

COLECCIÓN CONOCIMIENTO CONTEMPORÁNEO

Sobre la educación científica y el cuidado de la casa común: necesidades y perspectivas

Coords.

María Díez Ojeda
Sergio Martínez Juste
Radu Bogdan Toma
María Eugenia Dies Álvarez
Alejandra Ramírez Segado
Rocío Jiménez Fontana
Esther García González

Dykinson, S.L.

SOBRE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y EL CUIDADO DE LA CASA COMÚN: NECESIDADES Y PERSPECTIVAS



COLECCIÓN CONOCIMIENTO CONTEMPORÁNEO

SOBRE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y EL CUIDADO DE LA CASA COMÚN: NECESIDADES Y PERSPECTIVAS

Coords.

MARÍA DÍEZ OJEDA
SERGIO MARTÍNEZ JUSTE
RADU BOGDAN TOMA
MARÍA EUGENIA DIES ÁLVAREZ
ALEJANDRA RAMÍREZ SEGADO
ROCÍO JIMÉNEZ FONTANA
ESTHER GARCÍA GONZÁLEZ

Dykinson, S.L.
2024

Esta obra de distribuye bajo licencia
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

La Editorial Dykinson autoriza a incluir esta obra en repositorios institucionales de acceso abierto para facilitar su difusión. Al tratarse de una obra colectiva, cada autor únicamente podrá incluir el o los capítulos de su autoría.

SOBRE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y EL CUIDADO DE LA CASA COMÚN:
NECESIDADES Y PERSPECTIVAS

Diseño de cubierta y maquetación: Francisco Anaya Benítez
© de los textos: los autores
© de la presente edición: Dykinson S.L.
Madrid - 2024

N.º 160 de la colección Conocimiento Contemporáneo
1ª edición, 2024

ISBN: 978_84_1170_582_0

NOTA EDITORIAL: Los puntos de vista, opiniones y contenidos expresados en esta obra son de exclusiva responsabilidad de sus respectivos autores. Dichas posturas y contenidos no reflejan necesariamente los puntos de vista de Dykinson S.L, ni de los editores o coordinadores de la obra. Los autores asumen la responsabilidad total y absoluta de garantizar que todo el contenido que aportan a la obra es original, no ha sido plagiado y no infringe los derechos de autor de terceros. Es responsabilidad de los autores obtener los permisos adecuados para incluir material previamente publicado en otro lugar. Dykinson S.L no asume ninguna responsabilidad por posibles infracciones a los derechos de autor, actos de plagio u otras formas de responsabilidad relacionadas con los contenidos de la obra. En caso de disputas legales que surjan debido a dichas infracciones, los autores serán los únicos responsables.

INDICE

INTRODUCCIÓN 11
María Díez Ojeda
Sergio Martínez Juste
Radu Bogdan Toma
María Eugenia Dies Álvarez
Alejandra Ramírez Segado
Rocío Jiménez Fontana
Esther García González

SECCIÓN I
EDUCACIÓN STEM

CAPÍTULO 1. LA ARQUITECTURA COMO CONTEXTO DIDÁCTICO: EXPLORANDO LOS FENÓMENOS NATURALES A TRAVÉS DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES 14
Gastón Sanglier Contreras

CAPÍTULO 2. AUTOPERCEPCIÓN DEL DOCENTE ESPAÑOL SOBRE LA POSIBLE INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN EL AULA MEDIANTE UN CUESTIONARIO TPACK 30
Fabio Saz-Pérez
Bartolomé Pizà-Mir

CAPÍTULO 3. ANSIEDAD MATEMÁTICA DESPUÉS DEL COVID EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS 42
María Teresa Costado Dios
José Carlos Piñero Charlo
María De La Paz Alegre Salguero

CAPÍTULO 4. SESGOS EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LA ELABORACIÓN DE IMÁGENES: BREVE ESTUDIO EXPLORATORIO 56
Fabio Saz-Pérez
Bartolomé Pizà-Mir

CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN FUNDAMENTADA: "TWINE" AL SERVICIO DE SUFRAGAR LAS CARENCIAS EN COMPETENCIAS MATEMÁTICAS EN ALUMNOS DE NUEVO INGRESO. ... 70
MARÍA DE LA PAZ ALEGRE SALGUERO
VERÓNICA BRAZA BLANCO
JOSE CARLOS PIÑERO CHARLO
MARÍA TERESA COSTADO DIOS

CAPÍTULO 6. GAMIFICATION, A METHODOLOGY AIMED AT MOTIVATING SOFT SKILLS: A CASE STUDY ON UPM ENGINEERING STUDENTS 94
JUAN JOSÉ MORILLAS GUERRERO
MANUEL ANTONIO FERNÁNDEZ-VILLACAÑAS MARÍN

CAPÍTULO 7. UNA CLASE DE PROBLEMAS EN EL AULA INFORMÁTICA PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS CINÉTICOS DE UNA ENZIMA NO MICHAELIANA 111
SANTIAGO IMPERIAL RÓDENAS
PEDRO RAMON DE ATAURI CARULLA
ESTEFANIA MORENO GUILLÉN
JOSEP JOAN CENTELLES SERRA

CAPÍTULO 8. DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN CUESTIONARIO SOBRE ACTITUDES Y MOTIVACIÓN HACIA LA FÍSICA Y QUÍMICA EN ESTUDIANTES DE MAGISTERIO. UN ANÁLISIS COMPARADO 140
GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE
GENINA CALAFELL I SUBIRÀ
NOËLLE FABRE MITJANS
CARLOS HERAS PANIAGUA

CAPÍTULO 9. INDAGAPP: UN NUEVO RECURSO PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS POR INDAGACIÓN 162
IRAYA YÁNEZ PÉREZ
RADU BOGDAN TOMA

CAPÍTULO 10. PROMOVIENDO LA FLEXIBILIDAD REPRESENTACIONAL EN UN CONTEXTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN EDUCACIÓN PRIMARIA: IMPLEMENTACIÓN Y POTENCIAL DE UNA TAREA NUMÉRICA 185
MÓNICA RAMÍREZ-GARCÍA
FRANCISCO JAVIER ORTEGA-MUÑOZ
SILVIA RODRÍGUEZ-ALONSO
JAVIER HERRERO-MARTÍN

CAPÍTULO 11. IMPORTANCIA DEL APRENDIZAJE EN LA NATURALEZA COMO METODOLOGÍA MULTIDISCIPLINAR E INNOVADORA EN LA FORMACIÓN DE MAESTROS DE EDUCACIÓN INFANTIL 202
CRISTINA VALARES MASA

CAPÍTULO 12. LA COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA INDAGACIÓN CIENTÍFICA EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA: EL CASO DE CHILE 222
JUAN P. JIMÉNEZ PAVEZ
GUSTAVO A. CARREÑO PARRA
RADU BOGDAN TOMA

CAPÍTULO 13. LEARN TO SOLVE DIFFERENTIAL EQUATIONS BY DESIGNING AND SIMULATING NETWORK MODELS 240
PEDRO ARÁEZ ANDÚGAR
JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ VALERA
IVÁN ALHAMA MANTECA
FRANCISCO DEL CERRO VELÁZQUEZ

CAPÍTULO 14. EL PAPEL DE LOS HERBARIOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: USOS Y POTENCIAL DIDÁCTICO 259
FÁTIMA AGUILERA PADILLA

CAPÍTULO 15. DIAGNÓSTICO DEL PERFIL DE LAS COMPETENCIAS INFORMACIONALES DEL DOCENTE UNIVERSITARIO EN MÉXICO: PERCEPCIÓN DEL ESTUDIANTE 275
CARLOS RENÉ CONTRERAS CÁZAREZ
MANUEL DE JESÚS ACEDO VALLEJO

