectaron diferencias significativas solo en 4 de los 20 ítems. En el ítem 17 (relacionado con participación individual), fue mayor la frecuencia alta de comportamientos proambientales en EPf. Por el contrario, en el ítem 19 (relacionado también con la participación individual, pero con una mayor exigencia personal) ocurre lo contrario. En los ítems 1 y 14 la aproximación a la baja frecuencia es mayor en EPf (figuras 22 y 23-1 y 23-2).

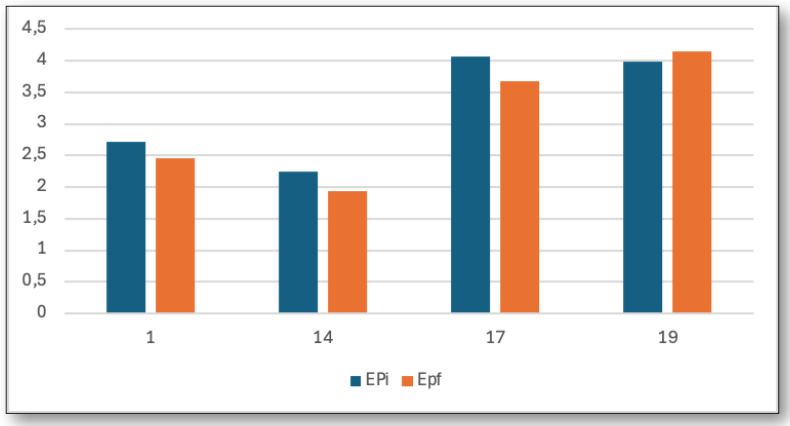
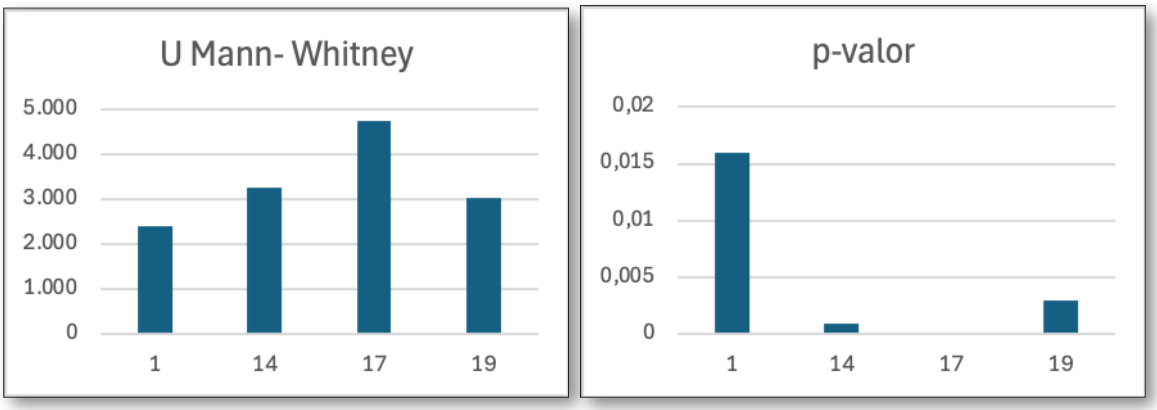


Fig. 22. Medias de los ítems de la dimensión COMP entre EPi y EPf.



Figs. 23-1 y 23-2. Valores de la U de Mann Whitney y p-valor entre los grupos EPi y EPf en la dimensión COMP.

Entre EI y EP se detectan diferencias significativas en 9 de los 20 ítems. En los ítems 11 y 20 (relacionados con la participación individual), EP mostró una mayor frecuencia de comportamientos proambientales. En cambio, en los ítems 5, 9 y 19 (relacionados con la participación individual, pero con una mayor exigencia personal), EI tuvo una mayor frecuencia. Es destacable que para el ítem 5 (adquirir productos de menos embalaje), EP se situó en un nivel medio, mientras que EI lo hizo en un nivel alto. En los ítems 1, 8, 13 y 14 (relacionados con la participación en la comunidad) EP se encuentra aún más próximo a la baja frecuencia que EI (figuras 24, 25-1 y 25-2).

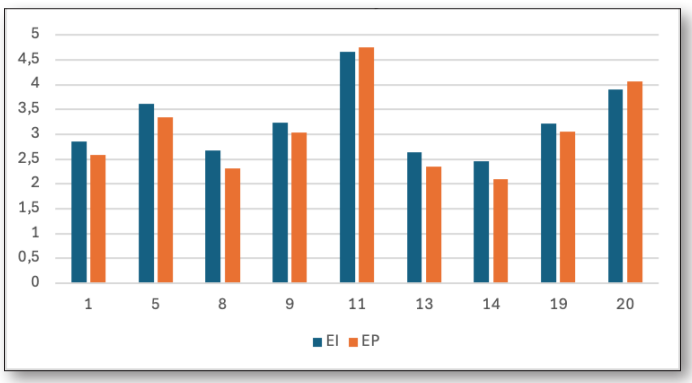
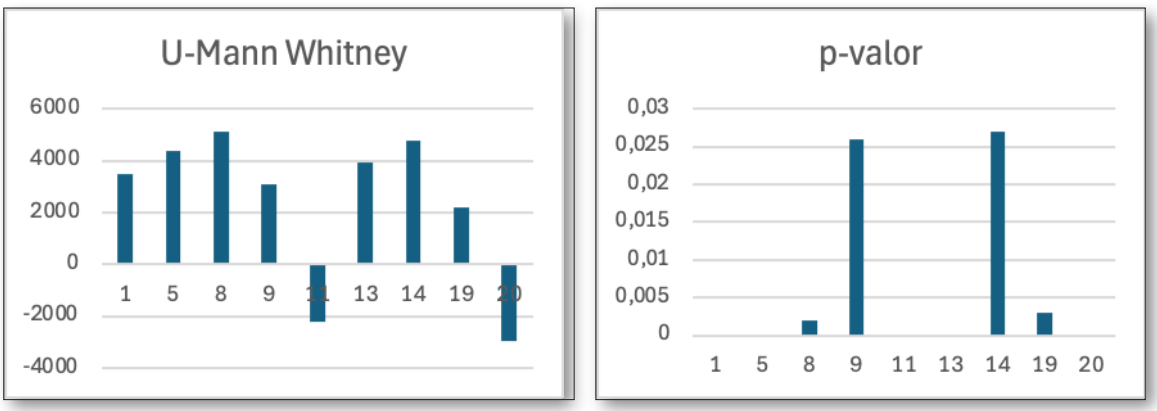


Fig. 24. Medias entre los ítems de la dimensión COMP entre EI y EP.



Figs. 25-1 y 25-2. Valores de la U de Mann Whitney y p-valor entre los grupos EI y EP en la dimensión COMP

DISCUSIÓN

Respecto a nuestro primer objetivo, los resultados indican que, en principio, no se puede hablar de un único nivel de ALFAM. El nivel es diferente según hablemos de las distintas dimensiones y también dentro de cada dimensión, según el contenido al que nos refiramos. Así, mientras que los futuros docentes de EI y EP se sitúan en un nivel alto respecto a las actitudes y comportamientos individuales, lo hacen en nivel medio respecto a los conocimientos y habilidades y en nivel bajo respecto a los comportamientos en la comunidad. Esta falta de homogeneidad en las dimensiones es detectada también por otros estudios. Muliana et al. (2018) detectan que los estudiantes de Magisterio de la Universitas Syiah Kuala tienen un nivel medio de alfabetización ecológica, y solo se sitúan mayoritariamente en la categoría alta en el aspecto de la actitud. Por su parte, Liang et al. (2018) detectan entre los estudiantes universitarios en Taiwán un nivel bajo para los conocimientos y los comportamientos proambientales y un nivel medio para las actitudes.

En la dimensión de conocimientos y habilidades, el nivel detectado en nuestro estudio es superior al detectado por la mayoría de los estudios previos (Álvarez-García et al., 2018b; Coyle, 2005; Yavetz et al., 2009), aunque inferior al que se detecta en el estudio de Marcos-Merino et al. (2020). Este nivel medio resulta de responder adecuadamente entre 5 y 9 ítems de forma correcta, de un total de 14. Teniendo en cuenta cuáles son los ítems donde es mayor el número de respuestas correctas, podemos aventurar que los futuros docentes en Andalucía tienen facilidad a la hora de responder a aquellos en los que se pregunta sobre conocimientos (concepto de biodiversidad, el sol como fuente de energía, la mayoría del agua en la naturaleza es salada, etc.) (ítems 3, 7, 8, 9, 13 y 14 de la sección 2); mientras que presentan una mayor dificultad en responder adecuadamente a los que demandan aplicar conocimientos a la resolución de problemas o la toma de decisiones (ítems 1, 2, 10 y 11 de la misma sección). Las fuentes de información que utilizan para acceder a esos conocimientos (en nuestro caso, un 90 % utilizan las redes sociales, internet o la televisión, según los datos demográficos del cuestionario) pueden carecer, por lo general, de calidad y validez científica, lo que ha podido favorecer que sus respuestas no sean de alto nivel. Por ejemplo, que consideren que la mayoría de los residuos sólidos urbanos en nuestro país acaban en el océano puede ser una muestra de infoxicación fruto de las fuentes de información utilizadas. La dificultad detectada en nuestro estudio para utilizar conocimientos en la resolución de problemas es común incluso en el profesorado de EI y EP en activo, tal y como detectan García y Cobar-García (2022). Sus resultados muestran falta de habilidades apropiadas para cuestionar o problematizar el escenario de un caso, analizar posibles factores que contribuyen a un problema en particular y resolver juzgando qué estrategia podría ser más apropiada para un tema determinado. Mejorar este nivel de conocimientos en general, y sobre todo en relación con las habilidades propias de los procesos de investigación científica, es imprescindible, pues existen evidencias de que su dominio favorece una actuación con creciente autonomía, juicio y capacidad de decisión (Ferrari et al., 2022).

Como decíamos, la mayoría de los estudiantes se situó en el ámbito de las actitudes en un nivel alto de ALFAM, coincidiendo con los estudios previos. Este alto nivel en actitudes es muy favorable para el desarrollo de la ALFAM. Aunque el análisis de las relaciones entre actitudes, conocimientos y comportamientos es compleja e incluso controvertida (Ferrari et al., 2022), existen evidencias de que los futuros docentes con actitudes positivas tienden a desarrollar comportamientos proambientales favorables (Higde et al., 2017). Parece que los conocimientos ambientales no son imprescindibles para unas actitudes favorables hacia el entorno, aunque tampoco tener una actitud positiva hacia el medio ambiente es suficiente para poder llevar a cabo una labor docente adecuada (Ull et al., 2014).

En el caso de los comportamientos, los datos parecen mejorar los detectados en otros estudios (Álvarez-García et al., 2018b; Marcos-Merino et al., 2020) y podría indicar que el agravamiento de problemas como el cambio climático, cuyos efectos son cada vez más evidentes, y la mayor presencia

en los medios de comunicación de estas cuestiones, están favoreciendo el compromiso de los futuros docentes con la mejora de nuestro mundo. Sin embargo, no participan en el ámbito de lo público y colectivo (campañas de información, de limpieza de espacios públicos, manifestaciones, organizaciones, etc.). García y Cobar-García (2022) detectan con profesorado en activo un resultado similar: puntuación alta en comportamientos individuales y baja en la acción político-legal, lo que puede conllevar, según estos autores, a que los docentes se mantengan imparciales en cuestiones polémicas y no participen en actividades políticas. El estudio de Oinonen et al. (2023), realizado con jóvenes de 15 a 29 años, revela que un elevado conocimiento percibido y unas bajas expectativas de resultados predicen un bajo compromiso con la acción en favor de la sostenibilidad, por lo que las experiencias de participación colectiva en el ámbito de lo público, en la que los futuros docentes vivan algunos éxitos fruto de la acción, puede ser un elemento imprescindible para desarrollar su ALFAM.

Las emociones que experimentan los estudiantes parece que son un elemento imprescindible que tener en cuenta. Nuestros resultados indican que los futuros docentes andaluces experimentan 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). Neas (2023) indica que jóvenes que se dedican a la acción promedioambiental aprendieron en la escuela acerca del cambio climático desde una visión científica formal y abstracta, no relacionada con la vida cotidiana, y experimentaron sensaciones de pánico y temor ante el cambio climático, lo que podría explicar la frustración y ansiedad que se detectan en nuestro estudio respecto al conocimiento de los efectos de la actual crisis socioambiental. Según Ojala (2012), el sentimiento de ansiedad puede deberse a una fuerte incertidumbre sobre la supervivencia del planeta, lo que puede llevar a un estado de parálisis en la acción proambiental. En otro estudio, esta autora demuestra que, para las personas muy preocupadas por los problemas ambientales globales, la esperanza se relacionaba positivamente con el comportamiento, mientras que para las personas que sentían un bajo grado de preocupación, la esperanza se relacionaba negativamente con el comportamiento (Ojala, 2008). En este último caso, la esperanza parecía estar relacionada con un optimismo poco realista que pudiera hacer que los jóvenes se mostraran reacios a comportarse de manera proambiental. 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, aparece acompañada de frustración y ansiedad, y, como se detectó en el ámbito de las actitudes, predomina entre ellos un optimismo tecnológico acrítico.

Aunque, como dijimos al principio, los futuros docentes se sitúan en distintos niveles según la dimensión considerada, resulta de interés intentar definir niveles generales de ALFAM que tengan en cuenta todas las dimensiones que se incluyen en ella. Entre las propuestas realizadas ya en este sentido, destacamos la de Roth (1992), por ser fruto de un trabajo ampliamente colaborativo y por su influencia en los estudios posteriores. Pues bien, tomando en consideración las claves teóricas presentes en la propuesta de Roth, pero también los resultados empíricos de nuestro estudio, definimos una progresión que permita, por un lado, caracterizar globalmente los resultados obtenidos en este trabajo y, por otro, orientar específicamente la evolución de la ALFAM entre futuros docentes en Andalucía. En dicha propuesta definimos también tres niveles: elemental (figura 26), estándar (figura 27) y avanzado (figura 28). El nivel medio –estándar– se ha construido muy al hilo de los niveles que se han detectado como mayoritarios en este trabajo; se sitúan en él, por tanto, la mayoría de los futuros docentes de Andalucía. Los niveles inferior –elemental– y superior –avanzado– se definen teniendo en cuenta resultados minoritarios y la propuesta de Roth, pero obviando los asuntos sobre los que no disponemos de resultados empíricos en ninguno de los niveles. En la definición de estos niveles, se ha considerado el elemento «emociones», que se ha incorporado en este trabajo a la definición de ALFAM.

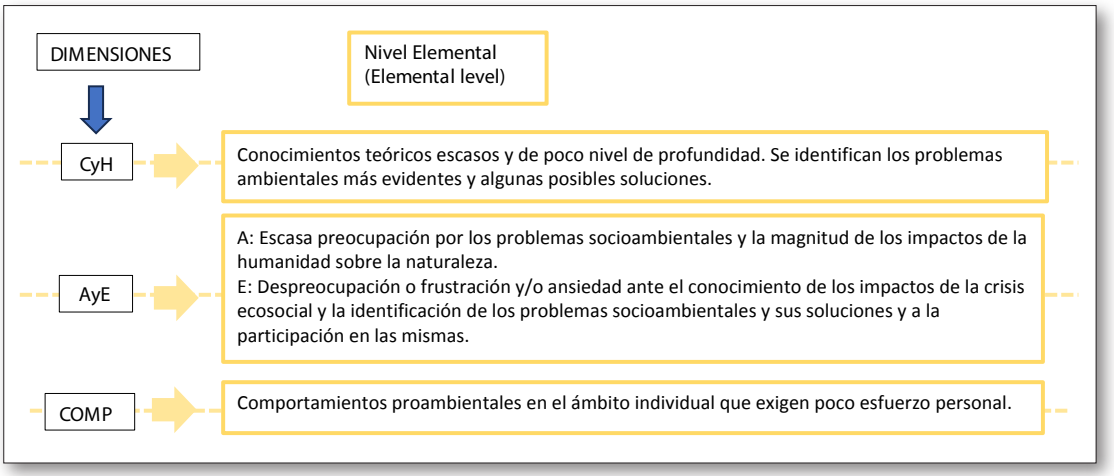


Fig. 26. Nivel elemental de ALFAM.

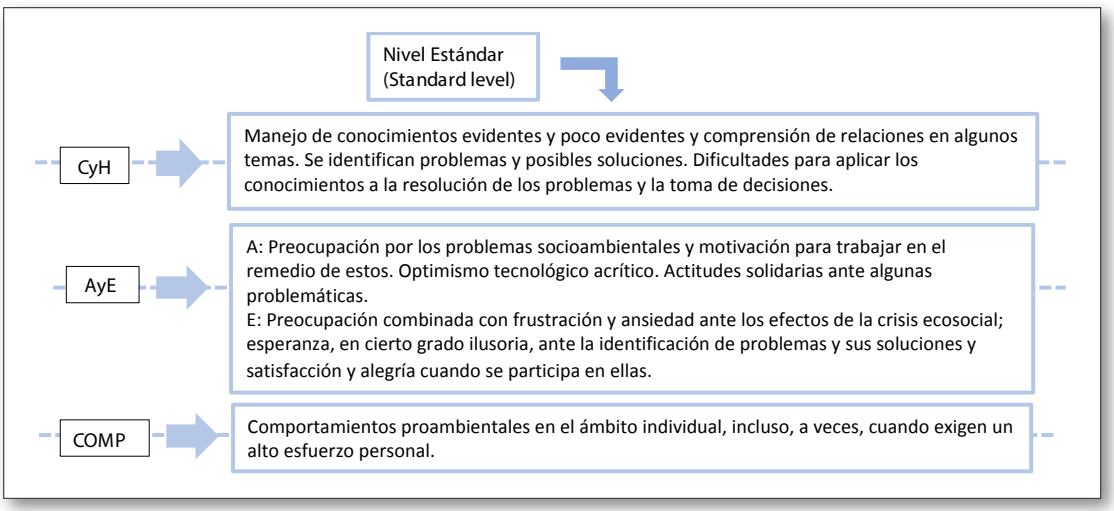


Fig. 27. Nivel estándar de ALFAM.

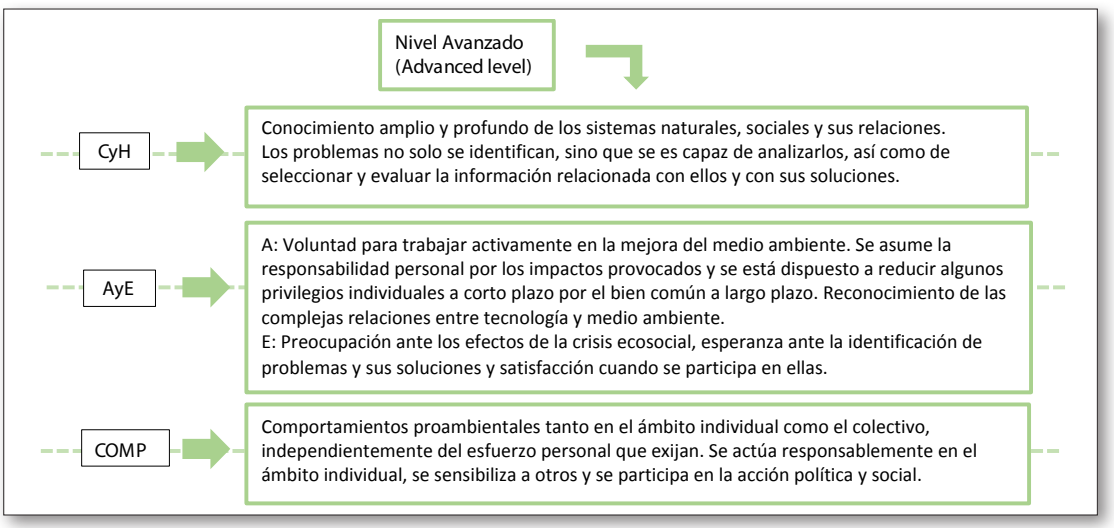


Fig. 28. Nivel avanzado de ALFAM.

Para responder al segundo objetivo de nuestro trabajo, se estudió si existían diferencias significativas entre los grupos. Esta búsqueda reveló que había algunas diferencias entre los niveles mayoritarios o predominantes en la muestra completa y el nivel en que se situaron los grupos concretos para algunos ítems. Sin embargo, es destacable que dichas diferencias de nivel, según la dimensión, han sido inexistentes o escasas. En cambio, sí resulta relevante valorar las diferencias entre grupos en función de lo que podríamos denominar su grado de ALFAM. Así, hablaremos de un mayor grado de ALFAM cuando los valores muestren diferencias significativas y una mayor proximidad al acuerdo o alta frecuencia en las distintas dimensiones exploradas, así como de un menor grado cuando se alejen de aquel.

Respecto a la dimensión de conocimiento y habilidades, podemos afirmar que el grado de ALFAM fue mayor en EP que en EI, y también en EIf que en EIi (el único grupo que se situó en un nivel bajo en esta dimensión), pero fue similar entre EPi y EPf. Es resaltable que este mayor grado de ALFAM se debe a un mejor resultado en diversos ítems, pero nunca afectó a la utilización de los conocimientos para resolver problemas o tomar decisiones, lo que sigue siendo una asignatura pendiente en los dos grados.