CAPÍTULO 16. EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ORIENTACIÓN ESPACIAL EN EL SEGUNDO CICLO DE LA ETAPA DE EDUCACIÓN INFANTIL 297
MARGARITA FERNÁNDEZ-ROMERO
FRANCISCO PARDO FABREGAT

CAPÍTULO 17. UNIDADES DIDÁCTICAS Y PLANES DE ESTUDIO ADAPTATIVOS PARA STEM 314
ALEXANDRA PARRA-HERNÁNDEZ
INGRID CAROLINA COVALEDA-RODRÍGUEZ
NICOLÁS AYALA-TOVAR
VIRGINIA HEBE AVENDAÑO-VARGAS

CAPÍTULO 18. CANALES DE TELEGRAM COMO GENERADORES DE RECURSOS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA Y EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL 328
JUAN. ANCISCO ÁLVAREZ-HERRERO

SECCIÓN II
HACIA LA SOSTENIBILIDAD

CAPÍTULO 19. SOLUCIONES INNOVADORAS EN ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA: CONSTRUYENDO DE MANERA SOSTENIBLE 344
GASTÓN SANGLIER CONTRERAS

CAPÍTULO 20. EVALUANDO EL ESTADO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA PATAGONIA CHILENA: UN MODELO DE DESARROLLO ALEJADO DE LA ECONOMÍA AZUL 361
FRANCISCO JOSÉ VÁZQUEZ PINILLOS

CAPÍTULO 21. IDENTIFICANDO LAS ZONAS COSTERAS VULNERABLES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ÁREAS LITORALES DE LA ISLA Y EL MAR DE CHILOÉ (CHILE)... 384
FRANCISCO JOSÉ VÁZQUEZ PINILLOS

CAPÍTULO 22. TENDENCIAS EN INVESTIGACIÓN SOBRE MEDIOS DE COMUNICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE ... 408
ESTEBAN MARCELO GUARDIA CRESPO
AFNAN AGRAMONT AKIYAMA

CAPÍTULO 23. CONVERSACIONES ENTRE ARTE Y ERA DE LA SUPERABUNDANCIA SOSTENIBLE 434
IGNACIO ASENJO FERNÁNDEZ

CAPÍTULO 24. PROTOCOLO DEL ESTUDIO «*AMICS DE LA BICI*»: INTERVENCIÓN GAMIFICADA PARA AUMENTAR EL USO DE LA BICICLETA EN LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA 453
ISABEL M. MARTIN LOPEZ
PERA ANTONI BORRAS ROTGER
OLALLA GARCÍA TAIBO

CAPÍTULO 25. PREHISTORY ART AS ECOLOGICAL ART..... 480
ÁGUEDA ASENJO BEJARANO

CAPÍTULO 26. LA TOXICOLOGÍA, INSTRUMENTO IMPRESCINDIBLE PARA UNA EDUCACIÓN AMBIENTAL MÉTODO ARANDA-QUIRÓS ... 493
VANESSA ARANDA QUIRÓS

CAPÍTULO 27. LA NUEVA CULTURA DEL AGUA EN EL PROFESORADO DE EDUCACIÓN INFANTIL Y DE EDUCACIÓN PRIMARIA 512
ALEJANDRA RAMÍREZ-SEGADO
FREDDY ENRIQUE CASTRO-VELÁSQUEZ
ALICIA BENARROCH BENARROCH

CAPÍTULO 28. LIBROS DE TEXTO Y CURRÍCULO OFICIAL: CONTRIBUCIONES A LA NUEVA CULTURA DEL AGUA EN COLOMBIA.... 532
FREDDY ENRIQUE CASTRO-VELÁSQUEZ
ALEJANDRA RAMÍREZ-SEGADO
ALICIA BENARROCH BENARROCH

CAPÍTULO 29. INDAGAR EN TORNO A LA BIODIVERSIDAD CULTIVADA PARA DESARROLLAR HABILIDADES CIENTÍFICAS E INTEGRAR LOS ODS DESDE LA FORMACIÓN INICIAL DEL PROFESORADO..... 557
LOURDES ARAGÓN
BEATRIZ GÓMEZ-CHACÓN

CAPÍTULO 30. ¿SE TRABAJAN LOS ODS EN LAS AULAS DE EDUCACIÓN INFANTIL, PRIMARIA Y SECUNDARIA? REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA BIBLIOGRAFÍA DISPONIBLE..... 577
AGUSTINA MARÍA TORRES PRIORIS
MARÍA DEL CARMEN ACEBAL EXPÓSITO

CAPÍTULO 31. EL PAPEL DE LAS EMOCIONES EN LA ALFABETIZACIÓN AMBIENTAL DE FUTUROS DOCENTES..... 596
ROCÍO JIMÉNEZ-FONTANA
ALICIA GUERRERO FERNÁNDEZ
EMILIO SOLÍS RAMÍREZ
LUCÍA RODRÍGUEZ PÉREZ

CAPÍTULO 32. ¿VARÍAN LOS COMPORTAMIENTOS DE LOS DOCENTES EN FORMACIÓN TRAS UNA INTERVENCIÓN BASADA EN LA ALFABETIZACIÓN AMBIENTAL? UN ESTUDIO EN LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ 619
ROCÍO JIMÉNEZ-FONTANA
ALICIA GUERRERO FERNÁNDEZ
MARINA NIETO RAMOS

CAPÍTULO 33. ESTUDIO SOBRE EL GRADO DE ALFABETIZACIÓN AMBIENTAL DE DOCENTES EN FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS. 644
LUCÍA RODRÍGUEZ PÉREZ
ESTHER GARCÍA GONZÁLEZ
ALICIA GUERRERO FERNÁNDEZ
ROCÍO JIMÉNEZ FONTANA

CAPÍTULO 34. NUEVOS ENFOQUES PARA ASIGNATURAS EN BELLAS ARTES. EN BUSCA DE NUEVAS PERSPECTIVAS Y EXPRESIONES DE NUESTRO HÁBITAT 662
BLANCA MACHUCA CASARES
CRISTINA PELÁEZ NAVARRETE
MARÍA DEL MAR CABEZAS JIMÉNEZ

CAPÍTULO 35. LA EDUCACIÓN DIGITAL COMO VÍA PARA PARA LA CONSECUCIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD Y EL DESARROLLO SOCIAL 677
NIEVES GUTIÉRREZ ÁNGEL
MARÍA DOLORES PÉREZ ESTEBAN
ISABEL MERCADER RUBIO

CAPÍTULO 36. PRÁCTICAS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN ESCUELAS DE TIJUANA: APLICACIÓN DE UN MODELO METODOLÓGICO CREADO EN EL PROYECTO ECOPARQUE PARA LA FORMACIÓN DE DOCENTES EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO 686
XIOMARA MARINA DELGADO RODRÍGUEZ
HUMBERTO GONZÁLEZ GALBÁN
TANIA EVELYN BERMÚDEZ REYES

CAPÍTULO 37. FORMACIÓN ACTIVA EN ODS DE CARÁCTER MEDIOAMBIENTAL Y ECOLÓGICO MEDIANTE LA MATERIA DE PINTURA DE PAISAJE 716
MACARENA RUIZ GÓMEZ
SILVIA NUERE

En el crisol del conocimiento del siglo XXI, donde la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas (STEM) se entrelazan con la imperativa necesidad de abrazar la sostenibilidad, este libro se erige como un faro de inspiración y orientación. Dividido en dos secciones interdependientes, nuestra travesía educativa comienza explorando las sinergias dinámicas entre la educación STEM y la evolución hacia un futuro sostenible.

La primera sección de este volumen nos transporta a los corredores del aprendizaje STEM, donde la curiosidad se convierte en combustible y la resolución de problemas en el cimiento. A través de experiencias educativas vanguardistas y enfoques pedagógicos innovadores, desentrañaremos cómo la educación STEM no solo nutre las mentes jóvenes con habilidades técnicas, sino que también fomenta un pensamiento crítico y una mentalidad innovadora necesarios para afrontar los desafíos del siglo XXI.

En la segunda sección, el foco se desplaza hacia la sostenibilidad, donde la urgencia de actuar en armonía con nuestro planeta se hace cada vez más evidente. Este segmento nos invita a reflexionar sobre cómo la educación puede convertirse en el motor del cambio sostenible, vinculando cada principio STEM con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas. A través de casos de estudio inspiradores, examinaremos cómo la adopción de una mentalidad sostenible no solo enriquece la educación, sino que también allana el camino hacia un futuro donde la armonía entre la humanidad y el entorno es un objetivo alcanzable.

El hilo conductor de todo este libro es el compromiso con la mejora continua de la educación y la contribución activa a la realización de los ODS. Cada página es una invitación a repensar la educación como un catalizador para el cambio positivo, donde la sinergia entre STEM y sostenibilidad se convierte en el camino hacia un mundo más equitativo, justo y sostenible. A medida que nos sumergimos en las próximas páginas, recordemos que el poder transformador de la educación radica en nuestras manos, y juntos podemos trazar el camino hacia un futuro mejor.

María Díez Ojeda
Sergio Martínez Juste
Radu Bogdan Toma
María Eugenia Dies Álvarez
Alejandra Ramírez Segado
Rocío Jiménez Fontana
Esther García González

SECCIÓN I
EDUCACIÓN STEM

LA ARQUITECTURA COMO CONTEXTO DIDÁCTICO: EXPLORANDO LOS FENÓMENOS NATURALES A TRAVÉS DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

GASTÓN SANGLIER CONTRERAS
Universidad San Pablo – CEU

1. INTRODUCCIÓN

Durante siglos, la arquitectura ha sido una manifestación tangible del ingenio humano y una disciplina que combina arte, ciencia y tecnología. Desde las antiguas pirámides egipcias hasta los rascacielos modernos, los edificios han sido testigos de la evolución de la sociedad y reflejan las habilidades y conocimientos de las civilizaciones que los construyeron. Sin embargo, más allá de su apariencia estética y funcionalidad, la arquitectura también puede desempeñar un papel crucial en la enseñanza y comprensión de las ciencias experimentales.

La relación entre la arquitectura y las ciencias experimentales ha sido reconocida desde hace mucho tiempo. Durante el Renacimiento, figuras como Leonardo da Vinci exploraron los principios científicos del equilibrio, la resistencia de materiales y la geometría aplicados a la arquitectura. Sus estudios y diseños revolucionaron la forma en que se concebían y construían los edificios, sentando las bases de la arquitectura moderna.

A medida que la ciencia y la tecnología avanzaron, la arquitectura se convirtió en un campo multidisciplinario en el que se incorporaron conceptos científicos y técnicos. La aplicación de principios físicos, químicos y biológicos en el diseño y la construcción de edificios se hizo cada vez más evidente (Sawada et al., 2002). La física, por ejemplo, juega un papel crucial en la determinación de las cargas estructurales y la distribución de fuerzas en los edificios. La química se utiliza para

desarrollar materiales de construcción resistentes y duraderos, mientras que la biología influye en el diseño de espacios sostenibles y amigables con el medio ambiente.

En los últimos años, se ha reconocido el potencial de la arquitectura como contexto didáctico para la enseñanza de las ciencias experimentales. La combinación de la práctica arquitectónica y el aprendizaje científico ofrece a los estudiantes una oportunidad única para explorar y comprender los fenómenos naturales de manera práctica y significativa (Pedaste et al., 2015). Al utilizar la arquitectura como punto de partida, los estudiantes pueden aplicar conceptos científicos en situaciones reales y tangibles, despertando así su curiosidad y fomentando su participación activa en el proceso de aprendizaje.

En este contexto, el presente trabajo se adentra en la exploración de cómo la arquitectura puede servir como contexto didáctico para enseñar las ciencias experimentales. Se presentarán estrategias y herramientas pedagógicas específicas que permiten a los estudiantes comprender y analizar los fenómenos naturales implicados en el diseño y la construcción de edificios. A través de un enfoque interdisciplinario y práctico, se busca promover el aprendizaje significativo y cultivar el pensamiento científico entre los estudiantes.

La arquitectura como contexto didáctico proporciona un marco enriquecedor para explorar los fenómenos naturales a través de las ciencias experimentales. Este trabajo busca explorar las posibilidades y beneficios de integrar la arquitectura en la enseñanza, brindando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más completa y conectada con el mundo que les rodea.

La enseñanza de las ciencias experimentales desempeña un papel fundamental en el desarrollo del pensamiento científico y la comprensión de los fenómenos naturales por parte de los estudiantes. Sin embargo, a menudo resulta desafiante para los docentes encontrar enfoques didácticos que permitan a los estudiantes relacionar los conceptos científicos con situaciones de la vida real. En este sentido, la arquitectura ofrece un contexto didáctico enriquecedor y tangible que puede facilitar la

comprensión de los fenómenos naturales y promover el aprendizaje significativo (Brown et al., 1989).

La arquitectura abarca la planificación, el diseño y la construcción de edificios, y se basa en principios científicos y técnicos para lograr estructuras estables y funcionales. Al utilizar la arquitectura como marco de enseñanza, los estudiantes pueden explorar y comprender los fenómenos naturales involucrados en la creación de espacios habitables y sostenibles (Lave y Wenger, 1991; Pedaste et al., 2015). Esta integración permite una conexión directa entre la teoría científica y su aplicación práctica, lo que fomenta la motivación y el interés de los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias experimentales.

Como señala Woodbury (2010, p.23), "la arquitectura es una actividad compleja y multidisciplinaria que se apoya en principios científicos, matemáticos y tecnológicos". Al involucrar a los estudiantes en proyectos arquitectónicos, se les brinda la oportunidad de aplicar conocimientos y habilidades en áreas como la física, la química y la biología, entre otras (Bybee, 2014; PBLWorks, 2021; Sawada et al., 2002). De esta manera, se promueve un enfoque holístico que integra diferentes disciplinas científicas, permitiendo a los estudiantes comprender la interrelación y la aplicabilidad de los conceptos científicos en el mundo real.

La utilización de la arquitectura como contexto didáctico no solo proporciona una experiencia práctica y tangible, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades y competencias clave en los estudiantes. Según Zeiger (2016, p.45), "*la enseñanza de la ciencia a través de la arquitectura puede ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas, creatividad, colaboración y comunicación*". Estas habilidades son esenciales para el desarrollo integral de los estudiantes y para su futura participación en una sociedad basada en el conocimiento.

Algunas estrategias didácticas específicas que se pueden emplear en la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura incluyen la realización de experimentos prácticos relacionados con la eficiencia energética de los edificios, la construcción de maquetas para comprender los principios de estabilidad estructural y la investigación

de materiales sostenibles para su uso en la construcción (Hmelo-Silver, 2004; Louca y Zacharia, 2012). Estas actividades permiten a los estudiantes experimentar y observar directamente los fenómenos naturales, lo que facilita la comprensión de los conceptos científicos subyacentes.

Según Kieran Egan, profesor de Educación de la Universidad Simon Fraser en Canadá, "el aprendizaje significativo ocurre cuando los estudiantes pueden relacionar los nuevos conocimientos con su experiencia previa y encontrar un significado personal en lo que están aprendiendo" (Egan, 2002, p. 67). Al utilizar la arquitectura como contexto didáctico, se proporciona a los estudiantes la oportunidad de conectar los conceptos científicos con el mundo real y tangible de los edificios que los rodean. Esta conexión con la realidad y la relevancia personal promueve la motivación y el interés de los estudiantes, facilitando así el aprendizaje significativo (Zimmerman, 2000; Renkl et al., 2002).