En el ámbito de las actitudes ocurre algo similar, de nuevo fue mayor el grado de ALFAM en EP que en EI y en EIf que en EIi, mientras que entre EPi y EPf es similar, pues los pocos cambios que se detectan son en dirección contraria (en algunos se aproximan más al acuerdo y en otros se alejan de este). El cambio más importante es el que detectamos entre EIf y EIi. Sin embargo, no hemos detectado diferencias respecto a las emociones.

Los resultados son muy diferentes en la dimensión de comportamientos, en la que hemos detectado un menor grado de ALFAM en EP que en EI, así como en los estudiantes que finalizaban sus estudios respecto a los que los iniciaban en las dos titulaciones. En todos los casos se detectaron algunas mejoras respecto a comportamientos individuales, pero sobre todo un empeoramiento de la participación en acciones en el ámbito de la comunidad.

En el estudio de Orbanić y Kovač (2021) no se detectan diferencias entre los grados de EI y EP, y en el de Álvarez-García et al. (2018b) tampoco entre los estudiantes de primer y cuarto curso. En el trabajo de Estrada y Tojar (2020), se realiza un estudio sobre la responsabilidad social de los futuros docentes en relación con la sostenibilidad, y aunque trabajan con estudiantes de los dos grados, la conclusión es que la responsabilidad social se debe más a su formación como ciudadanos que como estudiantes. Nuestros resultados no coinciden con estos estudios, ya que, aunque si nos referimos a los niveles detectados no hay diferencias importantes entre los grados de EP y EI, ni entre el inicio y el final, sí detectamos diferencias cuando nos referimos al grado de ALFAM, basado en las diferencias significativas detectadas. No disponemos de datos que puedan explicar estas diferencias y los estudios en los que se comparan ambos grados son aún muy escasos para arrojar luz sobre la cuestión. Tampoco podemos establecer relaciones causales entre el grado cursado y el nivel de ALFAM de los futuros docentes, pero sí constatar que a lo largo de EI se producen mejoras en conocimientos y actitudes, cosa que no ocurre en EP. En ambos grados, los comportamientos empeoran.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los estudiantes de los grados de EI y EP en las universidades andaluzas muestran un nivel de ALFAM que hemos denominado estándar, caracterizado por un nivel medio de conocimientos, sin capacidad de ser aplicado a la resolución de problemas y a la toma de decisiones; un nivel alto en actitudes y comportamientos individuales proambientales, pero con una confianza acrítica en la tecnología como solución a todos los problemas; un nivel bajo de comportamientos colectivos en el ámbito de lo público; preocupación, frustración y ansiedad ante los efectos del cambio climático; esperanza en cierto grado ilusoria cuando identifican los problemas ambientales y las soluciones a estos; y satisfacción y alegría cuando participan en esas soluciones.

Nuestros resultados indican que el grado de ALFAM es mayor en EP que en EI, salvo en la dimensión de comportamientos, donde ocurre lo inverso, así como que el paso de los estudiantes por el grado cursado no está mejorando su ALFAM en EP, aunque sí en EI, salvo en el caso de los comportamientos en el ámbito público, que empeoran en ambos grados. Las emociones no se ven afectadas ni por el grado ni por el momento.

Según lo desarrollado en este trabajo, podríamos indicar que el grado de ALFAM mayoritario no se corresponde con lo que nosotros hemos denominado elemental, que sería el nivel mínimo, sino que se encuentra en niveles más evolucionados. Progresar hacia el nivel avanzado es difícil y complejo, ya que demanda un conocimiento más profundo acerca de la crisis ecosocial y la capacidad de aplicar ese conocimiento a la resolución de problemas y a la toma de decisiones, así como comprender las complejas relaciones entre tecnología y medio ambiente y adoptar de forma autónoma comportamientos necesarios de mayor envergadura y esfuerzo, colaborativos y en el ámbito público, para conseguir el cambio imprescindible que ayude a garantizar la supervivencia de la especie humana en el planeta, sobre todo teniendo en cuenta los límites biofísicos de este.

Para ello es necesario adoptar una metodología investigadora en la formación inicial y promover decididamente actividades colaborativas y de carácter social que aumenten la experiencia de los futuros docentes en el ámbito de lo público y su confianza en la capacidad de generar los cambios que son necesarios para nuestra supervivencia, disminuyendo su frustración ante la situación actual.

Para concluir, debemos señalar algunas limitaciones en este estudio. En primer lugar, respecto a la muestra. El estudio se ha hecho en una sola comunidad autónoma, que, si bien es una de las de mayor población de nuestro país, no permite generalizar los resultados más allá de ella. Por otro lado, los datos de los participantes que inician sus estudios y de los que lo finalizan se han recogido en el mismo año, por lo que no se trata de un estudio longitudinal. Así, aunque el estudio aporta resultados empíricos muy valiosos sobre la alfabetización ambiental entre los estudiantes de los grados de EP y EI de Andalucía que inician y finalizan sus estudios, los investigadores han de tener en cuenta dichas limitaciones al valorar los resultados y establecer posibles contrastes con otros estudios. Sería necesario, además, realizar más estudios con el mismo instrumento en otros ámbitos nacionales e internacionales para dar mayor fortaleza a las conclusiones establecidas. En segundo lugar, respecto a la metodología. Este trabajo presenta resultados detallados de tipo descriptivo respecto a cada variable estudiada. Para una mayor comprensión del estado de la cuestión, son necesarios análisis adicionales que permitan explicar y no solo describir el estado de la cuestión. En ello está ocupado actualmente el equipo de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Economía y Competitividad por el apoyo financiero brindado al proyecto titulado «Alfabetización Ambiental: Un Desafío para la Formación de Docentes del Siglo xxi» (PID2020-114171GB-I00), en el marco del cual se ha desarrollado el presente estudio.

Al profesorado de las universidades públicas de Andalucía que han colaborado desinteresadamente en la cumplimentación del cuestionario CDA por parte del alumnado: Rut Jiménez-Liso y Macarena Castellary (Universidad de Almería); Cristina Goenechea, Sonia Aguilar, María Armario, Almudena Cotán, Marina Picazo, Guadalupe Calvo, Beatriz Gómez y Miguel Lara (Universidad de Cádiz); Manuel Gahete, Enrique Sánchez, Vicente Llorent, Mariano Núñez, Pilar Gema Rodríguez, Gloria Priego, Naima Zahra, Ana Bravo y Sebastián Rubio (Universidad de Córdoba); Javier Perales y Alicia Benarroch (Universidad de Granada y Universidad de Granada sede de Melilla, respectivamente); Ana María Abril y María Teresa Ocaña (Universidad de Jaén); Francisco de Paula Rodríguez y Manuel Delgado (Universidad de Huelva);. Juan Carlos Tojar y Leticia Velasco (Universidad de Málaga); Pilar Ridao, Rocío Primitiva Piñero, Alba Vico, Ana María Pérez y Ana María Escudero (Universidad de Sevilla) (s. e. u. o.).

REFERENCIAS

Acosta Collazo, F. J. (2022). Estrategia de aprendizaje y retos de la educación sobre el cambio climático en el bachillerato de la UAA. *DOCERE*, 27, 31-36. https://doi.org/10.33064/2022docere274223

Álvarez-García, O., Sureda-Negre, J. y 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. (2018a). 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://doi.org/10.30827/profesorado.v22i2.7725

Álvarez-García, O., Sureda-Negre, J. y Comas-Forgas, R. (2018b). Evaluación de las competencias ambientales del profesorado de primaria en formación inicial: estudio de caso. *Enseñanza de las ciencias, Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(1), 117-141. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335277

Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, *2*(1). http://redie.ens.uabc.mx/vol2no1/contenido-backhoff.html

Cebrián, G. y Junyent, M. (2014). Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. *Enseñanza de las ciencias, Revista de investigación y experiencias didácticas, 32*(1), 29-49. http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.877

Coyle, K. (2005). Environmental literacy in the U. S.: What ten years of NEETF/Roper research and related studies say about environmental literacy in the United States. *The National Environmental Education & Training Foundation*. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED522820.pdf

Estrada-Vidal, L. y Tojar-Hurtado, J. (2017). College student knowledge and attitudes related to sustainability education and environmental health. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 237, 386-392. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.030

Ferrari, E., Martínez-Abad, F. y Ruiz, C. (2022). Examining the Relationship between the Dimensions of the Climate-Change Competence (C3): Testing for Mediation and Moderation. *Sustainability*, *14*(3), 1895. https://doi.org/10.3390/su14031895

García, M. N. Z. y Cobar-García, M. R. V. (2022). The environmental literacy of elementary and high school teachers based in Manila and Nueva Ecija province: a mixed methods study. *Environment, Development, Sustainability*, 24, 6878-6902. https://doi.org/10.1007/s10668-021-01732-2

García-Díaz, J. E., Fernández Arroyo, J., Rodríguez Marín, F. y Puig Gutiérrez, M. (2019). Más allá de la sostenibilidad: por una educación ambiental que incremente la resiliencia de la población ante el decrecimiento/colapso. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, *1*(1), 1101-15. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1101

García-Vinuesa, A., Gartea, P. Á. M., Gómez, J. A. C. y Bachiorri, A. (2022). El cambio climático en la educación secundaria: conocimientos, creencias y percepciones. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, *40*(2), 25-48. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3526

Gheith, E. M. (2019). Environmental literacy among prospective classroom teachers in Jordan. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *18*(12), 258-279. https://doi.org/10.26803/ijlter.18.12.15

Goldman, D., Yavetz, B. y Peer, S. (2006). Environmental literacy in teacher training in Israel: environmental behavior of new students. *Journal of Environmental Education*, *38*, 3-22. https://doi.org/10.3200/JOEE.38.1.3-22

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., Solís Ramírez, E. y Rivero García, A. (2022a). Alfabetización Ambiental del profesorado de 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

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., López Lozano, L., y Solís Ramírez, E. (2022b). Alfabetización ambiental en la formación inicial docente: diseño y validación de un cuestionario. *Enseñanza de las Ciencias*, *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 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. (2022c). 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

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). Selección de la muestra. En *Metodología de la Investigación* (6.ª ed., pp. 170-191). MacGraw-Hill.

Hiğde, E., Öztekin, C. y Şahin, E. (2017). Turkish pre-service science teachers' awareness, beliefs, values, and behaviours pertinent to climate change. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 253-263. https://hdl.handle.net/11511/36589

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* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.

Kinslow, A. T., Sadler, T. D. y Nguyen, H. T. (2019) Socio-scientific reasoning and environmental literacy in a field-based ecology class. *Environmental Education Research*, *25*(3), 388-410. https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1442418

Latouche, S. (2008). *La apuesta por el decrecimiento: ¿cómo salir del imaginario dominante?* Icaria.

Leff, E. (2006). Complejidad, racionalidad ambiental y diálogo de saberes. En *Reflexiones sobre educación ambiental II: artículos publicados en la carpeta informativa del CENEAM 2000-2006* (pp. 275-284). Parques Nacionales.

Liang, S. W., Fang, W. T., Yeh, S. C., Liu, S. Y., Tsai, H. M, Chou, J. Y. y Ng, E. (2018). A Nationwide Survey Evaluating the Environmental Literacy of Undergraduate Students in Taiwan. *Sustainability*, *10*, 1730. https://doi.org/10.3390/su10061730

Marcos-Merino, J. M., Corbacho-Cuello, I. y Hernández-Barco, M. (2020). Analysis of Sustainability Knowingness, Attitudes and Behavior of a Spanish Pre-Service Primary Teachers Sample. *Sustainability*, *12*, 7445. https://doi.org/10.3390/su12187445

Meira, P. (2006). Crisis ambiental y globalización: Una lectura para educadores ambientales en un mundo insostenible. *Trayectorias*, *8*, 20-21 y 110-123.

Michail, S., Stamou, A. y Stamou, G. (2007). Greek primary school teachers' understanding of current environmental issues: an exploration of their environmental knowledge and images of nature. *Science Education*, *91*, 244-259. https://doi.org/10.1002/sce.20185

Ministerio de Universidades. (2022). *Datos y cifras del sistema universitario español*. Publicación 2021-2022. Secretaría General Técnica del Ministerio de Universidades

Ministerio de Universidades. *Qué estudiar y dónde en la Universidad QEDU*. http://siiu.universidades.gob.es/QEDU/

Muliana, A., Maryani, E. y Somantri, L. (2018). Ecoliteracy Level of Student Teachers (Study toward Students of Universitas Syiah Kuala Banda Aceh). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *145*, 012061. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/145/1/012061

Neas, S. (2023). Narratives and impacts of formal climate education experienced by young climate activists. *Environmental Education Research*, 1-17. https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2193684

Negev, M., Sagy, G., Garb, Y., Salzberg, A. y Tal, A. (2008). Evaluating the environmental literacy of Israeli elementary and high school students. *Journal of Environmental Education*, *39*(2), 3-20. https://doi.org/10.3200/joee.39.2.3-20

Oinonen, I., Seppälä, T. y Paloniemi, R. (2023) How does action competence explain young people's sustainability action? *Environmental Education Research*. https://doi.org/10.3200/joee.39.2.3-20

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

Orbanić, N. y Kovač, N. (2021). Environmental awareness, attitudes, and behaviour of preservice preschool and primary school teachers. *Journal of Baltic Science Education*, *20*, 373-388. https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.373

Pe'er, S., Goldman, D. y Yavetz, B. (2007). Environmental literacy in teacher training: Environmental attitudes, knowledge and behavior of beginning students. *Journal of Environmental Education*, *39*(1), 45-59. https://doi.org/10.3200/joee.39.1.45-59

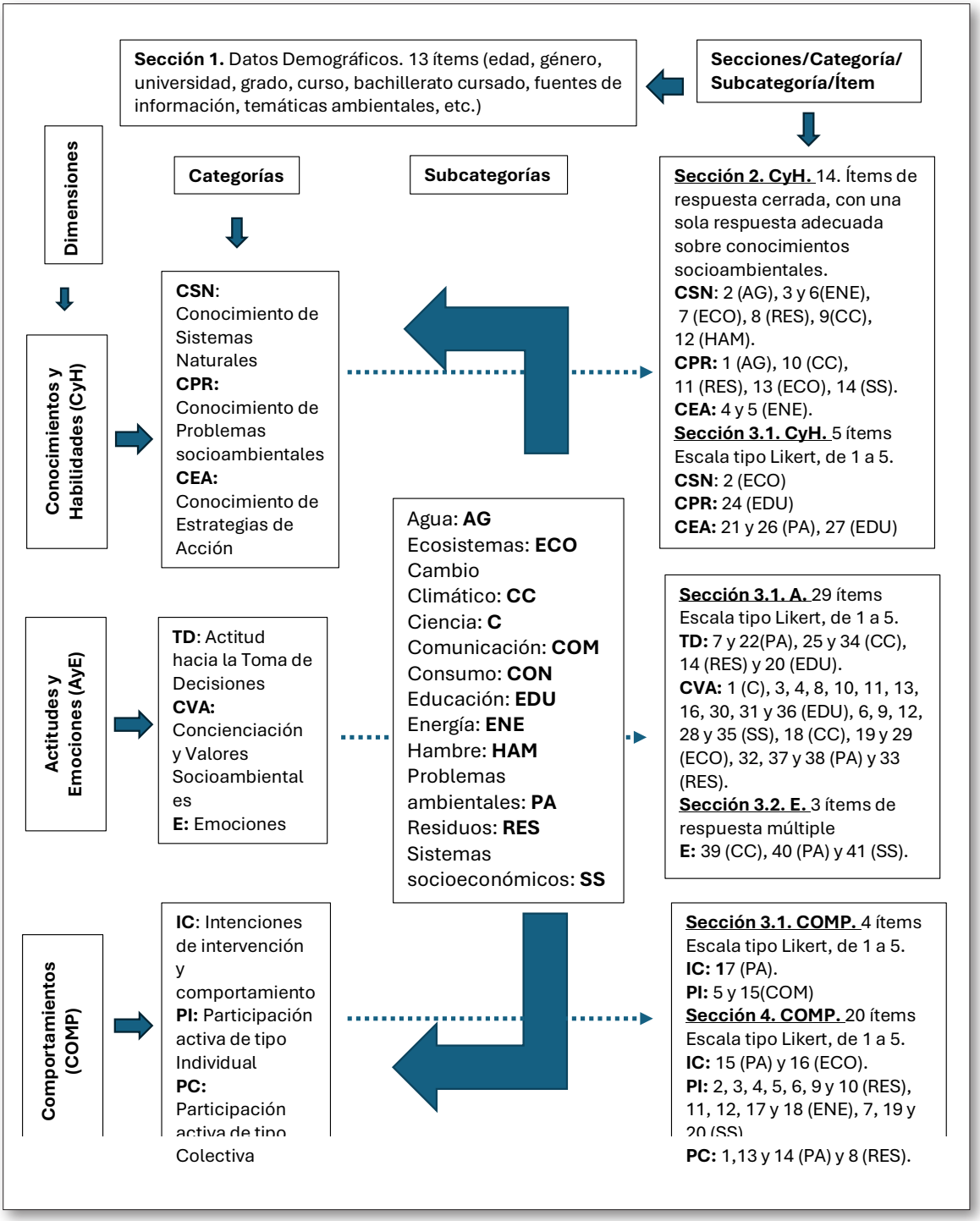
Roth, C. E. (1992). *Environmental Literacy: Its Roots, Evolution and Directions in the 1990s*. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.

Tuncer Teksoz, G., Boone, J. W., Tuzun, O. Y. y Oztekin, C. (2014). An evaluation of the environmental literacy of preservice teachers in Turkey through Rasch analysis. *Environmental Education Research*, *20*(2), 202-227. https://doi.org/10.1080/13504622.2013.768604

Ull, M. A., Piñero, A., Martínez-Agut, M. P. y Aznar, P. (2014) Preconcepciones y actitudes del profesorado de Magisterio ante la incorporación en su docencia de competencias para la sostenibilidad. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de investigación y experiencias didácticas*, *32*(2), 91-112. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.904

Yavetz, B., Goldman, D. y Pe'er, S. (2009). Environmental literacy of pre-service teachers in Israel: a *comparison* between students at the onset and end of their studies. *Environmental Education Research*, *15*(4), 393-415. https://doi.org/10.1080/13504620902928422

ANEXO 1


Sección 1. Datos Demográficos. 13 ítems (edad, género, universidad, grado, curso, bachillerato cursado, fuentes de información, temáticas ambientales, etc.)
Secciones/Categoría/ Subcategoría/Ítem
Dimensiones
Categorías
Subcategorías
Sección 2. CyH. 14. Ítems de respuesta cerrada, con una sola respuesta adecuada sobre conocimientos socioambientales.
CSN: 2 (AG), 3 y 6(ENE), 7 (ECO), 8 (RES), 9(CC), 12 (HAM).
CPR: 1 (AG), 10 (CC), 11 (RES), 13 (ECO), 14 (SS).
CEA: 4 y 5 (ENE).
Sección 3.1. CyH. 5 ítems Escala tipo Likert, de 1 a 5.
CSN: 2 (ECO)
CPR: 24 (EDU)
CEA: 21 y 26 (PA), 27 (EDU)
Conocimientos y Habilidades (CyH)
CSN: Conocimiento de Sistemas Naturales
CPR: Conocimiento de Problemas socioambientales
CEA: Conocimiento de Estrategias de Acción
Agua: AG
Ecosistemas: ECO
Cambio Climático: CC
Ciencia: C
Comunicación: COM
Consumo: CON
Educación: EDU
Energía: ENE
Hambre: HAM
Problemas ambientales: PA
Residuos: RES
Sistemas socioeconómicos: SS
Actitudes y Emociones (AyE)
TD: Actitud hacia la Toma de Decisiones
CVA: Concienciación y Valores Socioambientales
E: Emociones
Sección 3.1. A. 29 ítems Escala tipo Likert, de 1 a 5.
TD: 7 y 22(PA), 25 y 34 (CC), 14 (RES) y 20 (EDU).
CVA: 1 (C), 3, 4, 8, 10, 11, 13, 16, 30, 31 y 36 (EDU), 6, 9, 12, 28 y 35 (SS), 18 (CC), 19 y 29 (ECO), 32, 37 y 38 (PA) y 33 (RES).
Sección 3.2. E. 3 ítems de respuesta múltiple
E: 39 (CC), 40 (PA) y 41 (SS).
Comportamientos (COMP)
IC: Intenciones de intervención y comportamiento
PI: Participación activa de tipo Individual
PC: Participación activa de tipo Colectiva
Sección 3.1. COMP. 4 ítems Escala tipo Likert, de 1 a 5.
IC: 17 (PA).
PI: 5 y 15(COM)
Sección 4. COMP. 20 ítems Escala tipo Likert, de 1 a 5.
IC: 15 (PA) y 16 (ECO).
PI: 2, 3, 4, 5, 6, 9 y 10 (RES), 11, 12, 17 y 18 (ENE), 7, 19 y 20 (SS)
PC: 1,13 y 14 (PA) y 8 (RES).