El objetivo de esta ponencia es presentar y discutir estrategias didácticas específicas que permitan la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura. Se busca proporcionar a los docentes herramientas prácticas y enfoques pedagógicos innovadores que faciliten la comprensión de los fenómenos naturales y promuevan el pensamiento científico en los estudiantes. Al ofrecer un enfoque novedoso y relevante, se espera despertar la curiosidad y la creatividad de los estudiantes, promoviendo así su participación activa en el proceso de aprendizaje.

A modo de resumen, la integración de la arquitectura como contexto didáctico en la enseñanza de las ciencias experimentales ofrece numerosos beneficios para los estudiantes. Mediante el uso de estrategias didácticas específicas, los docentes pueden promover el aprendizaje significativo, la comprensión de los fenómenos naturales y el desarrollo de habilidades científicas clave. Al utilizar la arquitectura como un recurso pedagógico, se brinda a los estudiantes una oportunidad única de explorar y relacionar los conceptos científicos con el mundo real y tangible de los edificios.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo o estudio se centran en presentar estrategias didácticas específicas para la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura, proporcionando a los docentes herramientas prácticas para mejorar la comprensión de los fenómenos naturales y promover el pensamiento científico en los estudiantes. Se presentan los siguientes objetivos:

- Presentar y discutir estrategias didácticas específicas que permitan la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura.
- Proporcionar herramientas prácticas y enfoques pedagógicos innovadores a los docentes para facilitar la comprensión de los fenómenos naturales y promover el pensamiento científico en los estudiantes (Magnusson et al., 1999).
- Analizar y recopilar ejemplos de buenas prácticas y estrategias didácticas empleadas en estudios previos que integren la arquitectura como contexto didáctico.
- Identificar las didácticas específicas más efectivas para la comprensión de los fenómenos naturales a través de la arquitectura, basándose en una revisión exhaustiva de la literatura científica.
- Promover el aprendizaje significativo al relacionar los conceptos científicos con el mundo real y tangible de los edificios, utilizando la arquitectura como marco de enseñanza (Tsai, 2007).
- Facilitar la planificación de actividades y proyectos educativos que integren la arquitectura como recurso pedagógico, con el objetivo de desarrollar habilidades científicas y promover el pensamiento crítico en los estudiantes.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en esta investigación se basó en una revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con la enseñanza de las ciencias experimentales y la integración de la arquitectura como contexto didáctico. El objetivo principal fue identificar estrategias didácticas específicas que permitan la comprensión de los fenómenos naturales a través de la arquitectura y promuevan el aprendizaje significativo en los estudiantes.

El proceso metodológico se dividió en varias etapas, comenzando con la recopilación de la literatura científica pertinente. Se llevaron a cabo búsquedas en bases de datos académicas y motores de búsqueda en línea utilizando términos relacionados con la enseñanza de las ciencias experimentales, la arquitectura y la integración de ambos campos. Se incluyeron artículos, libros y estudios previos que abordaban la temática específica de utilizar la arquitectura como contexto didáctico en la enseñanza de las ciencias (Furtak et al., 2012).

Una vez recopilada la literatura, se procedió a realizar una revisión exhaustiva de los documentos seleccionados. Se analizaron en detalle los enfoques metodológicos utilizados en los estudios anteriores, las estrategias didácticas implementadas y los resultados obtenidos. Esto permitió identificar las tendencias y las prácticas más efectivas en la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura.

Se prestaron especial atención a los casos de estudio y ejemplos de buenas prácticas que demostraron resultados positivos en términos de comprensión de fenómenos naturales y promoción del aprendizaje significativo. Se extrajeron los aspectos clave de estas experiencias exitosas y se analizaron en relación con los objetivos de la investigación (Falk y Dierking, 2016).

A partir de este análisis, se identificaron las estrategias didácticas específicas más efectivas para la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura. Estas estrategias incluyeron actividades prácticas, experimentos, proyectos de diseño y construcción, visitas a edificios y maquetas, entre otros. Cada estrategia se evaluó en términos

de su aplicabilidad, eficacia y capacidad para promover la comprensión de los fenómenos naturales.

Además de la revisión de la literatura, se llevaron a cabo entrevistas y encuestas a docentes y estudiantes que habían participado en experiencias educativas que utilizaban la arquitectura como contexto didáctico. Estas entrevistas proporcionaron información cualitativa adicional sobre los beneficios y desafíos percibidos en la implementación de estas estrategias (Kuhn, 2007).

Se realizó un estudio de diseño de herramientas y enfoques pedagógicos. Con base en las estrategias didácticas identificadas, se diseñaron herramientas prácticas y enfoques pedagógicos innovadores que permitieran a los docentes enseñar las ciencias experimentales utilizando la arquitectura como contexto didáctico (Newsome y Lederman, 2004). Estas herramientas y enfoques se elaboraron teniendo en cuenta los objetivos del estudio y la necesidad de promover el aprendizaje significativo y el pensamiento científico.

En el estudio sobre la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura, se emplearon diversas herramientas y enfoques pedagógicos para facilitar la comprensión de los fenómenos naturales. Estas herramientas y enfoques fueron seleccionados con base en la revisión de la literatura científica y los estudios previos relacionados con la integración de la arquitectura como contexto didáctico. A continuación, se describen algunas de las herramientas y enfoques utilizados:

- Experimentos prácticos: Se realizaron experimentos prácticos relacionados con los principios científicos aplicados en el diseño y la construcción de edificios. Estos experimentos permitieron a los estudiantes explorar y observar directamente los fenómenos naturales involucrados, como la transferencia de calor, la resistencia de materiales o la eficiencia energética. Los experimentos prácticos brindaron una experiencia tangible y concreta, promoviendo el aprendizaje significativo al relacionar los conceptos científicos con situaciones reales.

- Creación de maquetas: Se fomentó la creación de maquetas de edificios para comprender los principios de estabilidad

estructural y diseño arquitectónico. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de diseñar y construir maquetas utilizando materiales diversos, lo que les permitió experimentar con diferentes formas, estructuras y materiales de construcción. Esta actividad práctica facilitó la comprensión de los conceptos científicos y promovió el pensamiento creativo y el desarrollo de habilidades espaciales.

- Uso de simulaciones virtuales: Se emplearon simulaciones virtuales para explorar fenómenos científicos relacionados con la arquitectura, como la distribución de fuerzas en estructuras o el comportamiento térmico de los edificios. Las simulaciones virtuales proporcionaron un entorno interactivo en el cual los estudiantes podían manipular variables y observar los resultados en tiempo real. Esta herramienta permitió un aprendizaje autónomo y la visualización de conceptos abstractos de manera más concreta.

Visitas a edificios emblemáticos: Se organizaron visitas a edificios emblemáticos, como museos, centros culturales o edificios sostenibles, para que los estudiantes pudieran observar y analizar directamente las características arquitectónicas y los principios científicos aplicados en su diseño. Estas visitas proporcionaron un contexto real y concreto, permitiendo a los estudiantes relacionar los conceptos científicos aprendidos en el aula con situaciones reales.

Una vez recopilada toda la información relevante, se procedió a organizarla y analizarla de manera sistemática. Se identificaron patrones, tendencias y conclusiones clave que emergieron de los datos recopilados. Estas conclusiones se utilizaron para respaldar los argumentos y las recomendaciones presentadas en el capítulo de libro.