The Environmental Literacy of Future Pre-School and Primary School Teachers in Andalusia

Ana Rivero García, Emilio Solís Ramírez
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales
Universidad de Sevilla. Sevilla, España
arivero@us.es, esolis@us.es

Rocío Jiménez Fontana, Lucía Rodríguez Pérez
Departamento de Didáctica
Universidad de Cádiz. Cádiz, España
rocio.fontana@uca.es, lucia.rodriguezperez@alum.uca.es

The primary objective of this study is to evaluate the level of environmental literacy (EL) among teachers of early childhood education (ECE) and primary education (PE) in their initial training at Andalusian public universities. Secondly, the study aims to identify any differences between the two degrees and between those who are beginning and finishing their studies. To achieve this objective, the environmental dimensions questionnaire (CDA) is used, which asks about knowledge and skills, attitudes and emotions, and behavior. The questionnaire was developed with reference to several existing instruments and a theoretical perspective on EL based on degrowth, which advocates an economic and social transition in accordance with a world with limited resources. The level of understanding of EL required is one in which the relationship between social and natural systems across a range of issues, both locally and globally, is fully grasped. This level of understanding enables the analysis of socio-environmental problems and their threats for our survival, as well as the critical evaluation of related information and solutions. Furthermore, it motivates action both privately and publicly and involves the willingness to reduce individual privileges and to promote and participate in changes for the common good in the social sphere. A total of 1,766 students participated in the study, constituting a sample that accurately reflects the population groups under investigation. The responses were subjected to descriptive statistical analysis. The results indicate that the EL is characterized by a medium level of knowledge, which is insufficient for problem solving and decision making. Additionally, the EL exhibits a high level of individual pro-environmental attitudes and behaviors but shows uncritical trust in technology as a solution to all problems. Furthermore, the EL exhibits a low level of collective behavior in the public sphere. Regarding environmental concerns, the EL shows a high level of concern, frustration, and anxiety about the effects of climate change. However, this concern is not accompanied by a corresponding level of hope, as the EL exhibits a low level of identification with environmental problems and solutions. Consequently, the EL displays a low level of satisfaction and joy when participating in solutions to environmental problems. The results also indicate that the degree of EL is higher in PE than in ECE, with the exception of the dimension of behaviors, where the opposite occurs. Furthermore, the students' EL does not appear to be improving their EL in PE, although it does in ECE, except for the case of behaviors in the public sphere, which worsen in both grades. The results indicate that emotions are not affected by grade or time. The empirical results of our study and the theoretical keys analyzed have led us to define three general levels of EL, which we have designated as Elementary, Standard, and Advanced. Most of the prospective teachers in Andalusia are at the standard level. The conclusions allow us to establish that, in initial training, it is necessary to work on the contents as open problems and with a research methodology that helps students develop the scientific skills necessary to critically analyze the socio-environmental problems, to recognize their seriousness as well as the complex relationships between technology and the environment, and to make decisions based on the private and public spheres. It is similarly vital to facilitate collaborative experiences in the public domain, thus enhancing the efficacy of future educators and their confidence in their ability to effect the necessary changes for our collective survival. Regarding research, it is recommended that more studies be conducted using the same instrument in other areas, to enhance the strength of the conclusions drawn and to facilitate the development of explanatory studies that provide more detailed information on the variables under investigation and their relationships.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 185-202 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5985
Investigaciones didácticas ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

CC BY

Creencias y actuación en el aula de los formadores de profesores de Matemáticas

Beliefs and Practices in the Classroom of Mathematics Teacher Educators

Wendy Jhoana Jiménez Ávila
Unidad Académica de Matemáticas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.
jhoanaavilajimenez@gmail.com

Leticia Sosa Guerrero
Unidad Académica de Matemáticas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.
lsosa@uaz.edu.mx

RESUMEN • El presente artículo es parte de un proyecto de investigación cuyo objetivo es describir la relación entre las creencias de los formadores de profesores de Matemáticas, sobre las matemáticas, su enseñanza y aprendizaje, y su actuación en el aula. Se realizó un estudio de casos instrumental utilizando métodos cualitativos. En el estudio participaron dos formadores experimentados. Los datos se analizaron utilizando el instrumento denominado *concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. Los resultados revelan una relación entre las creencias de los formadores y su actuación en el aula, sin embargo, dicha relación no es directa. Además, se evidenciaron varios aspectos que influyen en la formulación de las creencias de los formadores, lo que a su vez impacta en la manera de actuar de estos en el aula.

PALABRAS CLAVE: Actuación en el aula; Creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje; Creencias sobre la naturaleza de las matemáticas; Formadores de profesores de Matemáticas.

ABSTRACT • This article is part of a research project aimed at describing the relationship between the beliefs of mathematics teacher educators about mathematics, its teaching, and learning processes, as well as their practices in the classroom. An instrumental case study was conducted using qualitative methods. Two experienced educators participated in the study. The data were analyzed using the Conceptions of Teaching and Learning Mathematics instrument. The results reveal a relationship between the educators' beliefs and their classroom practices, although this relationship is not direct. Additionally, several aspects that influence the formulation of the educators' beliefs, which in turn impact their classroom practices, were identified.

KEYWORDS: Classroom practices; Beliefs about teaching and learning; Beliefs about the nature of mathematics; Mathematics teacher educators.

Recepción: junio 2023 • Aceptación: junio 2024 • Publicación: noviembre 2024

Jiménez Ávila, W. J. y Sosa Guerrero, L. (2024). Creencias y actuación en el aula de los formadores de profesores de Matemáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, *42*(3), 185-202
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5985

INTRODUCCIÓN

El interés por las creencias de los profesores y su incidencia en la formación docente viene explorándose desde hace tiempo y su investigación ha sido extensa (Bailey-Moreno et al., 2022; Vesga-Bravo et al., 2022). A partir de los trabajos de Shulman (1987), diversos estudiosos empezaron a indagar sobre el rol de las creencias en el conocimiento y las prácticas del docente (Petrou y Goulding, 2011).

En cuanto a la investigación sobre la naturaleza de las creencias de los formadores de profesores de Matemáticas (FPM), es decir, sobre cómo se formaron y evolucionaron y cómo afectan las acciones de estos formadores, esta se encuentra en una etapa temprana (Lovin et al., 2012; Chapman, 2021). Leikin (2020), Marshman y Goos (2018) y Marshman (2021) han señalado diferencias relevantes y características en la naturaleza de las creencias sobre las matemáticas, la enseñanza y el aprendizaje de los FPM, dependiendo de su formación académica, perfil profesional y objetivos específicos. Esto sugiere una relación entre la formación del formador y sus creencias.

Hernández et al. (2020) señalan que, dada la autonomía de la que gozan los profesores universitarios en sus cátedras, las creencias serían las guías de su actuación, sirviendo como indicadores de esta en el aula. Además, Leikin (2020) señala que las prácticas de las diferentes comunidades involucradas en la formación de profesores de matemáticas varían debido a los objetivos de cada FPM, los cuales pueden estar normados por los programas educativos, los niveles de enseñanza (formación inicial o continua, primaria, etc.) y las comunidades de práctica (matemáticos, didácticos, profesores expertos, etc.).

Chapman (2021) y Beswick y Goos (2018) destacan que los estudios sobre creencias de los FPM juegan un papel secundario en las investigaciones sobre el conocimiento de los FPM, casi de forma incidental, por lo que instan a indagar sobre la naturaleza de las creencias de dichos formadores, dada su incidencia en las prácticas de enseñanza. Pérez-Montilla y Cardeñoso (2023) hacen un llamado a la comunidad investigadora a prestar atención a los formadores de docentes para contribuir a su desarrollo profesional y a la transformación educativa.

Por tanto, nos interesa dar respuesta a la pregunta sobre cómo las creencias de los FPM sobre las matemáticas, su enseñanza y su aprendizaje se relacionan con su actuación en el aula. Esta pregunta de investigación se particulariza en tres objetivos específicos: *i*) identificar las creencias del FPM, *ii*) explorar dichas creencias en su actuación en el aula y *iii*) determinar la relación entre las creencias de los FPM y su actuación en el aula.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Aquí se muestran las bases conceptuales que sustentan el estudio, centrándose en las creencias y prácticas de los FPM.

En el modelo de conocimiento especializado del profesor de matemáticas (MTSK), las creencias son consideradas un elemento fundamental de las características del conocimiento especializado del profesor de matemáticas (Carrillo-Yañez et al., 2018). Su presencia en el modelo se justifica como la variable que ayuda a comprender las actuaciones del profesor y la filosofía detrás de ellas, puesto que para el MTSK las creencias influyen significativamente en las prácticas del profesor de Matemáticas (Pascual et al., 2020).

El MTSK se compone de tres grandes dominios, uno de ellos es el de creencias sobre las matemáticas, su enseñanza y aprendizaje (Aguilar-González, et al., 2018; Carrillo-Yañez et al., 2018). Para Escudero-Ávila et al. (2021), las creencias forman parte del conocimiento del FPM y tienen un impacto en la orientación de la educación en general. Pérez-Montilla y Cardeñoso (2023) señalan que las creencias de los FPM son un elemento decisivo en el conocimiento y las prácticas de dichos formadores. En el estudio, las creencias son todo lo que considera verdadero el FPM (Ajzen y Fishbein, 1980). Estas deben inferirse de sus palabras y acciones, para garantizar una mayor certeza de su existencia (Pajares, 1992).

Así pues, se toma el MTSK no con la finalidad de indagar en los conocimientos del FPM ni en los contenidos que desarrollan en la formación docente, sino que nuestro enfoque está puesto en el dominio de las creencias como elemento que guía su actuación en el aula. Elegimos este marco debido a los instrumentos desarrollados en el MTSK para el estudio de las creencias y de la actuación del profesor de Matemáticas, como lo es el instrumento de concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (CEAM) (Climent, 2002; Contreras, 1998). El CEAM ha sido adaptado y utilizado por varios investigadores para conocer las creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas de profesores de Matemáticas, profesores en formación inicial, estudiantes y profesores universitarios (Aguilar-González et al., 2019; Aguilar-González et al., 2018; Climent, 2002; Contreras, 1998; Vasco, 2015).

El CEAM resulta idóneo para establecer relaciones entre las creencias del FPM y su actuación en el aula, de modo que los principios del MTSK se fundamentan sobre las creencias acerca de las matemáticas, su enseñanza y su aprendizaje. Además, tomar el modelo MTSK como referente teórico tiene la modesta intención de contribuir a las investigaciones en curso sobre el FPM, sus conocimientos y, en nuestro caso particular, sus creencias, considerándolas como un elemento íntimamente ligado a su conocimiento especializado, tomando como punto de partida dicho modelo.

El CEAM involucra cuatro tendencias didácticas: tradicional, tecnológica, espontaneísta e investigativa. Dichas tendencias las agrupa en seis categorías: metodología, concepción de la matemática escolar, concepción del aprendizaje, papel del alumno, papel del profesor y evaluación. A su vez, cada categoría está dotada de indicadores que facilitan el establecimiento de relaciones entre las creencias del profesor y su tendencia didáctica (Carrillo y Contreras, 1995).

Contreras (1998) y Climent (2002) describen las características distintivas de cada tendencia: la tradicional enfatiza la memorización de conceptos y reglas; la tecnológica simula un proceso de construcción de contenidos y emplea estrategias expositivas; la espontaneísta promueve la participación activa de los estudiantes para la adquisición de conocimientos de forma espontánea; y la investigativa promueve la investigación, la reflexión, el cuestionamiento y la solución a situaciones problema.

En cuanto al estudio de las creencias sobre las matemáticas, en el MTSK se sigue a Ernest (1989), que distingue tres puntos de vista sobre la naturaleza de las matemáticas: instrumentalista, platónico y de resolución de problemas (Carrillo, 1996). Para Ernest (1989), desde el punto de vista instrumentalista, las matemáticas se utilizan para fines externos y son una conglomeración de hechos y reglas; en el platónico se descubren y son un cuerpo de conocimiento estático y unificado; y en el de resolución de problemas las matemáticas son un constructo social en continua expansión, cuyos resultados permanecen abiertos a revisión.

Asimismo, Ernest (1989) define unas categorías en lo concerniente a la visión del profesor del proceso de aprendizaje de las matemáticas: aprendizaje como recepción activa de los conocimientos vinculado a una visión platónica de las matemáticas; aprendizaje como la construcción activa de los conocimientos asociado a una visión de resolución de problemas de las matemáticas; y aprendizaje como una recepción pasiva de los conocimientos vinculado a una visión instrumental de las matemáticas.

Por otra parte, Van Zoest et al. (1994), siguiendo a Kush y Ball (1986), definen tres categorías sobre las creencias de la enseñanza de las matemáticas: la visión de la enseñanza centrada en el contenido, con énfasis en la comprensión conceptual, la cual se considera punto intermedio de la visión de la enseñanza de las matemáticas, centrada en el aprendizaje y con énfasis en las interacciones sociales, y la visión de la enseñanza de las matemáticas centrada en el contenido y el rendimiento.

Beswick (2005) utilizó los puntos de vista de Ernest (1989) y Van Zoest et al. (1994) para analizar las creencias de los profesores de Matemáticas de secundaria sobre la disciplina, la enseñanza y el aprendizaje, así como su impacto en la práctica en el aula; además, justificó que estas categorías son teóricamente coherentes entre sí y se pueden considerar continuas. Esta relación fue utilizada por Marshman y Goos (2018) y Marshman (2021) para el estudio de las creencias de FPM.

Por otro lado, Climent (2002) asocia dichas tendencias a tres niveles de progresión (figura 1):

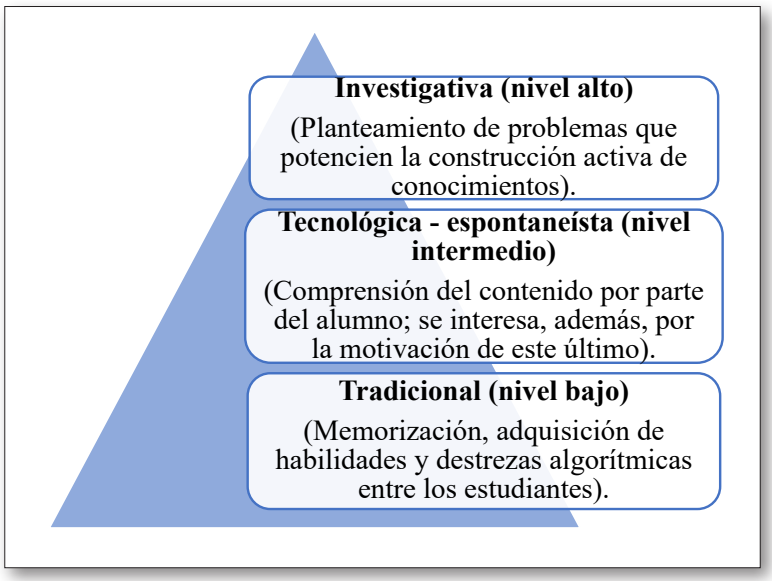


Fig. 1. Niveles de progresión de las tendencias didácticas según Climent (2002).

De este modo, la tendencia tradicional se encuentra en el nivel más bajo y se relaciona con creencias sobre las matemáticas, su enseñanza y su aprendizaje de tipo instrumentalista. En el nivel intermedio se encuentran las tendencias tecnológicas y la espontaneísta, las cuales se relacionan con creencias platónicas; mientras que la tendencia investigativa se encuentra en el nivel más alto y se relaciona con creencias de resolución de problemas.

En la tabla 1 se resumen las relaciones establecidas entre las tendencias descritas por Climent (2002) y la relación que había establecido Beswick (2005) entre las creencias sobre las matemáticas, la enseñanza y el aprendizaje, a partir de los niveles establecidos por Climent (2002) respecto a cada una de dichas tendencias.

Tabla 1.
Relaciones entre las creencias y las tendencias didácticas de los formadores

Creencias sobre la naturaleza de las matemáticas (Ernest, 1989)	Creencias sobre la enseñanza de las matemáticas (Van Zoest et al., 1994)	Creencias sobre el aprendizaje de las matemáticas (Ernest, 1989)	Tendencias didácticas (Climent, 2002)
Instrumentalista	Centrada en el contenido, con énfasis en el rendimiento	Dominio de habilidades, recepción pasiva del conocimiento	Tradicional
Platónica	Centrada en el contenido, con énfasis en la comprensión conceptual	Construcción activa de la comprensión	Tecnológica-espontaneísta
Resolución de problemas	Centrada en el alumno, con énfasis en las interacciones sociales	Exploración autónoma de intereses propios	Investigativa

Nota: Las tres primeras columnas de la tabla fueron tomadas de *The Beliefs/Practice Connection in Broadly Defined Contexts* de Beswick (2005, p. 49).

Así pues, en el estudio se utiliza dicha relación entre las creencias sobre las matemáticas, su enseñanza y su aprendizaje con las tendencias didácticas para establecer relaciones entre las creencias del FPM sobre las matemáticas, su enseñanza y su aprendizaje con su actuación en el aula, haciendo las adaptaciones necesarias a los diferentes instrumentos de recogida de información y de análisis.

METODOLOGÍA

El método utilizado es un estudio de casos instrumental (Stake, 2007), ya que se pretende profundizar en aspectos teóricos de las creencias de los FPM, mediante el estudio de un caso.

Participantes

Nuestros informantes, bajo los seudónimos de Fernando y Miguel, son profesores de matemáticas y FPM con amplia experiencia en la formación docente. Fernando, residente en México, tiene más de veinte años de experiencia como profesor, trece de ellos dedicados a formar a profesores de Matemáticas. Posee la especialización en Matemáticas de secundaria, un máster en investigación y estudios inconclusos de doctorado. Por otro lado, Miguel, residente en Colombia, tiene quince años de experiencia docente, ocho de ellos dedicados a la formación de profesores de Matemáticas. Es licenciado en Matemáticas y maestro en Educación Matemática. En el momento de realizar la investigación, Miguel impartía dos asignaturas, Didáctica de la Estadística e Historia de la Probabilidad, en una universidad pública en Cali, Colombia.

Ambos informantes aceptaron participar voluntariamente en la investigación, y fueron escogidos por conveniencia (Cohen et al., 2007) debido a su experiencia, disposición y riqueza de la información brindada. Los dos informantes cumplían con las características del caso que se requerían: más de cinco años de experiencia en el campo de la formación de profesores de Matemáticas y la disposición para aplicar cada instrumento.

Instrumentos

En la investigación se considera que las creencias, por su componente afectivo y cognitivo, son un tema bastante complejo, por ello se consideraron diversas técnicas e instrumentos para la recolección y el análisis de la información. Para la identificación de creencias declaradas, utilizamos un cuestionario, mientras que para la identificación de creencias promulgadas a través de su actuación en el aula se utilizaron videograbaciones de clases. También se aplicó una entrevista semiestructurada para la argumentación de sus creencias.

Cuestionario

Se utilizó un cuestionario que se dividió en dos secciones. En la primera (CS1) se indagaba sobre las creencias de los FPM sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas mediante 26 ítems obtenidos a partir de la fusión de dos instrumentos: la encuesta de creencias de Beswick (2005) y los indicadores del CEAM de Climent (2002). Ambos fueron utilizados en profesores del nivel medio básico, por lo que se evidenció una estrecha relación entre estos. Además, se consideró la relación entre las creencias sobre las matemáticas, la enseñanza y el aprendizaje con las tendencias didácticas (tabla 1) para la adaptación del cuestionario al FPM. Algunos ejemplos de ítems (I) del cuestionario son:

(I8) Proporcionar a los futuros profesores tareas matemáticas y didácticas para que las investiguen y analicen es una forma eficaz de enseñar a enseñar matemáticas.
(I11) Los futuros profesores siempre se benefician de discutir sus propuestas a tareas matemáticas y didácticas entre ellos.

En la segunda sección (CS2), se utilizaron 7 ítems del cuestionario de Marshman y Goos (2018) para indagar sobre las creencias sobre las matemáticas de los FPM desde los puntos de vista instrumentalista, platónico y de resolución de problemas de Ernest (1989). Como ejemplo, se mencionan los siguientes ítems: «Las matemáticas se descubren, no se crean» (Marshman y Goos, 2018, p. 521); «Las matemáticas son un campo de investigación humana en continua expansión» (Marshman y Goos, 2018, p. 521).

En ambas secciones se hizo una única pregunta abierta para conocer su opinión respecto a cada uno de los ítems del cuestionario, es decir, si estaban de acuerdo o no respecto a cada ítem y por qué. Además, el cuestionario fue revisado por tres pares externos antes de su aplicación para garantizar su validez; estos investigadores fueron seleccionados por su conocimiento y afinidad con investigaciones sobre las creencias de FPM y el modelo MTSK.

Observación no participante

En la observación se busca explorar si las creencias promulgadas en el cuestionario por los FPM se reflejaban en su actuación en el aula. Para ello, se grabaron dos clases de Miguel. No fue posible observar las clases de Fernando debido a su jubilación. Sin embargo, la información que brindó este aportaba elementos sustanciales para la investigación, por lo que fue tomada en cuenta. Sus respuestas detalladas nos permitieron tener una visión de su actuación en el aula.

Entrevista semiestructurada (E)

Se utilizó una guía de cinco preguntas para afianzar algunas de las respuestas del cuestionario. El objetivo era que los participantes argumentaran sus creencias, y para ello se les preguntó, por ejemplo: «¿Qué significa para usted enseñar matemáticas y enseñar a enseñar matemáticas?», «¿Podría describir algunas diferencias, si las hay, entre la forma de enseñar matemáticas en la escuela, y la forma de enseñar a enseñar matemáticas a un FP?».

Análisis de datos

La aplicación del cuestionario se hizo por correo electrónico en un archivo en formato Word, para que los informantes lo respondieran y reenviaran. Las respuestas del CS1 se analizaron adaptando una tabla utilizada por Climent (2002) para el análisis del CEAM de profesores de primaria. La adaptación consistió en añadir dos columnas para las respuestas de los dos informantes que daban pautas acerca de sus creencias sobre matemáticas, la enseñanza, el aprendizaje, el papel del FP y su papel como FPM, de acuerdo con las categorías antes mencionadas del CEAM, las cuales fueron modificadas en sus indicadores según el FPM. Para el análisis del CS2 se tomaron las respuestas en las que se profesaban creencias sobre la naturaleza de las matemáticas, y a partir de lo señalado por Ernest (1989) se identificaba si era instrumentalista, platónica o de resolución de problemas.

Por otro lado, el análisis de las observaciones realizadas de dos de las clases de Miguel se hizo después de transcribir las grabaciones. Luego, en un segundo acercamiento, se hizo un resumen de lo observado en las clases del formador, teniendo como guía las categorías del CEAM para poder verificar

la coherencia o no de sus creencias profesadas y promulgadas, y si los rasgos a las tendencias que se habían identificado en el cuestionario eran coherentes o no con su actuación en el aula.

En cuanto a la entrevista, estas fueron grabadas y transcritas. Las respuestas fueron utilizadas para verificar algunas cuestiones que no se pudieron ver ni en el cuestionario ni en la observación con relación al contexto de los participantes, como las experiencias de los FPM con sus profesores en la escuela y en la universidad, así como sus experiencias y aprendizajes como FPM y como profesores en la escuela.

Por último, se triangularon los diferentes instrumentos para establecer coherencias o incoherencias en información recolectada. Para asegurar la integridad del diseño metodológico y del análisis de los datos, se llevó a cabo una transcripción meticulosa de las entrevistas y grabaciones. Además, se realizaron múltiples enfoques en el análisis y se sostuvieron debates sobre este y sus resultados con colegas externos como parte del proceso de revisión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de las creencias de los dos FPM

Creencias sobre la naturaleza de las matemáticas: Fernando y Miguel muestran rasgos de creencias sobre las matemáticas de resolución de problemas. Para ellos, las matemáticas son un constructo social, no son estáticas, están en continua expansión y abiertas a revisión (Ernest, 1989). Por ejemplo, Fernando señala en el cuestionario que:

> Fernando: las matemáticas son el resultado de la actividad humana en la búsqueda de interpretar y comprender la realidad (…) (CS2, I4).

Miguel, por su parte, reconoce que las matemáticas son un campo en constante evolución que puede enriquecerse con otras ciencias, aunque también sostiene que son distintas a otras disciplinas, lo cual refleja una creencia instrumentalista de las matemáticas (Ernest, 1989). A su vez, estuvo de acuerdo en que las matemáticas son computación, útiles para descubrir nuevas matemáticas y el enriquecimiento de otras ciencias. Es decir, se evidenciaron rasgos de creencias instrumentalistas/platónicas de las matemáticas.

> Miguel: Sí, por eso existen las diferentes didácticas. Las matemáticas tratan en sus fundamentos sobre el rigor y la estructura de los sistemas que la componen y tienen un carácter determinista (CS2, I5).

En el cuestionario, Fernando muestra creencias sobre las matemáticas de resolución de problemas. Miguel, en cambio, presenta ideas contradictorias, combinando enfoques de resolución de problemas, platónicos e instrumentalistas. Considera que las matemáticas son creadas por el hombre, pero que también sirven para descubrir nuevas matemáticas.

Creencias sobre la enseñanza de las matemáticas: en el cuestionario y en la entrevista, ambos formadores profesaban creencias sobre la enseñanza de las matemáticas centradas en el futuro profesor. Miguel y Fernando consideran que los futuros profesores deben aprender matemáticas tal y como se espera que ellos la enseñen en la escuela. Esto concuerda con lo señalado por Rojas y Deulofeu (2015), quienes consideran que los formadores deben brindar a los futuros profesores la oportunidad de aprender matemáticas según se espera que la aprendan sus futuros alumnos. Fernando, por ejemplo, en sus declaraciones, deja claro que los futuros profesores son los protagonistas del proceso formativo. Le interesa la participación de estos como hacedores de matemáticas y resolutores de problemas reales y actuales de la disciplina, la enseñanza y el aprendizaje.

> Fernando: (…) lo que hoy sabemos, con argumentos transdisciplinarios, nos invitan a situar en el centro del proceso a los sujetos de aprendizaje, con su individualidad, pero también con su diversidad (…), en un proceso particular de comprensión, pero en una construcción social; para resolver cuestionamientos y realizar tareas actuales, presentes e incluso reales (…) (CS1, I16).

Miguel, por su parte, muestra un interés genuino en los futuros profesores durante la entrevista. Destaca cómo la parte afectiva y motivacional puede dificultar el logro de buenos resultados y la adquisición de conocimientos aplicables en diferentes contextos. Su perspectiva sobre la importancia del componente afectivo en la formación docente concuerda con lo señalado por Vaillant y Marcelo (2021), quienes consideran que los formadores deben ser conscientes de que el profesor que están formando es un individuo que necesita tener herramientas para acercarse o alejarse emocionalmente de situaciones en el aula que causan estrés o malestar.

> Miguel: (…) el real campo de batalla está fuera y está en el salón de clases, de nada te sirve una teoría muy romantizada cuando al frente tienes un estudiante con hambre, con necesidades (…) en el aula surgen dificultades que en la universidad no enseñan, (…) en la universidad se deben tocar esos temas, a veces hablamos un discurso muy romántico, pero la realidad es otra en las escuelas, y hay que saber de eso (E).

Creencias sobre el aprendizaje de las matemáticas: en el cuestionario y en la entrevista Fernando manifestó la importancia de desarrollar la autonomía en los futuros profesores, donde el proceso formativo se centre en ellos y en sus intereses, permitiéndoles hacer matemáticas y resolver problemas con sus propios saberes, reacomodando sus estructuras de conocimiento. Esto es coherente con creencias sobre el aprendizaje de las matemáticas de exploración autónoma de acuerdo con los intereses de los futuros profesores (Ernest, 1989).

> Fernando: (…) cuando ustedes se apropian del problema, cuando ya se empiezan a inquietar por resolverlo, les digo, entonces, ya el problema es suyo, ya no es mío, yo lo seleccioné para ustedes, pero ese ya es suyo (…) (E).

Miguel, en cambio, en sus declaraciones, muestra rasgos de creencias sobre el aprendizaje de las matemáticas centradas en la recepción y construcción activa de la comprensión por parte del futuro profesorado (Ernest, 1989), puesto que da una gran relevancia a la intervención activa de estos en las actividades propuestas y a aspectos motivacionales para el logro de sus aprendizajes.

> Miguel: (…) de todas formas, está un factor de las actitudes y motivaciones de los estudiantes y de situaciones circundantes a los chicos que pueden afectar este rendimiento (…) (E).

Papel del futuro profesor: para Fernando, los futuros profesores deben ser buenos resolutores de problemas, y ser activos en su rol de hacedores de matemáticas, para la construcción y el reacomodo de su conocimiento. Para Miguel, el rol del futuro profesor consiste en la participación activa en las actividades propuestas de forma grupal o individual.

> Miguel: Una actitud activa por parte de los estudiantes los hace reflexionar sobre su quehacer (CS1, I8).

Papel del formador: Ambos consideraron que el rol del formador debe ser el de guía, un orientador y facilitador de situaciones problema (reales, actuales), del contenido, de la enseñanza y del aprendizaje de las matemáticas.

> Fernando: (…) más que un «técnico» es un director que sabe «poner en escena» una dinámica de búsqueda de solución (…). El formador debe ser también un resolutor de problemas (CS1, I19).

Basándonos únicamente en las declaraciones de los dos formadores en el cuestionario y en la entrevista, podemos inferir que Fernando muestra rasgos de un modelo de enseñanza o tendencia didáctica investigativa (Climent, 2002; Contreras, 1998), puesto que prioriza el aprendizaje autónomo por parte del futuro profesor a partir de la investigación, la búsqueda de soluciones a determinados interrogantes. Además, da una gran importancia a la resolución de problemas de la disciplina y de la enseñanza, así como a la reflexión, la motivación, las creencias y las actitudes de los futuros profesores.

Miguel, por su parte, en sus declaraciones muestra rasgos de diversas tendencias a la vez. Por un lado, promueve la participación activa de los futuros profesores en las actividades y el descubrimiento a situaciones problema, considerando la motivación, las actitudes y el contexto de estos para el aprendizaje, lo cual es característico de una tendencia espontaneísta (Climent, 2002; Contreras, 1998). Por otro lado, enfatiza el diseño didáctico y la lógica del contenido matemático, alineándose con una tendencia tecnológica (Climent, 2002; Contreras, 1998).

Estos resultados contrastan con la predominancia señalada por Porlán (2003) y Solís (2015) de una tendencia tradicional en la formación de profesores. Vaillant y Marcelo (2021) afirman que la formación docente ha transitado de forma permanente entre un modelo de enseñanza tradicional y la necesidad de innovar, con un aumento notable de actividades innovadoras en las últimas dos décadas.

Resultados de las observaciones a las clases de Miguel

En las observaciones realizadas a las clases 1 y 2 de Miguel se evidenció que los futuros profesores participaban activamente en las actividades propuestas, con un enfoque metodológico que les otorgaba un papel protagónico. Miguel les asignó la tarea de analizar las actividades de estadística de los libros escolares utilizados en las escuelas públicas de Colombia. Tras cada exposición, Miguel intervenía para desarrollar lo explicado por los futuros profesores, haciendo uso de la historia y de su experiencia como profesor en la escuela.

Se evidenció que a Miguel le interesaba la adquisición de competencias en los futuros profesores para el análisis de textos escolares, por lo que el libro de texto, el formador y el futuro profesor eran una fuente importante de la información que se movilizaba en el aula. Seguía una programación prescrita de antemano, según los objetivos de la asignatura, y un aprendizaje colaborativo, por el que la interacción del formador y el futuro profesor estaba mediada por el contenido, favoreciendo diversas formas de agrupamiento entre los futuros profesores.

El dinamizador del aprendizaje eran los intereses y las motivaciones de los futuros profesores por el contenido matemático y el trabajo escolar. En cuanto al papel de los futuros profesores, participaban como protagonistas desarrollando actividades diseñadas por el formador; la responsabilidad de aprendizajes era compartida, participaban activamente en cada actividad y el formador coordinaba la dinámica de la clase. En cuanto al papel del formador, Miguel organizaba los contenidos y las actividades mediante su exposición, procurando que fueran interesantes y provechosos para el futuro docente en su ejercicio posterior como profesores de Matemáticas. Ante determinados interrogantes, aunque fueron muy pocos, la información era validada por Miguel.

Lo evidenciado en la observación concuerda con lo declarado por Miguel en el cuestionario y en la entrevista. Su actuación en el aula refleja un interés genuino en la adquisición de conocimientos y competencias útiles para el futuro profesor en el desarrollo de su labor como docente de Matemáticas, y que a través de la participación activa de estos se logren los aprendizajes propuestos. Esto es acorde con sus creencias respecto a la enseñanza de las matemáticas, centrada en el contenido y con un énfasis en el rendimiento (Van Zoest et al., 1994), así como con sus creencias sobre el aprendizaje de las matemáticas a partir de la construcción activa de la comprensión (Ernest, 1989).

Sin embargo, pese a algunos elementos de una visión típica de la resolución de problemas (Ernest, 1989), la forma de enseñar de Miguel no reflejaba coherencia con esta visión. En lugar de fomentar debates o reflexiones entre los futuros profesores, se centraba en dar ejemplos prácticos sobre cómo abordar los contenidos en el aula, basándose en su experiencia como docente. Según Wu y Cai (2022), la experiencia profesional escolar de los formadores es un aspecto que disminuye la brecha entre la teoría y la práctica, mediante el análisis de casos reales, de su propia experiencia en el ámbito escolar, para mejorar así el abordaje de los tópicos matemáticos.

En resumen, la forma de enseñar de Miguel muestra rasgos de varias tendencias simultáneas. Por un lado, favorece el tecnicismo y la adquisición de habilidades y competencias, en línea con una tendencia tecnológica. Por otro, induce a los futuros profesores a participar activamente en las actividades programadas, lo que resulta característico de una tendencia espontaneísta.

Aspectos que parecen influir en las creencias y tendencias didácticas de los FPM

Solís (2015) señala que las creencias de los formadores sobre la enseñanza y el aprendizaje se forman a partir de su experiencia con sus profesores en la escuela y en la Universidad, por lo que repiten esquemas de enseñanza similares y prácticas tradicionales. Esto se refleja en el estudio, ya que los dos formadores manifestaron que en principio enseñaban de forma tradicional, pero, a medida que fueron adquiriendo experiencia y compartiendo con otros formadores, pudieron transformar su forma de enseñar y de ver la disciplina.

> Fernando: (…) yo me di cuenta en ese poder comparar lo que yo primero hacía que era prácticamente dominar los procedimientos y ayudarles a mis alumnos a mecanizar porque recuerdo que así me enseñaban (…), pero luego me di cuenta que no era lo correcto porque eran cosas sin significado (…) (E).

A pesar de lo complejo que es transformar nuestras creencias, la reflexión y la confrontación de lo que se cree sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, pueden ayudar a los formadores a transformar sus creencias y su actuación en el aula. Zaslavsky y Leikin (2004), Lovin et al. (2012), Dorato (2016) y Goos y Benninson (2018) señalan que la colaboración, el diálogo, la reflexión conjunta o individual sobre las creencias y su influencia en sus prácticas y en la de los futuros profesores, entre formadores, resultan ser beneficiosas para el proceso formativo, y contribuyen a la transformación de las creencias y prácticas de los formadores.

Por otro lado, Dávalos et al. (2018), Beswick (2020) y Leikin (2020) indican que las diferentes comunidades de formadores poseen creencias distintivas de su comunidad. Según Escudero-Ávila et al. (2021), existen al menos tres comunidades de práctica en la formación de profesores de Matemáticas: matemáticos, educadores matemáticos y profesores de educación básica y media. El perfil de Fernando se corresponde con el de un profesor de educación básica involucrado en la formación inicial y continua de profesores de Matemáticas, y enfatiza la importancia de la reflexión en la formación docente.

> Fernando: (…) yo les decía este, vamos a resolver una situación, en cuanto repartían las hojas les decía, ay, cómo me encanta ese silencio que guarda emociones, que guarda retos, y algunos se enojaban, pero es que, o sea, ese silencio denota algo, denota reflexión y concentración (E).

Por otra parte, Leikin (2020) indica que las creencias de los formadores, que también son profesores en la escuela, valoran el conocimiento del contenido escolar, la didáctica, los alumnos y el intercambio de experiencias, como es el caso de Fernando. Para Escudero-Ávila et al. (2021), los investigadores sobre educación matemática ofrecen a los futuros profesores la comprensión y transformación de los contenidos a las matemáticas escolares, como en el caso de Miguel, graduado en Educación y

especialista en educación matemática, que busca orientar, mediar y facilitar a los futuros profesores situaciones del contenido, la enseñanza y el aprendizaje a las que se van a enfrentar en su posterior rol como profesores de Matemáticas.

Aunque Miguel mostró interés en la comprensión de los futuros profesores, no se observaron espacios de reflexión sobre la práctica en sus clases. Según Leikin (2020), las creencias de formadores con este perfil se caracterizan por el cambio en los enfoques de instrucción, y en conseguir la comprensión de los futuros profesores, partiendo del análisis de investigaciones con miras a la reflexión sobre su propia práctica. Según Marshman y Goos (2018) y Marshman (2021), la exposición a diferentes posgrados, que constituyen el perfil profesional de los formadores, puede condicionar las creencias sobre las matemáticas y su enseñanza y aprendizaje. Dávalos et al. (2018) y Leikin (2020) consideran que las creencias son un constructo social, por lo que aquellos formadores que pertenecen a determinada comunidad de práctica suelen compartir creencias similares entre sí.

Cada una de estas comunidades transmiten visiones contradictorias sobre las matemáticas y la enseñanza y el aprendizaje a los futuros profesores, por lo que la interacción y reflexión conjunta de dichas comunidades sobre sus creencias y su práctica resultan beneficiosas para el proceso formativo, al tomar una postura sobre el perfil del formador. Además, ayuda al cambio de las creencias y por ende de la práctica del formador (Escudero-Ávila et al., 2021; Lovin et al., 2021).

Nuestros informantes señalaron que la interacción con otros formadores fue un factor clave en la transformación de sus prácticas de enseñanza; además, mencionaron que la cercanía con los estudiantes en el contexto escolar también tuvo influencia en lo que ellos consideran importante, que los futuros profesores aprendan en cuanto al contenido matemático y a cómo enseñarlo.

> Miguel: (…) digamos, que mayormente se aceleró ese amor hacia la docencia y hacia la manera de formar, por un par de docentes también relacionados con la educación estadística, con quienes estuve muy cercano, su manera de ver la educación, su manera de ver, en particular, la educación estadística (…), y la docencia en acto te da muchas herramientas en acto como tal, estar en contacto con los estudiantes (…) (E).

Otro aspecto importante en las declaraciones de ambos formadores es que se reconoce la influencia que tienen sus prácticas en las prácticas de enseñanza de los futuros profesores a partir del ejemplo, lo cual es coherente con lo manifestado por Rojas y Deulofeu (2015) y Krainer et al. (2021), quienes consideran que los conocimientos, las creencias, la práctica, etc. de los formadores están influenciados por los conocimientos, creencias, acciones, etc. de quienes fueron sus formadores.

> Fernando: (…) considero que la mejor forma de trabajar en el aula de formación de profesores debe ser congruente, en buena parte, con la forma en la que queremos que ellos trabajen en su aula (…) (CS1, I19).

Por otra parte, Bergsten y Grevholm (2008, citados en Goos y Beswick, 2021) consideran que las creencias de los formadores sobre la enseñanza y el aprendizaje pueden estar influenciadas sobre estudios teóricos. En el análisis, Fernando muestra influencias de la teoría francesa y de estudios sobre obstáculos, errores y dificultades, mientras que Miguel se inclina por la teoría de educación matemática crítica. Ambos rechazaron teorías que consideran falsas o idealistas.

> Miguel: (…) el docente aprende no solamente por su paso por la universidad ese es un primer escalafón, porque el real campo de batalla está fuera y está en el salón de clases, de nada te sirve una teoría muy romantizada cuando al frente tienes un estudiante con hambre, con necesidades (…) y entonces uno se replantea todo lo que aprendió de todas estas teorías, de qué me sirve (…) (E).

Otro aspecto que influye en las creencias de los formadores es su experiencia como profesor en la escuela y como formadores. Según Bailey-Moreno y Flores-Fahara (2022), los formadores desarrollan un estilo personal de enseñanza basado en experiencias previas, evitando métodos que no les agradaban. Reflexionan sobre la forma en que se enseñó y toman decisiones a partir de la creencia en sus propios resultados de aprendizaje. En el estudio, ambos formadores evitaron formas de enseñanza que no les parecían adecuadas, basándose en su experiencia.

Dávalos et al. (2018) señalan que los formadores experimentados priorizan los contenidos didácticos sobre la programación, mientras que los menos experimentados se centran en la gestión del aula. Fernando, un formador experimentado, defiende un enfoque personalizado en el diseño didáctico y la programación, independiente de los lineamientos curriculares. Miguel, menos experimentado, considera importante seguir el currículo en cantidad y forma, aunque reconoce la dificultad de una secuenciación lineal, debido a la naturaleza del contenido. Así, la importancia que los formadores dan al currículo influye en sus creencias sobre la enseñanza.

Para finalizar, nuestro estudio reconoce la innegable relación entre las creencias del formador y su actuación en el aula, aunque esta correspondencia puede ser ilógica y definir varias tendencias a la vez. Como hemos señalado, varios aspectos parecen influir en las creencias de los formadores, uno de ellos es el contexto. Para Ajzen y Fishbein (1980), las creencias deben precisarse en relación con el lugar, la acción, el tiempo y el sujeto, por lo que diferentes contextos provocarán diferentes creencias.

Es importante aclarar que no se pretende comparar las creencias de nuestros formadores participantes, puesto que el contexto es distinto. En suma, existe una relación entre las creencias de los formadores sobre las matemáticas, su enseñanza y su aprendizaje con su actuación en el aula, influenciada por diversos factores. Además, la forma en la que el formador actúa en el aula determina una tendencia didáctica. Este vínculo se representa en la figura 2.