Es importante destacar que, si bien se ha realizado una revisión exhaustiva de la literatura científica, esta metodología tiene algunas limitaciones. La investigación se basa en la información disponible hasta septiembre de 2022, por lo que puede haber estudios más recientes que no se hayan tenido en cuenta. Además, la generalización de los resultados debe ser interpretada con precaución, ya que la efectividad de las

estrategias didácticas puede variar según el contexto educativo y los recursos disponibles.

***TABLA** 1. Diferentes etapas de la metodología utilizada en el estudio realizado.*

ETAPAS:	METODOLOGÍA:
Etapa-1	Revisión literatura científica
Etapa-2	Análisis ejemplos buenas prácticas
Etapa-3	Identificación estrategias didácticas específicas
Etapa-4	Diseño herramientas y enfoques pedagógicos
Etapa-5	Evaluación y Validación estrategias didácticas
Etapa-6	Análisis de resultados

Fuente: elaboración propia

Resumiendo, la metodología utilizada en este estudio se basó en una revisión exhaustiva de la literatura científica, el análisis de ejemplos de buenas prácticas, la identificación de estrategias didácticas específicas, el diseño de herramientas y enfoques pedagógicos, la evaluación de las estrategias propuestas y el análisis de los resultados obtenidos. Esta metodología permitió cumplir con los objetivos del estudio y proporcionar a los docentes herramientas prácticas y enfoques pedagógicos innovadores para enseñar las ciencias experimentales a través de la arquitectura.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de este trabajo revelaron que la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura es una estrategia efectiva para promover la comprensión de los fenómenos naturales en los estudiantes. Las estrategias didácticas específicas identificadas y desarrolladas en este estudio demostraron ser herramientas prácticas y efectivas para los docentes, facilitando la integración de la arquitectura como contexto de enseñanza en el aula.

Mediante la utilización de la arquitectura como un recurso pedagógico, los estudiantes lograron una mayor conexión con los conceptos científicos al poder relacionarlos directamente con el mundo real y tangible de los edificios (Sinatra y Pintrich, 2003). Esto generó un aumento significativo en el interés y la motivación de los estudiantes por las ciencias

experimentales, ya que pudieron visualizar la aplicación práctica de los principios científicos en el diseño y la construcción de edificios.

Las estrategias didácticas específicas implementadas en este estudio incluyeron la realización de experimentos prácticos relacionados con la eficiencia energética de los edificios, la creación de maquetas para comprender los principios de estabilidad estructural y la investigación de materiales sostenibles para su uso en la construcción (UNESCO, 2017). Estas actividades permitieron a los estudiantes experimentar directamente los fenómenos naturales y observar cómo se manifestaban en el contexto arquitectónico.

Los resultados de la evaluación de las estrategias didácticas fueron alentadores. Se observó un aumento significativo en la comprensión de los fenómenos naturales por parte de los estudiantes, así como un mayor desarrollo de habilidades científicas y de pensamiento crítico. Además, se registró un mayor nivel de participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, lo que evidenció el impacto positivo de la integración de la arquitectura como contexto didáctico.

Además, los estudiantes manifestaron una mayor conciencia y aprecio por la sostenibilidad y la importancia del cuidado del medio ambiente a través de su participación en actividades relacionadas con la eficiencia energética y el uso de materiales sostenibles en la construcción de edificios. Esto refleja el impacto positivo de la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura en la formación de futuros ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad y la preservación del entorno natural.

Los resultados obtenidos de este trabajo, a modo de resumen, demostraron que la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura es una estrategia efectiva y enriquecedora. Las estrategias didácticas específicas identificadas proporcionaron a los docentes herramientas prácticas para mejorar la comprensión de los fenómenos naturales y promover el pensamiento científico en los estudiantes. Al utilizar la arquitectura como contexto didáctico, se logró despertar el interés y la motivación de los estudiantes, fomentar su participación activa y cultivar su conciencia sobre la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente.

5. DISCUSIÓN

La enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura como contexto didáctico presenta un enfoque brillante e innovador que tiene el potencial de transformar la forma en que los estudiantes comprenden y se relacionan con los fenómenos naturales. Esta estrategia combina la teoría científica con la práctica tangible de la arquitectura, permitiendo a los estudiantes explorar y experimentar directamente los principios científicos en acción.

Una de las principales fortalezas de este enfoque es su capacidad para fomentar el aprendizaje significativo. Al relacionar los conceptos científicos con situaciones reales y concretas, los estudiantes pueden ver la relevancia y la aplicabilidad de lo que están aprendiendo. Esta conexión con el mundo real despierta su curiosidad y los motiva a profundizar en los fundamentos científicos que subyacen en el diseño y la construcción de edificios. A través de la arquitectura, los estudiantes pueden experimentar directamente los fenómenos naturales, observar sus efectos y comprender cómo se aplican los principios científicos en el mundo construido.

Otra ventaja de este enfoque es su capacidad para promover la integración de diferentes disciplinas científicas. La arquitectura es un campo multidisciplinario que se basa en principios científicos, matemáticos y tecnológicos. Al utilizarla como contexto didáctico, los estudiantes tienen la oportunidad de ver cómo diferentes áreas de la ciencia convergen y se aplican en la creación de estructuras arquitectónicas. Por ejemplo, pueden explorar cómo la física influye en la estabilidad estructural, cómo la química se relaciona con los materiales de construcción o cómo la biología influye en la planificación de espacios habitables y sostenibles. Esta integración fortalece la comprensión holística de los fenómenos naturales y fomenta una visión interdisciplinaria de la ciencia.

Además, la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura estimula habilidades y competencias esenciales para el siglo XXI. Los estudiantes desarrollan habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas, creatividad, colaboración y comunicación mientras se enfrentan a los desafíos del diseño y la construcción de edificios. A medida que trabajan en proyectos arquitectónicos, deben

tomar decisiones informadas basadas en el razonamiento científico, buscar soluciones innovadoras y comunicar sus ideas de manera efectiva. Estas habilidades son transferibles a otros contextos y son fundamentales para el éxito en el mundo actual y futuro.

Este enfoque también tiene el potencial de fomentar una mentalidad orientada hacia la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. La arquitectura sostenible es una preocupación cada vez más importante en la sociedad actual, y los estudiantes pueden explorar cómo la ciencia y la tecnología pueden contribuir a la creación de edificios más eficientes y respetuosos con el medio ambiente (Vygotsky, 1978). Al comprender los principios de la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles y el diseño bioclimático, los estudiantes se convierten en agentes de cambio que pueden promover la sostenibilidad en sus comunidades.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación exitosa de este enfoque requiere un enfoque pedagógico cuidadoso y una capacitación adecuada para los docentes. La integración de la arquitectura como contexto didáctico implica una planificación y una estructuración adecuadas de las actividades educativas (Osborne y Dillon, 2008). Los docentes deben ser facilitadores del aprendizaje, brindando orientación y apoyo a los estudiantes mientras exploran y experimentan. Además, se necesita acceso a recursos y materiales que permitan la realización de actividades prácticas, como maquetas, herramientas de medición y equipos de laboratorio.

A modo de conclusión, la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura presenta un enfoque brillante e innovador que tiene el potencial de transformar la forma en que los estudiantes aprenden y comprenden los fenómenos naturales. Al proporcionar un contexto didáctico tangible y relevante, este enfoque promueve el aprendizaje significativo, la integración de disciplinas científicas, el desarrollo de habilidades clave y una mentalidad orientada hacia la sostenibilidad. Sin embargo, se requiere una implementación cuidadosa y una capacitación adecuada para los docentes para aprovechar al máximo este enfoque y maximizar su impacto en la educación científica.

6. CONCLUSIONES

La enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura como contexto didáctico ofrece una perspectiva innovadora y enriquecedora para los estudiantes. Este enfoque ha demostrado ser efectivo para promover la comprensión de los fenómenos naturales, fomentar el aprendizaje significativo y desarrollar habilidades científicas clave.

Al utilizar la arquitectura como marco de enseñanza, los estudiantes pueden relacionar directamente los conceptos científicos con situaciones reales y tangibles, lo que despierta su interés y motivación por las ciencias experimentales. La conexión entre la teoría científica y su aplicación práctica en el diseño y la construcción de edificios permite un aprendizaje más significativo, ya que los estudiantes pueden experimentar y observar directamente los fenómenos naturales en acción.

Las estrategias didácticas específicas identificadas en este estudio, como la realización de experimentos prácticos y la construcción de maquetas, han demostrado ser efectivas para mejorar la comprensión de los fenómenos naturales. Estas actividades permiten a los estudiantes explorar y aplicar los principios científicos en el contexto de la arquitectura, lo que promueve el desarrollo de habilidades científicas, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

La integración de diferentes disciplinas científicas en la enseñanza de la arquitectura proporciona a los estudiantes una visión holística de los fenómenos naturales. Pueden comprender cómo la física, la química y la biología, entre otras disciplinas, se entrelazan y se aplican en el diseño y la construcción de edificios. Esta integración fomenta un enfoque interdisciplinario y fortalece la comprensión global de los conceptos científicos.

Además, la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura promueve una mentalidad orientada hacia la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. Los estudiantes pueden explorar la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles y el diseño bioclimático en la arquitectura, lo que los capacita para ser agentes de cambio en la búsqueda de soluciones más sostenibles en el campo de la construcción.

Es importante destacar que la implementación exitosa de este enfoque requiere una planificación cuidadosa, recursos adecuados y una capacitación adecuada para los docentes. Los educadores desempeñan un papel fundamental al facilitar el aprendizaje de los estudiantes y brindarles el apoyo necesario para explorar y experimentar en el contexto de la arquitectura.

Como remate, la enseñanza de las ciencias experimentales a través de la arquitectura proporciona una experiencia enriquecedora y significativa para los estudiantes. Este enfoque promueve el aprendizaje activo, la comprensión de los fenómenos naturales y el desarrollo de habilidades científicas clave. Al utilizar la arquitectura como contexto didáctico, se puede despertar la curiosidad y la creatividad de los estudiantes, promoviendo su participación activa en el proceso de aprendizaje y cultivando su compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. La integración de estrategias didácticas específicas basadas en la arquitectura ofrece a los docentes herramientas prácticas para diseñar actividades y proyectos educativos que aprovechen al máximo el potencial de este enfoque innovador.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Al Departamento de Arquitectura y Diseño de la Escuela Politécnica Superior y a mi Grupo de Investigación GIMIDyL por su apoyo en la elaboración del presente estudio.

8. REFERENCIAS

Brown, J. S., Collins, A. y Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. Educational Researcher, 18(1), 32-42.

Bybee, R. W. (2014). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA press.

Egan, K. (2002). Getting it wrong from the beginning: Our progressivist inheritance from Herbert Spencer, John Dewey, and Jean Piaget. Yale University Press.

Falk, J. H. y Dierking, L. D. (2016). The museum experience. Routledge.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. y Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. Review of Educational Research, 82(3), 300-329.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? Educational Psychology Review, 16(3), 235-266.

Kuhn, D. (2007). Is direct instruction an answer to the right question? Educational Psychologist, 42(2), 109-113.

Lave, J. y Wenger, E. (1991). Situated learning: Legitimate peripheral participation. Cambridge University Press.

Louca, L. y Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: Cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. Educational Review, 64(4), 471-492.

Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess

Newsome, N. G. y Lederman, E. (2004), Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education (pp. 95-132). Springer.

Osborne, J. y Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. Nuffield Foundation.

PBLWorks. (2021). What is project-based learning (PBL)? Retrieved from https://www.pblworks.org/what-is-pbl

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. d., van Riesen, S. A., Kamp, E. T. y Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. Educational Research Review, 14, 47-61.

Renkl, A., Atkinson, R. K., Maier, U. H. y Staley, R. (2002). From example study to problem solving: Smooth transitions help learning. Journal of Experimental Education, 70(4), 293-315.

Sawada, D., Piburn, M., Judson, E., Turley, J., Falconer, K., Benford, R. y Bloom, I. (2002). Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The reformed teaching observation protocol. School Science and Mathematics, 102(6), 245-253.

Sinatra, G. M. y Pintrich, P. R. (2003). Intentional conceptual change. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Tsai, C. C. (2007). Self-efficacy in Internet-based learning environments: A literature review. Educational Technology & Society, 10(4), 49-61.

UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. Retrieved from https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Woodbury, R. (2010). Elements of architectural intelligence: Percei-ving and reacting to the environment. Routledge.

Zeiger, M. (2016). Architecture and science: The digital technology revolution. Architectural Design, 86(2), 44-51. doi: 10.1002/ad.2044

Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. Contemporary Educational Psychology, 25(1), 82-91.

AUTOPERCEPCIÓN DEL DOCENTE ESPAÑOL SOBRE LA POSIBLE INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN EL AULA MEDIANTE UN CUESTIONARIO TPACK

FABIO SAZ-PÉREZ
Conselleria d'Educació i Universitats
Govern de les Illes Balears
Programa de Doctorado de Tecnología Educativa
Universitat de les Illes Balears

BARTOLOMÉ PIZÀ-MIR
i-DEA. Investigación Didáctica y Estudios Curriculares Avanzados

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la incorporación de diversas tecnologías digitales en entornos educativos ha experimentado un cambio significativo en las últimas décadas, resaltando la imperativa importancia de enfocarse en la formación continua de los educadores para garantizar una implementación efectiva en los centros de enseñanza (Harris et al., 2009; Sevillano y Fuero, 2013).

En la actualidad, la llegada de herramientas de inteligencia artificial generativa, como ChatGPT (para texto) o Dall-E (para imágenes), ha provocado un impacto notable en el ámbito educativo. Las primeras percepciones se centran en las posibilidades y el potencial de estas herramientas (García-Peñalvo, 2023; Saz-Pérez y Pizà-Mir, 2024).

A pesar de ello, se ha constatado que muchos docentes carecen de la preparación necesaria para aprovechar al máximo las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en su labor educativa (Chai et al., 2010; Torres-Díaz e Infante-Moro, 2011). Además, muestran escaso interés y participación en proyectos de investigación educativa (Pizà-Mir et al., 2023), especialmente en el caso de tecnologías de

inteligencia artificial generativa, cuya expansión significativa se inició con el lanzamiento de ChatGPT el 30 de noviembre de 2022. La irrupción de la web 3.0 y el uso creciente de tecnología multimedia han transformado los entornos de aprendizaje, brindando más oportunidades para la adquisición de conocimientos (Rebollo-Catalán y Vico-Bosch, 2014).

La integración efectiva de las TIC en contextos educativos ha enfrentado desafíos tanto en su implementación en las aulas como en la preparación y rendimiento de los profesionales de la educación, así como en la evaluación del impacto de su uso en los procesos de enseñanza-aprendizaje (Pérez-Rodríguez et al., 2010), debido a la fragilidad pedagógica presente en muchos casos (De Benito et al., 2017).

A pesar del aumento de recursos y la medición de la utilización de la tecnología, la formación continua de los docentes ha sido subestimada en las políticas educativas (Fernández-Díaz y Calvo, 2012). Esta problemática se agrava en el ámbito universitario, donde la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje es bastante limitada (Marcelo et al., 2015). La brecha entre la promoción tecnológica y el desempeño docente plantea desafíos cruciales en la enseñanza superior (Cabero y Barroso, 2016; Sola et al., 2017; Suárez et al., 2013; Valdivieso y González, 2016; Mercader y Gaidín, 2020; García-Peñalvo, 2023).