En el centro del esquema se ubican las creencias sobre las matemáticas, su enseñanza y aprendizaje, así como las tendencias tradicional, tecnológica, espontaneísta e investigativa (Climent, 2002; Contreras 1998). Estas creencias influyen en las decisiones y actuaciones del formador en el aula, definiendo explícita o implícitamente un modelo de enseñanza. Alrededor de dichas creencias y tendencias se identifican seis aspectos que influyen en las creencias, decisiones y actuaciones del formador en el aula. El círculo punteado alrededor del esquema indica la interrelación entre todos sus componentes, y además deja abierta la posibilidad de incluir nuevos factores que influyen en las creencias y en el modelo de enseñanza de los formadores.

Cabe señalar que no se trata de encasillar al formador en una tendencia didáctica en concreto, puesto que pueden tener rasgos de varias tendencias a la vez. Tampoco se pretende forzar una relación lógica entre las creencias del formador con su actuación en el aula, puesto que, tal y como hemos mencionado, parece ser que esta relación es compleja y resultar coherente o incoherente.

Fig. 2. Relación entre las creencias del formador con su actuación en el aula.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio muestran una estrecha relación entre las creencias de los formadores sobre las matemáticas, su enseñanza y su aprendizaje con su actuación en el aula. Sin embargo, dicha relación no siempre es coherente; de hecho, puede ser ilógica. Según los resultados de este estudio, esta inconsistencia podría explicarse por los diversos factores que influyen en la formulación y transformación de las creencias de los formadores a lo largo de su trayectoria académica, laboral e incluso personal.

Los hallazgos sugieren que existe una relación triádica entre las creencias de los formadores, su actuación en el aula y su perfil profesional. Es decir, la formación del formador influye en sus creencias, las cuales a su vez inciden en su práctica educativa.

Estos hallazgos tienen implicaciones significativas en los programas de formación docente. Es fundamental que estos programas integren diferentes perfiles de formadores que permitan la exposición

y discusión de sus creencias y prácticas educativas. Además, es necesario alcanzar un consenso sobre el tipo de profesor que se busca formar y los cambios que deben realizarse en sus creencias y actuaciones para poder lograrlo. Esto podría contribuir a una relación más lógica entre las prácticas y creencias de los formadores, lo que impactaría en su desarrollo profesional.

Los resultados del estudio representan un acercamiento a la investigación de las creencias declaradas y profesadas por los formadores, y su impacto en las decisiones que se toman respecto al proceso formativo de los futuros profesores. Sin embargo, aún queda mucho por explorar en este campo. Futuras investigaciones podrían examinar el impacto de las creencias del formador en la práctica del FP. Además, sería interesante indagar hasta qué punto el contexto influye en las creencias del formador y si estas creencias y prácticas educativas varían dependiendo del contenido que se va a enseñar.

Cabe señalar que en el estudio no se pretende generalizar los resultados a todos los formadores. Somos conscientes de sus limitaciones, como el tamaño pequeño de la muestra y las particularidades de esta, así como el diferente contexto de los informantes. Estas limitaciones nos impidieron realizar comparaciones entre los informantes. Además, algunos formadores consultados mostraron poca disposición a la grabación de sus clases, y varios declinaron participar en la investigación por su resistencia a ser grabados.

Por último, compartimos lo señalado por Pérez-Montilla y Cardeñoso (2023): la investigación respecto a las creencias, la práctica y el conocimiento del formador es sumamente complicada, debido a la cantidad de variables que intervienen en ello, como el contexto y la falta de estudios, entre otros. Por este motivo, nos unimos al llamado que hacen estos investigadores a la comunidad científica de arrojar luz sobre el desarrollo profesional de los formadores a partir de la investigación respecto a sus creencias, conocimientos y práctica educativa.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PID2021-122180OB-I00 (Gobierno de España). Red MTSK, auspiciada por la AUIP.

REFERENCIAS

Aguilar-González, Á., Barbé, J., Espinoza, L., Muñiz-Rodríguez, L. y Rodríguez-Muñiz, L. (2019). Concepciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en estudiantes universitarios. En J. Carrillo, M. Codes y L. Contreras (Eds.), *IV Congreso Iberoamericano sobre Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas* (pp. 189-198). Universidad de Huelva Publicaciones. http://www.uhu.es/publicaciones/?q=libros&code=1215

Aguilar-González, Á., Muñoz-Catalán, C., Carrillo-Yáñez, J. y Rodríguez-Muñiz, L. (2018). ¿Cómo establecer relaciones entre conocimiento especializado y concepciones del profesorado de matemáticas? *PNA*, *13*(1), 41-61. https://doi.org/10.30827/pna.v13i1.7944

Ajzen, I. y Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior.* Prentice-Hall.

Bailey-Moreno, J. y Flores-Fahara, M. (2022). ¿Cómo aprenden a enseñar los profesores universitarios? Un acercamiento a la construcción de creencias acerca de la enseñanza. *Revista Complutense de Educación*, *33*(1), 81-91. https://doi.org/10.5209/rced.73717

Bergsten, C. y Grevholm, B. (2008). Knowledgeable teacher educators and linking practices. En B. Jaworski y T. Wood (Eds.), *International handbook of mathematics teacher education: Vol. 4. The mathematics teacher educator as a developing professional* (pp. 223-246). Sense Publishers.

Beswick, K. (2020). Mathematics Teacher Educators as Developing Professionals. En K. Beswick y O. Chapman (Eds.), *International Handbook of Mathematics Teacher Education: Volume 4* (pp. 1-11). Brill.

Beswick, K. (2005). The Beliefs/Practice Connection in Broadly Defined Contexts. *Mathematics Education Research Journal*, *17*(2), 39-68. https://doi.org/10.1007/BF03217415

Beswick, K. y Goos, M. (2018). Mathematics teacher educator knowledge: What do we know and where to from here? *Journal of Mathematics Teacher Education*, *21*, 417-427. https://doi.org/10.1007/s10857-018-9416-4

Carrillo, J. (1996). *Modos de resolver problemas y concepciones sobre la matemática y su enseñanza de profesores de matemáticas de alumnos de más de 14 años. Algunas aportaciones a la metodología de la investigación y estudio de posibles relaciones* [Tesis de doctorado no publicada]. Universidad de Sevilla.

Carrillo-Yañez, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar-González, Á., Ribeiro, M. y Muñoz-Catalán, C. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model*. *Research in Mathematics Education*, *20*(3), 236-253. https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981

Carrillo, J. y Contreras, L. (1995). Un modelo de categorías e indicadores para el análisis de las concepciones del profesor sobre la matemática y su enseñanza. *Educación Matemática*, *7*(3), 79-92. https://doi.org/10.24844/EM0703.05

Chapman, O. (2021). Mathematics Teacher Educator Knowledge for Teaching Teachers. En M. Goos y K. Beswick (Eds.), *The Learning and Development of Mathematics Teacher Educators, Research in Mathematics Education* (pp. 403-416). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62408-8_21

Climent, N. (2002). *El desarrollo profesional del maestro de Primaria respecto de la enseñanza de la matemática. Un estudio de caso* [Tesis doctoral]. Universidad de Huelva. https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/2742

Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6.ª ed.). Taylor & Francis.

Contreras, L. (1998). *Resolución de problemas: un análisis exploratorio de las concepciones de los profesores acerca de su papel en el aula* [Tesis doctoral]. Universidad de Huelva. https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/2953

Dávalos, M., Vital, A. y Farfán, M. (2018). Creencias, propósitos y acciones sobre la enseñanza en docentes de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). *PSICUMEX*, *8*(1), 22-39. https://doi.org/10.36793/psicumex.v8i1.268

Dorato, A. (2016). El rol de las creencias de los profesores formadores en el proceso de formación de los futuros docentes. *Diagonal al Este*, (4), 31-40. http://dspace.biblio.ude.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/159

Ernest, P. (1989). The impact of beliefs on the teaching of mathematics. En C. Keitel, P. Damerow, A. Bishop y P. Gerdes (Eds.), *Mathematics, education, and society* (pp. 99-101). Unesco.

Escudero-Ávila, D., Montes, M. y Contreras, L. (2021). What Do Mathematics Teacher Educators Need to Know? Reflections Emerging from the Content of Mathematics Teacher Education. En M. Goos y K. Beswick (Eds.), *The Learning and Development of Mathematics Teacher Educators, Research in Mathematics Education* (pp. 23-40). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62408-8_2

Goos, M. y Beswick, K. (2021). Introduction: The Learning and Development of Mathematics Teacher Educators. En M. Goos y K. Beswick (Eds.), *The Learning and Development of Mathematics Teacher Educators. Research in Mathematics Education* (pp. 1-20). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62408-8_1

Goos, M. y Benninson, A. (2018). Boundary crossing and brokering between disciplines in pre-service mathematics teacher education. *Mathematics Education Research Journal*, *30*, 255-275. https://doi.org/10.1007/s13394-017-0232-4

Hernández, A., Arellano, Y. y Martínez, G. (2020). Creencias matemáticas profesadas e implícitas de profesores universitarios de matemáticas. *Educación Matemática*, *32*(2), 99-121. https://doi.org/10.24844/EM3202.04

Krainer, K., Even, R., Park, M. y Berry, A. (2021). Research on Learners and Teachers of Mathematics and Science: Forerunners to a Focus on Teacher Educator Professional Growth. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *19* (sup1.1), 1-19. https://doi.org/10.1007/s10763-021-10189-8

Kush, T. y Ball, D. (1986). *Approaches to teaching mathematics: Mapping the domains of knowledge, skills, and disposition (Research Memo)*. Michigan State University, Center on Teacher Education.

Leikin, R. (2020). Chapter 1. How Far is the Horizon? En K. Beswick y O. Chapman (Eds.), *International Handbook of Mathematics Teacher Education: Volume 4* (2.ª ed., pp. 15-33). Brill. https://doi.org/https://doi.org/10.1163/9789004424210_002

Lovin, L., Sanchez, W., Leatham, K., Chauvot, J., Kastberg, S. y Norton, A. (2012). Examining Beliefs and Practices of Self and Others: Pivotal points for change and growth for mathematics teacher educators. *Studying Teacher Education*, *8*(1), 51-68. https://doi.org/10.1080/17425964.2012.657018

Marshman, M. (2021). Learning to Teach Mathematics: How Secondary Prospective Teachers Describe the Different Beliefs and Practices of Their Mathematics Teacher Educators. En M. Goos y K. Beswick (Eds.), *The Learning and Development of Mathematics. Research in Mathematics Education* (pp. 123-144). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62408-8_7

Marshman, M. y Goos, M. (2018). The Beliefs about Mathematics, its Teaching and Learning of those Involved in Secondary Mathematics Pre-Service Teacher Education. En J. Hunter, P. Perger y L. Darragh (Eds.), *Proceedings of the 41st annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 519-526). MERGA.

Pajares, M. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. *Review of Educational Research*, *62*(3), 307-332. https://doi.org/10.3102/00346543062003307

Pascual, I., Fernández-Gago, J., García, M., Marbán, J. y Maroto, A. (2020). El dominio afectivo y MTSK. En J. Carrillo, M. Codes y L. Contreras (Eds.), *IV Congreso Iberoamericano sobre Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas* (pp. 32-40). Universidad de Huelva Publicaciones.

Pérez-Montilla, A. y Cardeñoso, J. (2023). Hacia una Posible Configuración del Conocimiento Profesional del Formador de Docentes de Matemáticas: un Análisis Comparativo. *Bolema*, *37*(75), 148-167. https://doi.org/10.1590/1980-4415v37n75a08

Petrou, M. y Goulding, M. (2011). Conceptualising Teachers' Mathematical Knowledge in Teaching. En T. Rowland y K. Ruthven (Eds.), *Mathematical Knowledge in Teaching. Mathematics Education Library* (vol. 50, pp. 9-25). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9766-8_2

Porlán, R. (2003). Principios para la Formación del Profesorado de Secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *17*(1), 23-35. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27417103

Rojas, F. y Deulofeu, J. (2015). El formador de profesores de matemática: un análisis de las percepciones de sus prácticas instruccionales desde la «tensión» estudiante-formador. *Enseñanza de las ciencias*, *33*(1), 47-61.
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1322

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1-22.
https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Solís, C. (2015). Creencias sobre enseñanza y aprendizaje en docentes universitarios: Revisión de algunos estudios. *Propósitos y Representaciones*, *3*(2), 227-260.
https://doi.org/10.20511/pyr2015.v3n2.83

Stake, R. (2007). *Investigación con estudio de casos* (4.ª ed.). Ediciones Morata.

Vaillant, D. y Marcelo, C. (2021). Formación Inicial del Profesorado: Modelo Actual y Llaves para el Cambio. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, *19*(4), 55-69.
https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.003

Van Zoest, L., Jones, G. y Thornton, C. (1994). Beliefs About Mathematics Teaching Held by Pre-service Teachers Involved in a First Grade Mentorship Program. *Mathematics Education Research Journal*, *6*(1), 37-55.
https://doi.org/10.1007/BF03217261

Vasco, D. (2015). *Conocimiento especializado del profesor de álgebra lineal: un estudio de casos en el nivel universitario* [Tesis doctoral]. Universidad de Huelva. http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/11901

Vesga-Bravo, G. J., Angel-Cuervo, Z. M. y Chacón-Guerrero, G. A. (2022). Beliefs About Mathematics, Its Teaching, and Learning: Contrast Between Pre-service and In-service Teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *20*, 769-791.
https://doi.org/10.1007/s10763-021-10164-3

Zaslavsky, O. y Leikin, R. (2004). Professional development of mathematics teacher educators: Growth through practice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *7*, 5-32.
https://doi.org/10.1023/B:JMTE.0000009971.13834.e1

Wu, Y. y Cai, J. (2022). Does school teaching experience matter in teaching prospective secondary mathematics teachers? Perspectives of university-based mathematics teacher educators. *ZDM - Mathematics Education*, *54*, 665-678.
https://doi.org/10.1007/s11858-022-01344-8

Beliefs and Practices in the Classroom of Mathematics Teacher Educators

Wendy Jhoana Jiménez Ávila
Unidad Académica de Matemáticas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.
jhoanaavilajimenez@gmail.com

Leticia Sosa Guerrero
Unidad Académica de Matemáticas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.
lsosa@uaz.edu.mx

Research on the beliefs of mathematics teacher educators (MTEs) is in its early stages, highlighting their importance in formative actions. It has been observed that beliefs about mathematics, its teaching, and learning vary according to academic training, professional profile, and the objectives of the MTEs. Despite receiving less attention in research as compared to the MTEs' knowledge, the influence that their beliefs have on teaching practices is notable, prompting the scientific community to call for deeper exploration of this topic. This study addresses how MTEs' beliefs about mathematics, its teaching, and its learning relate to their classroom practices, focusing on three objectives: identifying beliefs, exploring their manifestation in teaching, and determining their relationship with MTEs' practices.

To achieve these objectives, the study draws on the Mathematics Teacher's Specialized Knowledge (MTSK) model, emphasizing beliefs as a key component. The MTSK comprises three major domains, one of which is beliefs about mathematics, its teaching, and its learning. This study focuses not on exploring the knowledge domains of MTEs or the content they develop in teacher training, but on the beliefs' domain instead. For the study of these beliefs the Conceptions on Teaching and Learning Mathematics (CEAM) instrument was used. Regarding beliefs about the nature of mathematics, the instrumentalist, the Platonic, and the problem-solving viewpoints were considered, along with the traditional, the technological, the spontaneous, and the investigative teaching models to establish relationships between the MTEs' beliefs and their practices.

The method was an instrumental case study with two experienced MTEs, using a questionnaire adapted and validated by external experts, non-participant observation, and semi-structured interviews. Data analysis involved triangulating different instruments to establish consistencies or inconsistencies in the collected information. To ensure the integrity of the methodological design and data analysis, a meticulous transcription of the interviews and the recordings was conducted. Additionally, multiple analysis approaches and discussions with external colleagues were part of the review process.

The study results indicate a complex relationship between the MTEs' beliefs and their practices, mediated by various factors: previous experiences as students and school teachers, professional profile, interaction with different practice communities, affinity with various teaching theories, professional experience, and curricular guidelines. Each of these factors influences the beliefs of MTEs, which in turn guide their classroom practices and determine a teaching model.

In conclusion, the findings suggest a triadic relationship between the MTEs' beliefs, classroom practices, and professional profiles. In other words, the training of the educator influences their beliefs, which in turn affect their educational practice. These findings have significant implications for teacher training programs. It is essential that these programs integrate different profiles of educators, allowing for the exposure and discussion of their beliefs and educational practices. Additionally, reaching a consensus on the type of teacher to be trained and the changes needed in their beliefs and practices is necessary. This could contribute to a more logical relationship between the practices and beliefs of educators, impacting their professional development.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 42-3 (2024), 203-222
Investigaciones didácticas
https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6064
ISSN (impreso): 0212-4521 / ISSN (digital): 2174-6486

Noticias de prensa sobre el problema de los residuos en el aula: concienciación frente a información

Press Reports on the Waste Issue in the Classroom: Awareness-Raising versus Information

Unai Ortega-Lasuen, José Ramón Díez
Departamento de Didáctica de la Matemática, Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Educación, Bilboko Hezkuntza Fakultatea, Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea, Bizkaia, España.
unai.ortega@ehu.eus, joseramon.diez@ehu.eus

Patricia Esteve-Guirao, Isabel Banos-González
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, Murcia, España.
p.esteve@um.es, ibbg1@um.es

RESUMEN • La producción excesiva de residuos supone un reto para la sostenibilidad, debido a un modelo social basado en el consumo. Este tema se plantea frecuentemente en los medios de comunicación, importantes generadores de opinión y fuentes de información ciudadana. Este trabajo analiza las características de las noticias publicadas durante cuatro años por los cuatro diarios de mayor tirada estatal y su potencial didáctico para su utilización en el aula. Los resultados muestran que la mayoría de las noticias plantean el problema de los residuos en un tono neutral, sin conexiones explícitas entre nuestro consumo personal y las consecuencias de los residuos que producimos. Su utilización en el aula necesitaría el diseño de estrategias didácticas apoyadas en situaciones conflictivas que permitan involucrar al alumnado en el problema, asumir responsabilidades y tomar decisiones sobre algunos hábitos.

PALABRAS CLAVE: Residuos; Noticias de prensa; Problemas ambientales; Enseñanza; Concienciación

ABSTRACT • Excessive waste production poses a challenge to sustainability, due to a social model based on consumption. This issue is frequently raised in the media, which are important generators of opinion and sources of information for citizens. This paper analyses the characteristics of the news published over four years by the four newspapers with the largest national circulation and examines their didactic potential. The results show that most of these pieces of news present the waste problem in a neutral tone, without explicit connections between our personal consumption and the consequences of the waste we produce. Their use in the classroom would require the design of didactic strategies which are supported by conflictive situations and allow students to become involved in the problem, assume responsibilities and make decisions about certain habits.

KEYWORDS: Waste; Press news; Environmental issues; Education; Awareness-Raising.

Recepción: octubre 2023 • Aceptación: febrero 2024 • Publicación: junio 2024

Ortega-Lasuen, U., Díez, J. R., Esteve-Guirao, P. y Banos-González, I. (2024). Noticias de 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

INTRODUCCIÓN

La producción de residuos constituye en la actualidad una problemática socioambiental destacada por sus consecuencias para la salud, la economía y el medio ambiente. El modelo social actual, en el que se prioriza el consumo, es responsable del desperdicio de una serie de productos que se convierten en residuos (Kaza et al., 2018). Lejos de ser un problema reciente, existen investigaciones que desde hace décadas proponen implicar a la ciudadanía para que participe en la gestión de esta problemática junto a los entes públicos responsables (Clauss Klamp, 1994). En este sentido, será esencial tener en cuenta las motivaciones y los obstáculos que nuestro modelo de consumo genera, pues está directamente relacionado con las actitudes y los hábitos de planificación y gestión en los hogares.

Los medios de comunicación son grandes generadores de opinión sobre diversas cuestiones que afectan a nuestro modelo social. Constituyen la principal fuente de información sobre los problemas ambientales, al mismo tiempo que contribuyen a su socialización. En este contexto, las noticias tienen un enorme potencial didáctico, por lo que su introducción en el aula puede resultar de gran interés para favorecer que el alumnado comprenda y responda críticamente a los mensajes de los medios de comunicación de manera activa (Jiménez-Liso et al., 2010).

No obstante, el papel de las noticias de prensa en la generación de actitudes y comportamientos responsables dependerá de la utilización de estrategias didácticas adecuadas. La lectura de las noticias sobre temáticas ambientales no debe limitarse a comprender y almacenar el mensaje, sino que debe favorecer la elaboración de opiniones y argumentos propios, que permitan defender una posición o tomar decisiones sobre los problemas planteados (Domènech-Casal, 2019). Por todo ello, parece necesario seguir investigando sobre el valor educativo de las noticias que abordan la problemática de la generación de los residuos, y discutir su posible utilización en las aulas.

OBJETIVOS

Desde la justificación planteada en el apartado anterior, en este trabajo se pretende analizar el valor educativo de las noticias de prensa publicadas en varios diarios españoles de amplia difusión, en relación con las problemáticas ambientales asociadas a la producción y gestión de los residuos. Más específicamente:

- Analizar de manera sistemática el contenido y la perspectiva de las noticias sobre el tópico de los residuos sólidos urbanos (RSU) presentes en cuatro de los principales diarios de ámbito nacional durante el periodo 2019/2022.
- Indagar sobre el valor educativo de las noticias analizadas para generar un pensamiento crítico en el alumnado que les conduzca a lograr cambios en su vida hacia un consumo sostenible al enfrentarse a las problemáticas ambientales.

El interés radica en analizar el valor educativo de dichas noticias, de modo que nuestra investigación tiene objetivos educativos, y no periodísticos. Nuestro objetivo se centra en aplicar dicho análisis a la reflexión sobre propuestas y estrategias de enseñanza dirigidas a formar una ciudadanía capaz de analizar críticamente las noticias en el contexto de las controversias sociales, se sienta responsable y sea capaz de tomar decisiones argumentadas.

ANTECEDENTES

La problemática del consumo y la generación de residuos

El consumo y la generación de residuos representan algunos de los mayores retos para la sostenibilidad. Sus causas están muy relacionadas con el modelo de consumo actual. De hecho, en los hogares, junto a otros sectores (restauración, comercios, etc.), se desperdicia alrededor de un tercio de los alimentos que se producen (PNUMA, 2021).

Es habitual que, en la gestión de residuos sólidos urbanos, se priorice la separación y el reciclaje, cuya eficiencia desde el punto de vista de la sostenibilidad es limitada, dada su dependencia de los hábitos de la ciudadanía. Por lo tanto, parece necesaria una gestión sostenible de los recursos y de los residuos derivados de su producción y utilización como bienes de consumo. En este contexto, la aplicación del modelo de economía circular (EC) es muy relevante para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Schroeder et al., 2018). Este modelo, orientado a alargar la vida de los productos y reducir el desperdicio, se aleja del actual modelo económico lineal basado en «producir-consumir-tirar». Las transformaciones necesarias han de pasar por cambios en el presente sistema socioeconómico hacia un modelo más eficaz que limite los impactos socioambientales y la generación de residuos (European Commission, 2019).

Por otra parte, dada la importancia de los hogares en este tema, varios autores han investigado sobre las percepciones y comportamientos relacionados con el desperdicio, y sobre las motivaciones y los obstáculos que genera ese modelo derrochador (Graham-Rowe et al., 2014). También confirman, de modo general, la preeminencia del reciclado como opción de comportamiento sostenible frente, por ejemplo, a la reducción del consumo o a otras propuestas relacionadas con la producción y distribución de productos. Para la mayoría, lo importante es reciclar, confundiendo habitualmente la acción de separar los residuos con el proceso de reciclaje (Bargallo-Rodríguez y Vega-Marcote, 2020; Gal, 2023).

En cuanto a las motivaciones para evitar el desperdicio y las barreras que impiden su consecución, Visschers et al. (2016) consideran que están directamente relacionadas con las actitudes y, sobre todo, con los hábitos de planificación y gestión en los hogares.

Teniendo en cuenta la complejidad del problema y las dificultades para su solución, la reducción de la generación de residuos domésticos debería plantearse en las aulas mediante intervenciones educativas que incrementen la motivación de los consumidores para disminuir su producción de residuos, clarifiquen sus percepciones sobre la incidencia de sus hábitos en el problema y refuercen positivamente todo lo que supone una buena gestión de los residuos (Visschers et al., 2016).

El uso de los medios como recurso didáctico en las aulas

Los medios de comunicación constituyen una de las principales fuentes de información sobre temas científicos y, a su vez, son grandes generadores de opinión sobre diversas cuestiones que afectan a nuestro modelo social (Jarman y McClune, 2007; Jurado Palomares y Vílchez González, 2021). Se trata de medios bastante accesibles que pueden informar a la ciudadanía sobre noticias de actualidad con repercusiones controvertidas desde el punto de vista socioeconómico y cultural. Por ejemplo, las consecuencias del cambio climático en la economía, las discrepancias en cuanto a los modelos de producción animal, la gestión de los residuos y su relación con nuestros hábitos de consumo, etc. (McClune y Jarman, 2010; Oliveras et al., 2013).

Las noticias tienen un enorme potencial didáctico (Jiménez-Liso et al., 2010). Existen numerosas propuestas para la utilización de las noticias de prensa en las clases de ciencias: desde proporcionar información para el estudio de distintas temáticas (Clauss Klamp, 1994; García y Castro, 2005), hasta

otras que emplean estrategias educativas más complejas, para lograr el desarrollo de competencias científicas, actitudes proambientales, autoevaluación de comportamientos individuales, etc., mediante el análisis de noticias (Domènech-Casal, 2019).

Perales (2020), en su revisión sobre el papel de los medios de comunicación en la educación ambiental, obtiene como conclusión que estos pueden contribuir a la alfabetización ambiental, ya que constituyen la principal fuente de información sobre los problemas ambientales. Asimismo, pueden incrementar el interés y la socialización de estos temas. No obstante, no se deben desdeñar algunos aspectos negativos como la falta de rigor que muestran en ocasiones, el sensacionalismo, su mediatización debido a intereses económicos o políticos y la dificultad de fomentar una conciencia conservacionista.

En el ámbito de la investigación sobre noticias de prensa, Vílchez (2009) analiza de forma sistemática su potencialidad como recurso didáctico proponiendo un protocolo que valore sus posibilidades y sus limitaciones. Las noticias se enmarcan en problemas ambientales y se analiza su adecuación en función de variables como el contenido, las dimensiones del problema que contienen, la cercanía al alumnado y la relación de la noticia con el tema. La orientación de las noticias hacia problemáticas socioambientales es bastante viable, ya que, en un corto periodo de tiempo, es posible encontrar un buen número de espacios mediáticos para la mayoría de los problemas socioambientales actuales. En este sentido, García y Castro (2005) plantean un problema ambiental utilizando noticias de prensa sobre vertidos incontrolados de residuos dirigido a estudiantes de educación secundaria que consideran una experiencia muy satisfactoria. Concluyen señalando la implicación del alumnado en los problemas de su entorno y el desarrollo de una visión sistémica del medio, en el que intervienen las dimensiones ambiental, socioeconómica e incluso legislativa, al tiempo que analizan el problema identificando causas, impactos generados y las posibles soluciones.

En definitiva, la prensa se revela como un recurso muy útil, al menos en los niveles de educación secundaria y universitaria, puesto que puede favorecer la generación y el desarrollo de actitudes proambientales.

No obstante, el papel de los medios de comunicación en la generación de determinadas actitudes positivas hacia la conservación del medio y como motivadores de comportamientos responsables dependerá de la utilización de estrategias didácticas adecuadas (Calero et al., 2006). A este respecto, el interés educativo que puede tener la lectura reflexiva de noticias de prensa pasará por implementar esas noticias en clase mediante actividades orientadas a promover el desarrollo del pensamiento crítico y actitudes responsables en el alumnado (Guerrero y García-Carmona, 2020). De modo que el rol del profesorado será generar espacios de discusión de ideas y hacer que el alumnado sea activo ante la información. Es decir, que analice, realice inferencias, critique lo que lee, adopte posturas y se convierta en un ente activo ante las situaciones planteadas en las noticias (Orozco y Díaz, 2019).

En cualquier caso, dada la tendencia de los medios de comunicación a parcelar los temas y su escasa visión global de la situación ambiental, actualmente la prensa no juega, por sí sola, un papel educativo que podemos considerar adecuado (Álvarez, 2007; Jiménez-Liso et al., 2010). Sin embargo, siempre podrá ser utilizada como recurso en el diseño y puesta en práctica de propuestas educativas que contemplen las causas, consecuencias y medidas ante los problemas socioambientales, recurriendo a noticias o combinaciones de noticias que reúnan los aspectos y dimensiones relevantes en dicha problemática (Vilchez, 2009).

El papel de las noticias de prensa en la enseñanza

Hace tiempo que los problemas socioambientales engrosan las noticias, reportajes o documentales, e informan a una sociedad que parece cada vez más preocupada de la magnitud y consecuencias de estos. Podríamos decir que, en ocasiones, está más presente el medio ambiente a través de los medios de comunicación que por la experiencia directa; máxime, dada la dificultad de percibir directamente muchos de los cambios que suceden en el planeta (Álvarez, 2007). Precisamente por la capacidad de

la prensa de influir en la opinión pública, debería implicar a la sociedad que la sustenta y exponer con claridad las problemáticas ambientales urbanas y rurales para exigir una urgente participación ciudadana en la gestión sostenible del medio (San Millán, 2003).

Por otra parte, cantidad y calidad de información no son lo mismo. En ocasiones, las noticias no son todo lo objetivas que deberían ser, quizá mediatizadas por intereses económicos de las empresas editoras, y el contenido de las noticias puede estar sesgado por la interpretación o intencionalidad periodística, así como por simplificaciones o falta de rigor en su exposición (Jiménez-Liso et al., 2010; Vílchez, 2009). En cualquier caso, los contenidos presentados en las noticias de prensa pueden ser valiosos en la educación, si se usan con cuidado y críticamente (Wellington, 1991).

En ocasiones, las noticias de prensa presentan a la ciudadanía temas científicos controvertidos con enfoques distintos de los que se suele utilizar en las clases de ciencias (Reis y Galvão, 2009). Esta variedad de perspectivas podría permitir apreciar el problema desde una óptica amplia, lo cual, desde el punto de vista didáctico, es muy enriquecedor. Según López y Armas (2013) la utilización de medios de comunicación que informan de manera contradictoria sobre un mismo problema nos ofrece una posibilidad de primer orden para aprender a identificar diferentes posturas, y analizar y contrastar distintos tipos de argumentos. De ese modo, el profesorado puede presentar noticias dicotómicas que permitan generar espacios de aprendizaje donde el alumnado pueda dudar de lo que lee, aprenda a cuestionar, discutir, contraargumentar y, finalmente, a construir la realidad de manera autónoma e independiente (Orozco y Díaz, 2019).

Por otra parte, también conviene tener presente que las noticias de la prensa no han sido redactadas para su incorporación en el currículo de ciencias, ni los titulares se plantean pensando en su utilización para la enseñanza de las ciencias (Jarman y McClune, 2007). Por estos motivos, será necesario realizar un análisis exhaustivo de su potencial didáctico y su adaptabilidad al ámbito escolar, por lo que se necesitará un análisis preliminar para su utilización con fines educativos.

Desde otro ángulo, la alfabetización científica que demanda nuestra sociedad pasa necesariamente por mejorar no solo el conocimiento científico de la ciudadanía, sino también sus habilidades para la reflexión y argumentación crítica (Guerrero y García-Carmona, 2020). Ello requiere, entre otros aspectos, del desarrollo de la competencia para leer, comprender y analizar noticias de carácter científico-tecnológico. Los medios de comunicación, y en especial la prensa, juegan un papel esencial en el fomento de esa alfabetización científica, y su utilización en las aulas puede propiciar situaciones de enseñanza y aprendizaje en torno a problemáticas reales (Jurado Palomares y Vílchez González, 2021).

Así, las noticias se pueden utilizar como centros de interés para acercar determinados contenidos al alumnado, plantear debates o situaciones problemáticas y, de este modo, aprovechar su alta repercusión. Además, la utilización de acontecimientos científicos contemporáneos pone de relieve el dinamismo permanente y en tiempo real de la ciencia (García-Carmona, 2014). Jarman y McClune (2007) destacan que las noticias científicas pueden servir como introducción de tópicos científicos conectando la ciencia escolar con el mundo real, captando así la atención del alumnado. A su vez, sirven como punto de partida para otras actividades durante o al finalizar la secuencia de enseñanza, bien para aplicar lo aprendido, bien para consolidar, extender y evaluar el aprendizaje del alumnado. Según Oliveras et al. (2013), la lectura de textos con contenido científico de diferentes fuentes no solo ayuda a la mejora de la comprensión de algunos fenómenos, sino que también puede ayudar al alumnado a desarrollar competencias que les sirvan para argumentar y razonar desde un espíritu crítico sobre problemas de relevancia social.

Aunque numerosas publicaciones señalan la importancia de los medios de comunicación en la enseñanza de las ciencias y su influencia sobre el aprendizaje de ciertos contenidos, estas posibilidades no son, en general, consideradas por el profesorado y los libros de texto (Gadea et al., 2009). Generalmente, se subestima la necesidad de un diálogo crítico utilizando los medios de comunicación para lograr la formación integral de la ciudadanía del futuro (Álvarez, 2007). Algunos docentes evitan discutir estos temas, bien por sus dudas ante un posible descontrol durante las discusiones, bien porque piensan que necesitan

mejores habilidades de gestión del aula y el conocimiento necesario para emprender debates sobre los aspectos sociológicos, políticos, éticos y económicos de los temas en juego (Reis y Galvão, 2009).

Gadea et al. (2009) entrevistaron a 54 futuros docentes de educación secundaria y constataron el reducido número de posibles usos de la prensa concebidos por los encuestados, lo que muestra su escasa familiarización con el aprovechamiento de este recurso en el aula. Los usos más mencionados son los relativos a mostrar los nuevos avances científicos, perspectivas, así como la aplicación práctica de lo que se estudia en clase. Menos de un 20 % de las respuestas mencionaban el uso de la prensa para abordar cuestiones socialmente controvertidas relacionadas con la ciencia. Este dato resulta particularmente preocupante, no solo porque revela una escasa atención a los posibles usos de la prensa en general, sino que muestra también una falta de atención a lo que puede favorecer la actividad del alumnado, más allá de la recepción de información.

METODOLOGÍA

Muestra

En este trabajo se ha analizado un total de 573 noticias relacionadas con la problemática de los RSU publicadas entre enero de 2019 y diciembre de 2022 (tabla 1). Todas pertenecen a la versión digital de cuatro diarios de mayor tirada nacional según AIMC (2022).

Tabla 1.
Diarios seleccionados y número
de noticias analizadas en cada uno de ellos

Diario	*Noticias*
El País	148
ABC	186
El Mundo	114
La Vanguardia	125
Total	573

Esta selección es resultado de la utilización de los buscadores de noticias de los propios periódicos mediante las palabras clave «residuos», «residuos sólidos urbanos» o «RSU». Del conjunto de estas noticias, se incorporaron aquellas que presentan los residuos desde su problemática socioambiental. Por tanto, se trata de una selección por conveniencia, que limita la extrapolación de los resultados, pero que permite una aproximación al valor educativo de estas noticias.

Instrumento y criterios de análisis

Se ha diseñado un instrumento dirigido al análisis de las noticias, de modo que permita evaluar el potencial didáctico de las mismas. Para ello, hemos diferenciado cinco variables a modo de criterios, a partir de los protocolos para el análisis de noticias relativas a problemáticas ambientales y de sus contenidos, propuestos por Vílchez (2009) y Portilla y González (2015). Los tres primeros posibilitan una caracterización general de las noticias, mientras los otros dos nos permiten profundizar en cómo presentan la problemática. Siguiendo a estos mismos autores, para cada uno de estos criterios se establecieron sus correspondientes categorías (figura 1). Además, en el caso de los contenidos, de forma

inductiva, también se diferenciaron indicadores para cada categoría, a fin de ofrecer una explicación más detallada de los resultados (Portilla y González, 2015). No se han tenido en cuenta otros aspectos formales periodísticos o de tipo visual. El análisis tampoco tiene como finalidad cuantificar esta problemática o analizar su evolución durante el periodo analizado.

Tratamiento de los datos

Para validar la asignación de las categorías correspondientes a cada criterio, inicialmente, un primer investigador analizó las noticias y realizó la propuesta de asignación. A continuación, una muestra al azar de 144 noticias, correspondiente al 25 % de la muestra, fue analizada en un segundo ciclo por otro investigador. El índice de concordancia de kappa de Cohen para los cinco criterios estuvo entre $\kappa = 0{,}71$ y $\kappa = 0{,}78$, lo que refleja un acuerdo substancial en todos ellos (Landis y Koch, 1977).

Junto con el análisis descriptivo sobre la frecuencia de las categorías de cada criterio, se aplican estadísticos inferenciales mediante la prueba χ^2 (Vilches, 2009). Este test nos permite contrastar la distribución de respuestas en las distintas categorías entre las variables (Turhan, 2020). Todos los estadísticos se realizaron con el programa SPSS v.24 con un nivel de significación $p<0{,}05$.

TIPO DE NOTICIA

a.1 Acontecimiento relacionado con la problemática asociada a los RSU.
a.2 Estudio o artículo que aborda la temática con mayor profundidad.
a.3 Reportaje exclusivamente dedicado a distintos aspectos relacionados con los RSU.
a.4 Publirreportaje semejante al anterior, pero patrocinado por alguna empresa relacionada con el sector de la gestión de residuos.

ÁMBITO DE LA NOTICIA

c.1 Global: a escala mundial o general.
c.2 Internacional: cuando se especifican otros países distintos a España.
c.3 Nacional: vinculada al Estado español.
c.4 Autonómico: relacionada con alguna comunidad autonómica en concreto.
c.5 Local: vinculada a algún municipio o comarca.

GRADO DE RELACIÓN CON LA PROBLEMÁTICA

b.1 Relación alta: noticias con los residuos como núcleo principal, donde se aborda la cuestión con cierta amplitud y rigurosidad científica.
b.2 Relación intermedia: noticias que están relacionadas con algún aspecto de los residuos, pudiendo estos mencionarse explícitamente, pero sin tratarse con la profundidad de las incluidas en la categoría anterior.
b.3 Relación baja: noticias en las que el tema de los residuos se trata de forma tangencial, apareciendo como un aspecto colateral del tema principal de la noticia.

DIMENSIÓN SOCIOAMBIENTAL DE LA PROBLEMÁTICA EN LA NOTICIA

e.1. Las causas que pueden o han podido generar el problema, que están relacionadas con el modelo de consumo, la producción de residuos, así como las deficiencias de los procesos de reciclado y/o la escasa reutilización de los materiales.
e.2. Las consecuencias para el medio del problema vinculadas con las noticias sobre los impactos generados.
e.3. Las medidas o soluciones que se proponen para combatirlos desde soluciones tecnológicas para mitigar los problemas hasta propuestas de actuación en su origen.

CONTENIDOS DE LAS NOTICIAS

d.1. Gestión de residuos: incluyen aspectos relacionados con el tratamiento de los residuos (G1), la gestión centrada al reciclaje (G2), la dimensión económica de estos procesos (G3), la exportación de residuos (G4), la acumulación de residuos (G5), así como normativas de reciclado (G6) y estrategias de I+D+i (G7).
d.2. Modelo sostenible: referido a la importancia de la sensibilización y concienciación social (MS1), propuestas sostenibles vinculadas a la economía circular (MS2), así como la relación entre los residuos y el consumo (MS3).
d.3. Impactos: relacionados con los derivados de los vertidos incontrolados (I1) y/o diferentes tipos de contaminación; atmosférica (I2), de las aguas (I3), de los suelos (I4), así como los riesgos para las personas (I5) y para los seres vivos (I6).
d.4. Perspectiva social: donde se engloban las situaciones de corrupción (PS1), cuestiones sobre los pagos de tasas e impuestos (PS2), acciones de respuesta y participación social a modo de denuncia o movilización (PS3), y situaciones de desigualdad e inequidad asociadas a la problemática (PS4).
d.5. Producción y tipos de residuos: referida a la cantidad de residuos generada (P1), la producción de RSU en general (P2), y de forma específica en relación cada fracción; materia orgánica (P3), papel y cartón (P4), plásticos y microplásticos (P5), vidrio (P6), residuos eléctricos y electrónicos (P7), textiles (P8) y otros (P9).

Fig. 1. Criterios y categorías establecidas.

RESULTADOS

Este apartado se organiza en función de los resultados obtenidos para cada uno de los cinco criterios diferenciados.

Caracterización general de las noticias

Tipo de noticia

Respecto a los tipos de noticias de los distintos diarios se han encontrado ligeras diferencias, aunque en todos los casos la mayoría de los artículos se corresponden con noticias que describen algún acontecimiento sobre el tema analizado (tabla 2). En segundo lugar, abundan también los reportajes a modo de noticias documentales que se centran en temáticas específicas, por ejemplo, la presencia de microplásticos en los mares. Con una frecuencia menor, se registran los publirreportajes costeados por las propias empresas gestoras de residuos y los estudios, que suelen presentar evidencias y conclusiones de investigaciones científicas o sociales.

Ámbito de la noticia

En cuanto al ámbito, aunque sin un claro predominio y con diferencias patentes en los distintos diarios, se observa, en general, una mayor abundancia de noticias de carácter nacional (tabla 2). Ligeramente por debajo se encuentran las noticias de ámbito local, que suelen presentar actuaciones municipales, por ejemplo, en torno a la gestión de la recogida selectiva o la acumulación de residuos.

Tabla 2.
Porcentaje de noticias según el tipo,
el ámbito y su nivel de relación con la problemática

Caracterización de las noticias		
Tipo	Acontecimiento	44,33
	Estudio	13,44
	Reportaje	25,65
	Publirreportaje	16,58
Ámbito	Global	17,31
	Internacional	13,25
	Nacional	32,16
	Autonómico	10,95
	Local	26,33
Relación	Alta	20,1
	Media	61,8
	Baja	18,1

Grado de relación con la problemática

En cuanto al nivel de relación con la producción y gestión de los residuos, existe un dominio de noticias con un nivel intermedio (tabla 2). Se trata de noticias que presentan acontecimientos, por ejemplo, sobre la cantidad de basura producida o el reciclaje; es decir, que plantean la problemática, aunque no en profundidad. Una quinta parte de los artículos sí consigue resaltar la problemática, con lo que alcanzan un nivel de relación alto, sobre todo los reportajes y publirreportajes. Con una frecuencia similar, las noticias presentan una relación baja. Es el caso de las que publican ciertas iniciativas de tipo político o la aplicación de ciertas normativas, sin conectar estos hechos con la problemática, más allá del titular.

Dimensión socioambiental de la problemática

En cuanto a la dimensión (causas, consecuencias, medidas) que se aborda de la problemática, los resultados muestran que existe un dominio de las noticias relacionadas con las soluciones, mientras que son minoritarias las noticias que tratan sobre las causas y las consecuencias. De forma más específica:

- Al identificar las noticias que inciden en las causas, hemos considerado las que conducen claramente a la generación y acumulación de residuos, es decir, las que se centran, sobre todo, en la excesiva producción de residuos y los errores en la gestión. Estas noticias no son muy frecuentes, pues oscilan entre el 11 y el 22 %, según el periódico. Frecuentemente, estas noticias describen la producción de grandes cantidades de residuos, que resultan bastante impactantes, aunque no es habitual que esto se relacione con el modelo de producción y consumo.
- Las noticias que reflejan las consecuencias ocupan el 12,7 %, lo que representa entre el 6 y el 20 %, dependiendo del periódico. En ellas sobresalen las referidas a los impactos en la biodiversidad debido a la contaminación de los mares y cauces de los ríos por vertidos incontrolados. Especialmente, se refieren a residuos plásticos que entran en las cadenas tróficas, y producen afecciones que pueden llevar a la muerte de algunos animales. De forma más minoritaria, se abordan estas consecuencias desde un punto de vista social, en el que se plantean los efectos en poblaciones afectadas.
- Las noticias centradas en proponer soluciones son las más abundantes, representan el 60,7 % del total y son mayoritarias en todos los periódicos, al estar entre el 52 y el 75 %, según el caso. Existe una gran dispersión de temas y enfoques, aunque es posible diferenciar dos grandes grupos, las dirigidas a responder a las causas y las orientadas a paliar las consecuencias de los problemas:
  - En el primer grupo se encuentran las propuestas de respuestas individuales que plantean reducir la producción de residuos en el hogar, proponiendo estrategias de ahorro, de opción de compra, de reutilización y, especialmente, de separación selectiva o reciclado. También actividades para concienciar o sensibilizar a la ciudadanía encaminadas a modificar los hábitos de consumo, de las que, a su vez, se esperan respuestas a escala individual. Y otras cuya respuesta debería ser a través de las administraciones, mediante normativas, leyes e incluso tratados internacionales, o incentivando la investigación científica. Esto incluye noticias como la prohibición de los plásticos de un solo uso, la utilización de envases retornables o el incremento de presupuestos para mejorar el reciclado.
  - En cuanto a soluciones para detener las consecuencias, tenemos algunas propuestas minoritarias sobre un cambio de paradigma desde la explotación de los recursos naturales hacia un modelo de consumo más sostenible, centrado en la reducción. Otro grupo describe la transformación de la basura en energía, la reutilización de los residuos para la fabricación

de distintos materiales como ropa, calzado, etc. También cabe señalar las noticias que centran las soluciones en la ciudadanía, como las tareas de voluntariado de recogida de basura o la vuelta a antiguas profesiones como los chatarreros. En algunos casos, presentan soluciones innovadoras, generalmente basadas en tecnología, de dudosa eficacia, en las que no suelen contemplarse sus posibles limitaciones. Por ejemplo, cuando plantean la valorización energética de los cultivos de fresas o la utilización de los organismos capaces de digerir el plástico.

Contenidos de las noticias

El análisis de los resultados muestra que los principales temas que se abordan en las noticias están dirigidos a describir o informar sobre distintos aspectos relativos a la producción y gestión de residuos, coincidiendo, con algunas diferencias, con el estudio realizado por Clauss Klamp (1994). En general, subyace el problema de la excesiva producción de residuos, por lo que existen abundantes referencias a medidas tecnológicas de distinto tipo que ayudarían a reducir la cantidad de residuos producidos, sobre todo, en el caso del plástico. Sin embargo, son escasas las noticias que mencionan un consumo excesivo en el origen del problema, o la necesaria sensibilización ciudadana ante los problemas generados por la producción de residuos (figura 2).

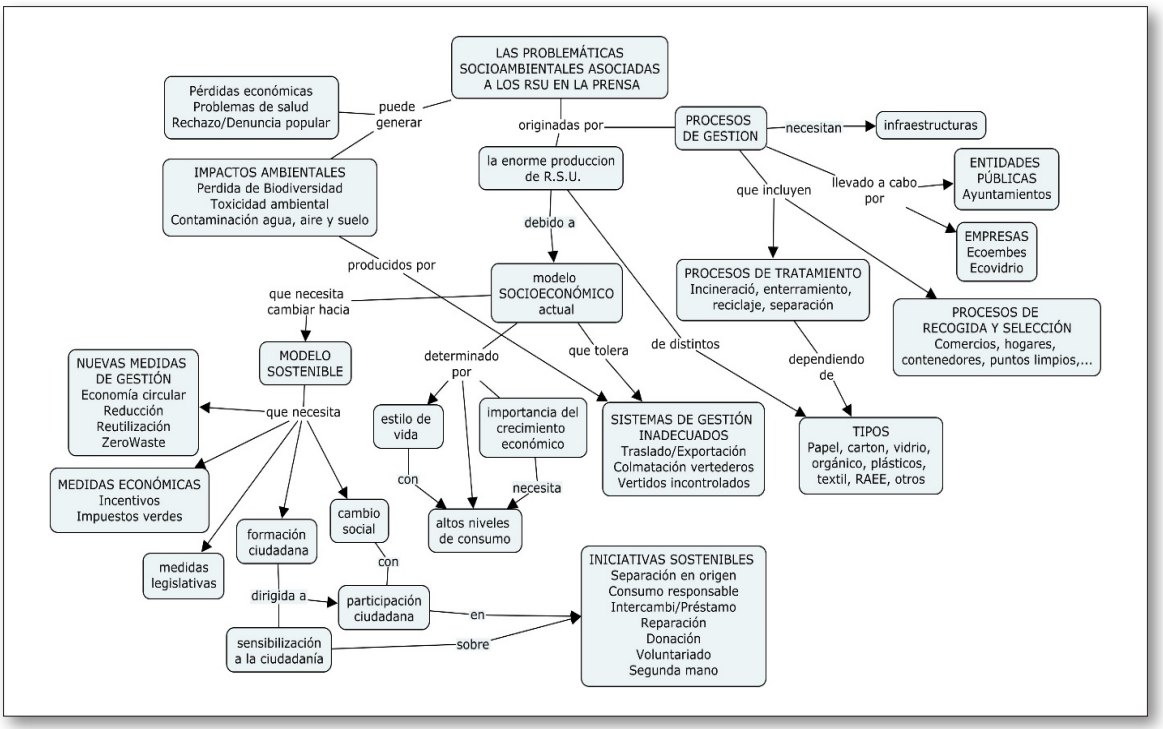


Fig. 2. Esquema simplificado sobre los contenidos abordados en las noticias de prensa.

Al analizar de modo más específico los cinco bloques de contenidos, se aprecia que los indicadores que componen cada categoría de los contenidos tienen una distribución desigual (figura 3).

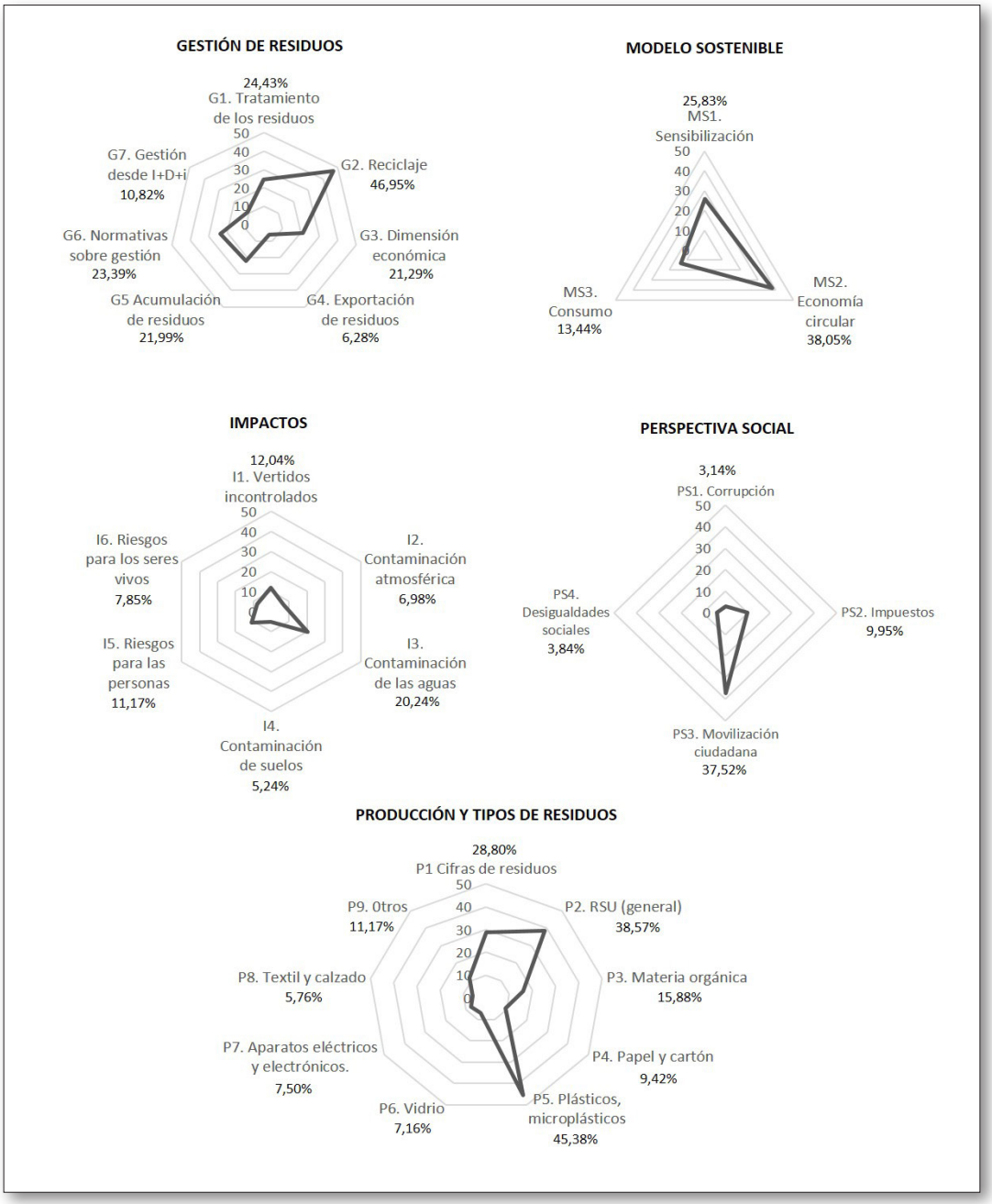


Fig. 3. Porcentaje de los indicadores que componen las categorías de contenidos en las noticias.

– Cuando se refieren a la gestión de residuos, las noticias más frecuentes son las que atañen directamente al ciudadano, es decir, el servicio de recogida y los tratamientos a los que deben ser sometidos los residuos. En este contexto, sus referencias al reciclaje (G2) son mayoritarias, casi la mitad del total, aunque realmente se refieren a la separación doméstica de los residuos.
– Sobre el modelo sostenible, destacan las noticias referidas a la economía circular (MS2) orientadas, fundamentalmente, a la reutilización de residuos para obtener otros productos de diversa índole. No obstante, no suelen estar referidas a situaciones cotidianas, más bien a convertir

residuos en productos artísticos o similar, con un carácter anecdótico más que práctico. Por su parte, una cuarta parte de las noticias se refieren a la importancia de la concienciación de la población (MS1) y, en este caso, sí suelen proponer estrategias prácticas para la reducción de residuos. Mientras, las noticias que ponen el foco en la relación de la problemática de la generación masiva de basuras asociada a nuestro estilo consumista (MS3) son bastante más escasas.

- Los impactos son los que menos atención reciben en general, si bien, en el conjunto, se observa que la contaminación de las aguas derivada de la acumulación de residuos y sus repercusiones en el medio (I3) es la más frecuente, al ser considerada por una quinta parte de las noticias. El resto de los impactos, tanto ambientales como sociales, son escasos, pues ocupan porcentajes próximos o inferiores al 10 %.
- En cuanto a la perspectiva social de la problemática de los residuos destacan las noticias sobre las movilizaciones ciudadanas (PS3), presentes en más de un tercio de las noticias. Se trata de respuestas sociales casi siempre ante situaciones de acumulación desmesurada de residuos, la construcción de un vertedero o anomalías en la gestión de los residuos del municipio. Mientras que las noticias centradas en el pago de impuestos (PS2) y, más aún, en situaciones de corrupción (PS1) y en las desigualdades sociales (PS4) son escasas.
- Sobre la producción y tipos de residuos, el énfasis recae en los residuos plásticos y microplásticos (P5), considerados por casi la mitad de las noticias. Por su parte, los demás tipos de residuos se contemplan con una frecuencia baja, cercana o inferior al 10 %. De hecho, es más común que se refieran a los RSU en general (P2), que aparecen en 1 de cada 3 noticias, que a estas otras fracciones. Con una frecuencia similar, las noticias detallan cifras sobre la generación de residuos (P1).

Significatividad estadística entre variables

Desde el análisis de los datos, al explorar la distribución de respuestas en las diferentes categorías, se han detectado una serie de valores significativos entre las distintas variables y respecto a los diarios, que describiremos a continuación.

En la caracterización de las noticias, se detecta significatividad en la frecuencia de respuestas entre las tres variables, es decir, entre el tipo de noticia, el grado de relación con la problemática y el ámbito. Así, se observa que las noticias más habituales que describen acontecimientos sobre los RSU suelen ser de ámbito autonómico y local, al mismo tiempo que son las que presentan una relación menor con la problemática. Las que tienen mayor relación con el tema objeto de análisis son los estudios y los reportajes. Que son, además, las que presentan noticias a una escala de ámbito global o internacional.

También se ha identificado significatividad en la distribución de respuestas entre las dimensiones del problema que se plantea y el tipo de noticia, el grado de relación y los contenidos. Las noticias centradas en las soluciones al problema presentan una relación intermedia con el tema, mientras que las causas de los problemas se exponen en noticias que se refieren a un acontecimiento concreto y con una relación alta con la problemática estudiada. Los datos también sugieren que las consecuencias se muestran, especialmente en los artículos que hemos considerado estudios más profundos sobre la temática. En cuanto a su relación con algunos contenidos, existe una tendencia a que las referencias a la gestión de los residuos aparezcan en las noticias centradas en las causas, mientras que, de forma coherente, los impactos ambientales se contemplan principalmente en las consecuencias y la economía circular en las soluciones.

Por otra parte, al considerar las variables con los periódicos examinados, siguiendo las tendencias arriba señaladas, se observa significatividad en la frecuencia de respuestas con las variables tipo, ámbito y relación. En el diario *ABC* dominan las noticias sobre acontecimientos de ámbito local, y también son más frecuentes aquellas con menor relación con la problemática.

Respecto a las variables correspondientes a las dimensiones del problema, se ha obtenido significatividad con los distintos periódicos. Los datos apuntan a diferencias en la dimensión predominante en las noticias: mientras que las causas se abordan principalmente en el diario *El País*, las consecuencias lo hacen en *La Vanguardia* y las soluciones en *ABC*.

Finalmente, al profundizar en los contenidos de las noticias, observamos significatividad en la distribución de respuestas respecto al periódico. Respecto a la gestión de los residuos, en *La Vanguardia* son más frecuentes las cuestiones conflictivas, como la excesiva acumulación de residuos o la exportación; mientras que en *ABC* atienden más al reciclaje. Los contenidos sobre el modelo sostenible se abordan con mayor frecuencia en *La Vanguardia*. En cuanto a la perspectiva social, destaca *El País* como el diario que más atención presta a estos contenidos, frente a *ABC*, que es quien menos los considera. La producción y tipos de residuos se contemplan más en *La Vanguardia* y *El País*, sobre todo, los plásticos y microplásticos.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y VALORACIONES SOBRE EL POTENCIAL EDUCATIVO DE LAS NOTICIAS

Una vez caracterizadas y descritas las noticias de prensa presentes en estos diarios de máxima difusión, nos centraremos en analizar y reflexionar sobre su potencial para fomentar en los estudiantes el análisis crítico de las problemáticas publicadas en el contexto de las controversias sociales que suscitan, con el objetivo último de favorecer la asunción de responsabilidades y compromisos que les puedan conducir a cambiar algunas actitudes y comportamientos en relación con las problemáticas ambientales generadas por la producción y gestión de RSU.

En primer lugar, hemos de señalar que todas las noticias analizadas serían susceptibles de ser utilizadas en Educación Secundaria en los temas en los que se abordan estas temáticas ambientales. No obstante, sus diferentes características en cuanto al enfoque y la profundidad de los contenidos que se abordan, su contexto real o actual, su cercanía, imparcialidad, etc., nos deberían llevar a planteamientos metodológicos distintos en su implementación en las aulas.

Los resultados sobre la relación con el tema de las noticias confirman la tendencia de la prensa de plantear los problemas de forma parcial y ajustada a situaciones concretas, sin el contexto global que permitiría entenderlos mejor (Jiménez-Liso et al., 2010). Si a esto le añadimos que resultan minoritarias las noticias en las que se abordan los RSU como núcleo principal y, generalmente, presentan una relación con el tema de tipo intermedio o bajo, podemos concluir que para su utilización en tareas formativas asociadas a propuestas didácticas necesitarían ser complementadas con otras noticias u otro tipo de recursos que permitieran abordar todos los aspectos relevantes de la problemática (Vilchez, 2009).

Los diferentes contenidos sobre el tema que se abordan en las noticias y que están condensados en la figura 2 aparecen con una frecuencia distinta, según se ha indicado en el apartado anterior. Son más frecuentes los correspondientes a la parte superior del esquema, de modo que reflejan la enorme producción de RSU en la sociedad actual, que responde a un modelo socioeconómico consumista, mientras que se hace menos hincapié en los contenidos de la mitad inferior, que se enfocan hacia la necesidad de cambio hacia otro modelo que necesita la concienciación y actuación de la ciudadanía. Lamentablemente, parece que el enfoque de estas temáticas no ha evolucionado desde hace décadas, ya que estos resultados coinciden con los obtenidos en revisiones anteriores, como la de Portilla y González (2015) sobre problemáticas ambientales en la prensa y un estudio realizado por Clauss Klamp (1994). Respecto a lo anterior, una de las ideas clave para su utilización en la enseñanza es contrastar este modelo con el modelo sostenible hacia el que deberíamos dirigirnos. Este nuevo modelo requiere de nuevas medidas de gestión, incentivos, normativas, infraestructuras, etc., pero también de hacer visibles las consecuencias del modelo actual que puede generar pérdidas económicas, problemas de

salud y el rechazo o denuncia popular, así como impactos ambientales tales como la pérdida de biodiversidad, la toxicidad ambiental y la contaminación del agua, el aire y el suelo debido a sistemas de gestión inadecuados.

Otro aspecto importante es no dejar de lado las causas del problema en nuestros planteamientos educativos. Y de ese modo evidenciar las conexiones entre el consumo personal y la producción de residuos, incluso, si es posible, establecer diferencias entre distintos grupos de población, con objeto de sensibilizar a los estudiantes y motivarlos hacia prácticas de consumo más responsable. Hemos de ser conscientes de que los estudiantes no cambian sus hábitos de forma automática al recibir nueva información, sino que estos procesos requieren involucrar emocionalmente a los individuos en la participación mediante un planteamiento inicial desde una perspectiva crítica que desemboque en un proceso reflexivo posterior (Goldman et al., 2021). En este proceso, el alumnado realizará su propio análisis, lo cual permitirá contrastar si las cuestiones mayoritariamente abordadas en las noticias son consideradas por el alumnado (Franco- Mariscal y López-Fernández, 2022).

Sin embargo, los resultados indican que las noticias que relacionan nuestro consumo y la generación de residuos son escasas, por lo que la lectura de estas noticias por sí mismas difícilmente podrán favorecer reflexiones sobre nuestro modelo de consumo y grado de responsabilidad en la generación de residuos. Afrontar la responsabilidad individual desde un proceso de reflexión nos puede conducir a valorar la necesidad de cambios en nuestros comportamientos (Grace y Byrne, 2010). Pero el desarrollo de esa capacidad reflexiva implica abordar las noticias desde una postura razonada; por ello, desde la educación se debe promover que el alumnado aborde la lectura desde una posición crítica, en la que puede creerse o no lo que dice el texto (Kolsto, 2001). De esa forma, se facilita la interacción consciente entre lo que dice el texto y las ideas de la audiencia lectora (Phillips y Norris, 1999), lo que, en este caso, permitirá, al mismo tiempo, analizar sus propias acciones y valorarlas desde su repercusión en la producción de residuos.

Algo similar hemos de considerar cuando las noticias están encaminadas a mostrar soluciones simples que parecen vislumbrar un futuro sostenible próximo, sin profundizar en los factores que definen el problema actual y su evolución futura, desde una aparente imparcialidad, sin explorar los conflictos de intereses y las divergencias que subyacen entre las propuestas y sus posibilidades de implantación. Estos enfoques dificultan la comprensión de la complejidad de los problemas y la interconexión de los factores que intervienen desde un enfoque sistémico (Esteve-Guirao et al., 2019). Si el texto de las noticias no contiene datos o argumentos científicos que sustenten la información, el alumnado puede establecer conclusiones infundadas. Frente a esto, no debemos olvidar que nuestro interés educativo estará en conseguir implicar al alumnado para hacerlo consciente de la importancia de sus decisiones y comportamientos; esto será complicado si las noticias trasladan la idea de que la solución al problema es sencilla. En este caso, como estrategia, se podrían utilizar los distintos tratamientos que se hacen de una noticia en los distintos diarios. Esta diversidad podría ser muy útil para plantear posibles conflictos entre diferentes enfoques y, así, confrontar ideas involucrando al alumnado en una situación actual y real.

Por otro lado, resulta positivo que las noticias analizadas plantean problemas reales, actuales y en muchos casos acontecimientos cercanos a los estudiantes, en el caso de las noticias locales. Para Guerrero y García-Carmona (2020), esto puede favorecer la contextualización de la ciencia escolar en la realidad cotidiana y, orientado de manera adecuada, el desarrollo del pensamiento crítico en el alumnado ante un tema sociocientífico controvertido, con vistas a construir ideas y opiniones propias que permitan la adopción de decisiones coherentes con un desarrollo sostenible y la asunción de las propias responsabilidades.

Respecto a la importancia del desarrollo del pensamiento crítico en el alumnado, Oliveras et al. (2013) analizan en profundidad sus dificultades en la lectura de artículos de prensa y concluyen que el valor de estas noticias para la formación en el pensamiento crítico dependerá de la estrategia utilizada

para el análisis de las noticias. No basta con leer un texto y luego hacer preguntas sobre su contenido; será necesario ayudar al alumnado a comprender, evaluar y reflexionar sobre los contenidos de manera crítica. Para lograrlo, resulta de gran importancia que el alumnado analice en distintas noticias las diferencias entre datos, opiniones, argumentos científicos y evidencias, teniendo en cuenta lo que significa cada uno y pensando en cómo se obtienen.

En este contexto, el profesorado debería incrementar la relevancia social de estos temas, poniendo el énfasis en que el alumnado adquiera un sentido crítico ante estas situaciones conflictivas, y asuma responsabilidades al enfrentarse a sus conductas de consumo (Collins- Figueroa, 2012). En estas estrategias es muy importante que el profesorado acepte que enseñar desde la perspectiva de la duda es un reto necesario en la sociedad del conocimiento (Marcelo, 2001). Esto nos puede llevar a situarnos en un contexto en el que las situaciones conflictivas que incluyen estos problemas socioambientales pueden permitir al alumnado discutir ideas, identificar posturas, contrastar argumentos, etc. (López y Armas, 2013). Existen numerosos estudios que demuestran que los estudiantes aprenden de una manera más efectiva cuando participan activamente en las actividades a través de la discusión, el diálogo y la interacción (Alexander, 2008). En fin, favorecer el acercamiento a la realidad social; generar conflictos cognitivos entre el alumnado que les permita analizar críticamente la realidad social; razonar y reflexionar sobre las coyunturas socioeconómicas, políticas y culturales. Por todo ello, se reconoce como una herramienta que otorga un rol participativo al estudiantado y un rol de mediación al profesorado (Orozco y Díaz, 2019).

Por último, hemos de señalar la importancia del profesorado en el diseño y planificación de todas estas estrategias. Aunque en las aulas de educación secundaria con frecuencia se utilizan las noticias de prensa para abordar cuestiones de sostenibilidad, al evaluar su relevancia en las clases, Klosterman et al. (2012) concluyeron que el alcance es limitado y varía dependiendo del docente; cuestión que los llevó a considerar imprescindibles las necesidades específicas que se tienen en la formación inicial del profesorado en relación con las estrategias educativas para la utilización de los medios en clase.

REFLEXIONES FINALES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LAS NOTICIAS EN LAS AULAS DE SECUNDARIA

Del análisis y discusión de los resultados podemos concluir con varias reflexiones sobre el potencial educativo de las noticias analizadas en estos diarios, y una propuesta que ejemplifique de modo sencillo su utilización en un aula de educación secundaria.

Si hace años nos adentramos tímidamente en los problemas ambientales causados por las actividades humanas gracias a los medios de comunicación, cincuenta años después las noticias no pueden ser presentadas de la misma manera. El mensaje debería evolucionar en la misma medida que lo ha hecho la ciudadanía y los propios problemas. El enfoque de las noticias y los contenidos acerca de las problemáticas socioambientales asociadas a la producción y gestión de los RSU debería mejorar, para mostrar una visión menos fragmentada del problema y plantearlo desde una óptica más amplia que permita incluir todas las dimensiones (ambiental, social, política, económica, cultural, etc.) que intervienen.

Por otra parte, la transformación de las noticias en situaciones conflictivas que resulten controvertidas, porque subyacen intereses enfrentados, permitiría que el alumnado no solo utilizara la información contenida en la noticia, sino que pudiera ser activo ante el problema y se generara un espacio de discusión de ideas, con lo que ello significa de desarrollo de competencias. Tampoco se debe dejar de evidenciar que las causas principales del problema están asociadas a nuestros hábitos de consumo. Así, un planteamiento educativo de ese conflicto podría permitir que el alumnado afrontara la responsabilidad individual desde un proceso de reflexión sobre la necesidad de cambios en sus comportamientos (Grace y Byrne, 2010).

En cualquier caso, puede ser un reto mejorar las estrategias educativas para que contribuyan a incrementar los conocimientos y la concienciación acerca de las problemáticas ambientales asociadas a los RSU. En este sentido, el uso de la indagación en la enseñanza puede contribuir al desarrollo del pensamiento crítico, además de permitirles responder preguntas y resolver problemas, acercando al alumnado a la realidad desde una perspectiva global (Caamaño, 2012; Lindemann-Matthies et al., 2011).

En coherencia con lo anterior, planteamos en un cuadro resumen (figura 4) una posible acción educativa dirigida a utilizar una noticia de prensa como origen de una situación conflictiva que permita evidenciar que las causas principales del problema están asociadas a nuestros hábitos de consumo. Está dirigida a implicar al alumnado en un problema socioambiental relevante, cuya sensibilización debería llevarlo a asumir responsabilidades, definir sus compromisos e incluso tomar decisiones en relación con algunos de sus hábitos cotidianos.

PLANTEAMIENTO DE LA NOTICIA: "El desierto tóxico que acumula toneladas de ropa usada en el norte de Chile" (El País, 14/01/2022)	
FASE "IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA PLANTEADO POR LA NOTICIA"	
OBJETIVO Explorar y compartir sus ideas y hábitos sobre el origen del problema y la gestión de los R.S.U.	**TAREAS** -Comparten sus ideas acerca de las causas y posibles consecuencias del problema. -Reflexionan sobre sus propias conductas de consumo y sus propias responsabilidades. -Proponen actuaciones.
FASE "GENERACIÓN DE IDEAS"	
OBJETIVO Indagar sobre las causas y consecuencias de la producción desmesurada de residuos.	**TAREAS** -Identifican las causas y los efectos acumulativos de algunas actividades humanas cotidianas que generan residuos producen impactos sobre la biodiversidad marina y las personas. -Contrastan el problema con un modelo sostenible. -Analizan ejemplos que muestran impactos sobre la biodiversidad producidos en ecosistemas debido a la acumulación de residuos.
FASE "ESTRUCTURACIÓN DE IDEAS"	
OBJETIVO Preparar un informe y discutir sobre las conclusiones	**TAREAS** - Valoran la complejidad de las distintas situaciones planteadas y los conflictos de intereses. -Analizan con espíritu crítico el enfoque y los contenidos de la noticia. -Evalúan su capacidad para asumir compromisos y responsabilidades que conduzcan a cambios en sus hábitos de consumo y producción de residuos. -Proponen posibles soluciones, incluidos cambios en sus hábitos cotidianos, y los comparan con sus propuestas iniciales.
FASE "BÚSQUEDA DE NUEVAS NOTICIAS"	
OBJETIVO Reconocer otros problemas relacionados con la producción y gestión de residuos.	**TAREAS** - Buscan noticias de forma autónoma que evidencien otras problemáticas ambientales. - Analizan estas noticias contrastando enfoques en relación a la necesidad de un modelo sostenible.

Fig. 4. Fases de la propuesta educativa.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto PID2019-105705RA-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

BIBLIOGRAFÍA

AIMC, Asociación para la Investigación de Medios de Comunicación (2022). https://www.aimc.es/a1mc-c0nt3nt/uploads/2022/01/marco2022.pdf

Alexander, R. J. (2008). *Towards Dialogic Teaching: rethinking classroom talk*. Diálogos.

Álvarez, P. (2007). La prensa como recurso en educación ambiental: análisis de una experiencia. *Comunicar*, *29*, 165-172. http://hdl.handle.net/10481/32746

Caamaño, A. (2012). ¿Cómo Introducir La Indagación En El Aula? *Alambique*. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, *70*, 83-92.

Calero, M., Gil, D. y Vilches, A. (2006). La atención de la prensa a la situación de emergencia planetaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, *20*, 69-88. http://hdl.handle.net/11162/23057

Clauss Klamp, F. L. (1994). Cómo educarnos sobre los residuos urbanos a través de la prensa escrita. *Comunicar*, *3*, 101-104. https://doi.org/10.3916/C03-1994-15

Collins-Figueroa M. (2012). Biodiversity and Education for Sustainable Development in Teacher Education Programmes of Four Jamaican Educational Institutions. *Journal of Education for Sustainable Development*, *6*(2), 253-267. https://doi.org/10.1177/09734082124752

Dimopoulos, K. y Koulaidis, V. (2003). Science and technology education for citizenship: The potential role of the press. *Science Education*, *87*, 241-256. https://doi.org/10.1002/sce.10054

Domènech-Casal, J. (2019). Apuntes lingüísticos para el tránsito a la competencia científica. Leer para indagar en el aula de Ciencias. *Didacticae: Revista de Investigación en Didácticas Específicas*, *5*, 85-98. https://doi.org/10.1344/did.2019.5.85-98

Esteve-Guirao, P., García, M. J., y Banos-González, I. (2019). The interdependences between sustainability and their lifestyle that pre-service teachers establish when addressing socio-ecological problems. *Sustainability*, *11*(20), 5748. https://doi.org/10.3390/su11205748

European Commission (2019). «Towards a sustainable Europe by 2030. EC». https://ec.europa.eu/info/publications/towards-sustainable-europe-2030_en

Franco-Mariscal, A. J. y López-Fernández, M. M. (2022). Análisis crítico de la información sobre contaminación atmosférica en la prensa digital. Estudio de caso con estudiantes de secundaria. En *VIII Seminário Ibero-americano CTS* (pp. 811-826).

Gadea, I., Vilchez, A., y Gil, D. (2009). Posibles usos de la prensa en la educación científica y tecnológica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, *23*, 153-169. https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/21096/3082139.pdf?sequence=1

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

García, A. y Castro, M.D. (2005). Aplicación del enfoque CTSA ante problemas reales: Vertidos incontrolados de residuos. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra.

García-Carmona, A. (2014). Naturaleza de la ciencia en noticias científicas de la prensa: análisis del contenido y potencialidades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, *32*(3), 493-509. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/287575

Goldman, J., Cavazos, J., Heddy, B.C., y Pugh, K.J. (2021, 24 de mayo). Emotions, Values, and Engagement: Understanding Motivation of First-Generation College Students. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*.
http://dx.doi.org/10.1037/stl0000263

Grace M. y Byrne J. (2010). Engaging pupils in decision-making about biodiversity conservation issues. *School Science Review*, *91*(336), 73-80.

Graham-Rowe, E., Jessop, D.C. y Sparks, P. (2014). Identifying motivations and barriers to minimising household food waste. *Resources, Conservation and Recycling*, *84*, 15-23.
https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.12.005

Guerrero, I. y García-Carmona, A. (2020). La energía y su impacto socioambiental en la prensa digital: temáticas y potencialidades didácticas para una educación CTS. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *17*(3), 3301.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3301

Jarman, R. y McClune, B. (2007). *Developing scientific literacy. Using the news media in the classrom*. Open University Press.

Jiménez-Liso, M.R., Hernández Villalobos, L., y Lapetina, J. (2010). Dificultades y propuestas para utilizar las noticias científicas de la prensa en el aula de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *7*(1), 107-126. http://hdl.handle.net/10498/9866

Jurado Palomares, R. y Vílchez González, J. M. (2021). Análisis de artículos de prensa digital para valorar su uso como recurso para la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia en Educación Secundaria. *Ápice. Revista de Educación Científica*, *5*(1), 53-71.
https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.1.6838

Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., y Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development*. World Bank.

Klosterman, M.L., Sadler, T. D., y Brown, J. (2012). Science Teachers' Use of MassMedia to Address Socio-Scientific and Sustainability Issues. *Research in Science Education*, *42*, 51-74.
https://doi.org/10.1007/s11165-011-9256-z

Kolsto, S.D. (2001). To trust or not to trust… «pupils» ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, *23*(9), 877-901.
https://doi.org/10.1080/09500690010016102

Landis, J.R., y Koch, G.G. (1977). An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometric*s, 363-374.
https://doi.org/10.2307/2529786

Lapetina, J. y Jiménez-Liso, M.R. (2005). La divulgación científica a través de la prensa escrita en Almería. Protocolo de análisis y aplicación a una muestra piloto. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso.

Lindemann-Matthies, P., Constantinou, C., Lehnert, H.J., Nagel, U., Raper, G. y Kadji-Beltran, C. (2011). Confidence and Perceived Competence of Preservice Teachers to Implement Biodiversity Education in Primary Schools- Four Comparative Case Studies from Europe. *International Journal of Science Education*, *16*(1), 2247-2273.
https://doi.org/10.1080/09500693.2010.547534

López, R. y Armas, X. (2013). Aprender a dudar: el desarrollo de competencias básicas trabajando con prensa en las aulas de secundaria. En J.J. Díaz, A. Santiesteban y A. Cascajero (Eds.), *Medios de Comunicación y Pensamiento Crítico* (pp.133-143). España: Universidad de Alcalá.

Marcelo, C. (2001). Aprender a enseñar en la sociedad del conocimiento. *Revista Complutense de Educación*, *12*(2), 531-593. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/16359/file_1.pdf

McClune, B. y Jarman, R. (2010). Critical Reading of Science Based News Reports: Establishing a knowledge, skills and attitudes framework. *International Journal of Science Education*, *32*(6), 727-752. https://doi.org/10.1080/09500690902777402

Oliveras, B., Márquez, C., y Sanmartí, N. (2013). The Use of Newspaper Articles as a Tool to Develop Critical Thinking in Science Classes. *International Journal of Science Education*, *35*, 885-905. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.586736

Orozco, J.C. y Díaz, A. A. (2019). El valor didáctico de las noticias de prensa en el proceso de aprendizaje de las Ciencias Sociales. *Revista científica de FAREM-Esteli, Medio Ambiente, Tecnología y Desarrollo Humano*, *29*, 3-18. https://doi.org/10.5377/farem.v0i29.7623

Parizeau, K., von Massow, M., y Martin, R. (2015). Household-level dynamics of food waste production and related beliefs, attitudes, and behaviours in Guelph, Ontario. *Waste Management*, *35*, 207-217. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.019

Peng, J, Yee Van, F., y Jiří Jaromír, K. (2021). Data analytics of social media publicity to enhance household waste management. *Resources, Conservation & Recycling*, *164*, 105146. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105146

Perales, F.J. (2020). Educación Ambiental y medios de comunicación: revisión de la literatura y propuestas de intervención. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, *2*(2), 2102. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i2.2102

Phillips, L. M. y Norris, S. P. (1999). Interpreting popular reports of science: What happens when the reader's world meets the world on paper? *International Journal of Science Education*, *21*(39), 317-327. https://doi.org/10.1080/095006999290723

PNUMA (2021). Índice de desperdicio de alimentos. ONU Programa para el medio ambiente. https://www.unep.org/es/resources/informe/indice-de-desperdicio-de-alimentos-2021

Portilla, I. y González, H. (2015). Noticias medioambientales en prensa regional: estudio de la evolución de temáticas, enfoques y fuentes. *Estudios sobre el Mensaje Periodístico*, *21*(2), 1189-1206. https://dadun.unav.edu/handle/10171/42141

Reis, P. y Galvão, C. (2009). Teaching controversial socio-scientific issues in biology and geology classes: A case study. *Electronic Journal of Science Education*, *13*(1). http://ejse.southwestern.edu

San Millán, M.D. (2003). Los medios de comunicación y la Educación Ambiental. *Lurralde*, *16*, 321-340.

Schroeder, P., Anggraeni, K., y Weber, U. (2018), The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*, *23*(1), 77-95.

Turhan, N.S. (2020). Karl Pearson's Chi-Square Tests. *Educational Research and Reviews*, *16*(9), 575-580.

Vílchez, J.E. (2009). La problemática ambiental en los medios. Propuesta de un protocolo de análisis para su uso como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias*, *27*(3), 421-432. http://hdl.handle.net/11162/23950

Visschers, V. H. M., Wickli, N., y Siegrist, M. (2016). Sorting out food waste behaviour: A survey on the motivators and barriers of self-reported amounts of food waste in households. *Journal of Environmental Psychology*, *45*, 66-78. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.11.007

Wellington, J. (1991). Newspaper science, school science: friends or enemies? International *Journal of Science Education*, *13*(4), 363-372. https://doi.org/10.1080/0950069910130401

Press Reports on the Waste Issue in the Classroom: Awareness-Raising versus Information

Unai Ortega-Lasuen, José Ramón Díez
Departamento de Didáctica de la Matemática, Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Educación, Bilboko Hezkuntza Fakultatea,
Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea, Bizkaia, España.
unai.ortega@ehu.eus, joseramon.diez@ehu.eus

Patricia Esteve-Guirao, Isabel Banos-González
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, Murcia, España.
p.esteve@um.es, ibbg1@um.es

The excessive production of waste is one of the biggest challenges for sustainability, due to a socioeconomic model based on linear consumption. The media are major generators of opinion and contribute to the socialization of this issue. Nevertheless, they also tend to divide up these questions, with little holistic vision of the socioenvironmental situation. They may even offer biased or simplified approaches. Therefore, from an educational point of view, the media, and specifically, the press alone do not play an adequate role. Nevertheless, introducing the news in the classroom can yield teaching and learning situations around real issues that make it possible for students to identify different positions and contradictions and enable them to respond critically to messages from the media.

In this context, this paper aims to systematically analyze the content and perspective of news on the generation of municipal solid waste (MSW), as well as to investigate its educational value in terms of critical thinking and social change towards sustainable consumption.

In total, 573 news items published between 2019 and 2022 by the four newspapers with the largest national circulation were analyzed. For this purpose, five variables were differentiated as criteria, with their corresponding categories: type of news item; scope of the news item; degree of relationship with the problem; socioenvironmental dimension addressed (causes, consequences, or solutions); and contents of the news. The reliability of the assignment of categories was analyzed, reflecting substantial agreement among researchers. The data were examined descriptively considering calculating frequencies, and inferential statistics were applied to establish possible relationships between variables.

The results show that the most common pieces of news are those describing events concerning MSW at a regional and a local level. What is more, the news items showing the problem as the focus, as well as those relating waste to our consumption model are in the exception. In terms of content, it can be observed that references to waste management are basically focused on recycling and that, usually, the greatest attention is paid to the plastics fraction. However, the data analyzed reflect interesting significant differences between the size and frequency of certain contents depending on the newspapers.

We can conclude that reading these news items on their own will hardly favor reflections on our degree of responsibility in the generation of waste. In order to use them in educational tasks, students should be encouraged to approach reading from a critical position and to facilitate conscious interaction between what the text of the news says and their own ideas. At the same time, students should analyze their own actions and evaluate them in terms of their impact on the production of waste.

As a strategy, the different newspaper treatments of a piece of news could be used to raise conflicts and confront positions, transforming of the news into real conflict situations from a critical perspective, which eventually leads to a reflective process. Especially with regards to the causes, the use of news in the classroom should highlight the connections between personal consumption behaviors and the production of waste. With this perspective, in this paper an educational action is proposed using one of the news found in our analysis.