Dado el carácter novedoso de las tecnologías de inteligencia artificial generativa, tanto la formación inicial como la continua de los profesionales de la educación, independientemente de su etapa educativa, aún no han logrado incorporar cursos específicos ni incluir estas tecnologías en los planes de estudio de los programas de formación docente para etapas de secundaria obligatoria o postobligatoria.

El modelo de Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK), propuesto por Mishra y Koehler (2006, 2008), se basa en la idea de Shculman (1986; 1987) sobre el conocimiento didáctico del contenido (PCK) y se fortalece en 2008 con la integración de las TIC en otros saberes (Borthwick et al., 2008), aunque hay estudios previos como el de Grossman (1990), De Vicente (1994), Pierson (2001) o de

Angeli y Paladines (2005). Este modelo resalta la interrelación e interacción de componentes pedagógicos, disciplinarios y tecnológicos en contextos educativos, subrayando la necesidad de comprender su integración en lugar de abordarlos de manera independiente (Cabero, 2014; Cabero y Barroso, 2016). Existen diversos cuestionarios TPACK adaptados a diferentes materias y situaciones (Alemán-Saravia et al., 2023; Paidicán y Arredondo, 2023; Ladrón-de-Guevara et al., 2021) pero el que mejor se adapta a la necesidad del estudio de la inteligencia artificial generativa es el de Saz-Pérez et al. (2024) ya que muestran una consistencia interna alta, con dimensiones que varían entre (0.882; CK+PK+PCK) y (0.964; TCK+TPK+TPACK), lo que señala una estrecha relación entre los elementos de las dimensiones y cada uno de los ítems de forma individual (Henson, 2001).

La formación y capacitación de docentes en el uso de estas tecnologías, especialmente las generativas, requiere abordar tres componentes fundamentales del conocimiento: tecnológico, pedagógico y disciplinario (Cózar, Zagalaz y Sáez, 2015). La autoeficacia percibida, que se refiere a la valoración personal de las propias habilidades para alcanzar metas, desempeña un papel crucial en la motivación de los individuos, impulsándolos a esforzarse y perseverar ante los desafíos (Bandura, 1987; López et al., 2014). En el contexto de las TIC, la autoeficacia computacional se refiere al juicio subjetivo de una persona sobre sus habilidades informáticas y computacionales (Durán-García y Durán-Aponte, 2013).

En este sentido, es esencial comprender las limitaciones y la autopercepción del profesorado en cuanto a su formación y el potencial uso de estas tecnologías para establecer directrices y abordar la adaptación de docentes y demás integrantes de la comunidad educativa. Por tanto, este trabajo se propone explorar la autopercepción de los agentes educativos (docentes y docentes en formación) encargados de transmitir y evaluar la integración de estas herramientas en la rutina diaria del aula, con el fin de contribuir a la mejora continua de la formación docente.

2. METODOLOGÍA

El cuestionario está constituido por 28 ítems (afirmaciones) repartidos en 7 dimensiones de conocimientos, cuya respuesta era medida con una escala tipo Likert de 1 a 5, siendo 1 muy en desacuerdo y 5 muy de acuerdo.

El análisis de los datos fue descriptivo mediante medidas de dispersión y centralización usando el software Jamovi v2.3 (The Jamovi Project, 2022).

En la tabla 1 se indica el número de ítems que corresponden a cada dimensión, y en la tabla 2 se exponen el enunciado de cada uno de ellos. Fue testeado con una N=175, de los cuales 24,2 % fueron hombres y el 75,7 % mujeres.

***TABLA 1**. Dimensiones e ítems del cuestionario*

Dimensión	Ítems
Conocimiento Pedagógico (PK)	6
Conocimiento Tecnológico (TK)	7
Conocimiento de Contenido (CK)	2
Interacción entre el Conocimiento Pedagógico y de Contenido (PCK)	1
Interacción entre el Conocimiento Tecnológico y Pedagógico (TPK)	5
Interacción entre el Conocimiento Tecnológico y de Contenido (TCK)	2
Interacción entre el Conocimiento Tecnológico Pedagógico y de Contenido (TPACK)	5

Fuente: Elaboración propia.

***TABLA 2**. Enunciados de los ítems (Saz-Pérez et al.,2024)*

1.- Conocimiento tecnológico (TK)	
TK1	Sé resolver mis problemas técnicos
TK2	Asimilo conocimientos tecnológicos fácilmente
TK3	Me mantengo al día de las nuevas tecnologías de inteligencia artificial generativa
TK4	A menudo juego y hago pruebas con la tecnología de inteligencia artificial generativa
TK5	Conozco muchas tecnologías de inteligencia artificial generativa
TK6	Tengo los conocimientos técnicos (conocimiento de los programas, diseño efectivo de prompts...) que necesito para usar la tecnología de inteligencia artificial generativa
TK7	He tenido oportunidades suficientes de trabajar con diferentes tecnologías de inteligencia artificial generativa
2.- Conocimiento del contenido (CK)	

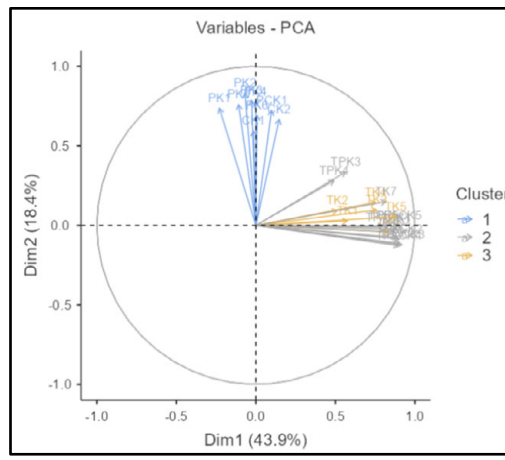
CK1	Tengo suficientes conocimientos sobre la materia (o área) o materias (o áreas) que imparto
CK2	Tengo varios métodos y estrategias para desarrollar mis conocimientos sobre la materia (o área) o materias (o áreas) que imparto
3.-Conocimiento Pedagógico (PK)	
PK1	Sé cómo evaluar el rendimiento del alumnado en clase
PK2	Sé adaptar mi docencia a lo que el alumnado entiende o no entiende en cada momento
PK3	Sé evaluar el aprendizaje del alumnado de diversas maneras diferentes
PK4	Sé utilizar una amplia variedad de enfoques docentes en mis clases
PK5	Soy consciente de los aciertos y errores más comunes del alumnado en lo referente a la comprensión de los contenidos
PK6	Sé cómo organizar y mantener la dinámica en mis clases
4.- Conocimiento pedagógico del contenido (PCK)	
PCK1	Sé utilizar una amplia variedad de enfoques docentes de manera efectiva para guiar el pensamiento y el aprendizaje de los estudiantes.
5.- Conocimiento tecnológico del contenido (TCK)	
TCK1	Conozco tecnologías de inteligencia artificial generativa que puedo usar para comprender y elaborar contenidos teóricos de mi materia
TCK2	Conozco tecnologías de inteligencia artificial generativa que puedo usar para comprender y elaborar contenidos prácticos de mi materia
6.- Conocimiento tecnológico pedagógico (TPK)	
TPK1	Sé seleccionar tecnologías de inteligencia artificial generativa que mejoran los enfoques docentes para una lección
TPK2	Sé seleccionar tecnologías de inteligencia artificial generativa que mejoran el aprendizaje del alumnado en una lección
TPK3	Mi formación como docente me ha hecho reflexionar más detenidamente sobre la forma en que la tecnología de inteligencia artificial generativa puede influir en los enfoques docentes que uso en mis clases
TPK4	Adopto un pensamiento crítico sobre la forma de utilizar la tecnología de inteligencia artificial generativa en mis clases
TPK5	Puedo adaptar el uso de tecnologías de inteligencia artificial generativa sobre las cuales estoy aprendiendo a diferentes actividades docentes
7.- Conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK)	
TPACK1	Puedo impartir lecciones que combinan adecuadamente mi materia, las tecnologías de inteligencia artificial generativa y los enfoques docentes
TPACK2	Sé seleccionar tecnologías de inteligencia artificial generativa para usar en mis clases que mejoran los contenidos que imparto, la forma de impartirlos y lo que aprende mi alumnado
TPACK3	Sé usar en mis materiales docentes estrategias que combinan contenidos, tecnologías de inteligencia artificial generativa y enfoques docentes sobre los cuales he aprendido
TPACK4	Puedo guiar y ayudar a otras personas a coordinar el uso de contenidos, tecnologías de inteligencia artificial generativa y enfoques docentes en mi centro y/o región
TPACK5	Puedo seleccionar tecnologías de inteligencia artificial generativa que mejoran el contenido de las lecciones.

Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se aprecia en la imagen 1, los ítems se distribuyen en 3 clústers, que corresponden a los factores descritos por Saz-Pérez et al. (2024) y coincidentes con los estudios de Archambault y Barnett (2010). Los tres clústers identificados corresponden a los distintos factores del cuestionario TPACK: los relacionados con los conocimientos puramente técnicos (amarillo -clúster 3-), los relacionados con el dominio del contenido y su pedagogía (azul -clúster 1-), y la interrelación y aplicabilidad de los contenidos tecnológicos con los pedagógicos (grís - clúster 2-).

***IMAGEN** 1. Ítems del cuestionario distribuidos por factores/componentes*



Fuente:

En las siguientes tablas se muestran los descriptivos estadísticos de los diferentes factores: Factor TK (tabla 3), factor CK+PK+PCK (tabla 4) y factor TCK+TPK+TPACK (tabla 5).

Si se analiza la tabla 3, la que hace referencia a los conocimientos puramente técnicos, vemos como los valores descriptivos son bastante bajos (3 o menos) en cinco de los siete elementos que componen este factor. Lo que se interpreta que los docentes no se sienten cómodos ni poseen destrezas en el manejo de las herramientas de inteligencia artificial generativa.

***TABLA 3**. Ítems del cuestionario del primer factor/componente (TK)*

	TK1	**TK2**	**TK3**	**TK4**	**TK5**	**TK6**	**TK7**
Media	3.72	3.69	3.00	2.66	2.36	2.33	2.33
Mediana	4.00	4.00	3.00	2.50	2.00	2.00	2.00
Moda	4.00	4.00	3.00	1.00	2.00	2.00	1.00
Desviación estándar	0.874	1.10	1.28	1.40	1.10	1.18	1.21
Mínimo	2	1	1	1	1	1	1
Máximo	5	5	5	5	5	5	5
25percentil	3.00	3.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00
50percentil	4.00	4.00	3.00	2.50	2.00	2.00	2.00
75percentil	4.00	4.75	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00

Fuente: Elaboración propia

En el lado contrario, si analizamos la tabla 4, vemos que todos los valores de la media son superiores a tres, siendo el más pequeño de ellos 3.74, además tanto la mediana como la moda, así como la desviación estándar sitúan las puntuaciones de estos ítems en la parte alta (dominio) de la escala Likert utilizada en el cuestionario, lo que indica que los docentes presentan una elevada autopercepción en todo aquellos aspectos didácticos y metodológicos de sus materias y asignaturas a impartir.

***TABLA 4**. Ítems del cuestionario del segundo factor/componente (CK+PK+PCK)*

	CK1	**CK2**	**PK1**	**PK2**	**PK3**	**PK4**	**PK5**	**PK6**	**PCK1**
Media	3.86	3.74	3.84	3.97	3.97	3.95	3.95	3.86	3.69
Mediana	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Moda	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Desviación estándar	01.03	0.849	0.696	0.725	0.620	0.605	0.686	0.634	0.654
Mínimo	1	1	2	1	3	3	2	3	2
Máximo	5	5	5	5	5	5	5	5	5
25percentil	4.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00
50percentil	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
75percentil	4.75	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas anteriores, existe una disparidad en los dos primeros factores, ya que se refieren a autopercepciones sobre temáticas diferentes y que no están relacionadas entre ellas. En cambio si analizamos la tabla 5, la que hace referencia a la interrelación de las competencias tecnológicas y pedagógicas, junto a las tecnológicas de un modo integrado, se ve que los ítems tienen una media inferior a tres (excepto los ítems TPK3 y TPK4), además presentan una gran desviación, por lo que los datos no se encuentran centralizados, lo que muestra una gran disparidad de observaciones. Para ello es útil recurrir a la imagen 1, el análisis de clústers, en el que se observa la cercanía tanto del clúster 2 (gris) como el clúster 3 (amarillo), lo que indica que presentan semejanzas las observaciones realizadas.

***TABLA 5**. Ítems del cuestionario del tercer factor/component (TCK+TPK+TPACK)*

	TCK1	TCK2	TPK1	TPK2	TPK3	TPK4	TPK5	TPACK1	TPACK2	TPACK3	TPACK4	TPACK5
Media	2.74	2.72	2.52	2.45	3.24	3.45	2.90	2.79	2.69	2.67	2.59	2.79
Mediana	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.50	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Desviación estándar	1.19	1.20	1.22	1.16	1.25	1.05	1.25	1.18	1.22	1.22	1.32	1.22
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Máximo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
25percentil	2.00	2.00	1.00	1.25	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00
50percentil	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.50	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
75percentil	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

Se concluye que los docentes tienen una baja autopercepción de sus habilidades tecnológicas en general, así como en aquellas competencias tecnológicas interrelacionadas con los contenidos disciplinares de sus asignaturas, mientras que se sienten capacitados para su desempeño en los aspectos curriculares en las que no interviene la tecnología de inteligencia artificial generativa.

Debido a la interrupción de estas tecnologías se hace indispensable que los docentes (las usen o no) tengan conocimientos sobre ellas, así como sus potencialiades, limitaciones y usos por parte de los alumnos, siendo la necesaria la formación docente en estos aspectos, vayan a integrar estas tecnologías o no.

6. REFERENCIAS

Alemán-Saravia, A. C., Deroncele-Acosta, A., y Robles-Mori, H. (2023). Traducción, adaptación cultural y validación del cuestionario TPACK-21 en docentes en servicio. *Revista de Ciencias Sociales,* XXIX(3), 453-469. https://acortar.link/F3tW7t

Angeli, C., y Valanides, N. (2005). Preservice elementary teachers as information and communication designers: an instructional systems design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning, (21)*, 292-302. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00135.x

Archambault, L. M. y Barnett. J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPCK framework. *Computers & Education, 55(4),* 1656-1662. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.009

Bandura, A. (1987). *Pensamiento y acción: Fundamentos sociales.* Martínez Roca.

Borthwick, A., Charles, M., Pierson, M., Thompson, A., Park, J., Searson, M., y Bull, G. (2008). Realizing technology potential through TPACK. *Learning and leading with Technology, 36(2)*, 23-26.

Cabero, J. (2014). *La formación del profesorado en TIC: Modelo TPACK*. Secretariado de Recursos audiovisuales y Nuevas Tecnologías de la Universidad de Sevilla.

Cabero, J., y Barroso, J. (2016). ICT teacher training: a view of the TPACK model / Formación del profesorado en TIC: una visión del modelo TPACK. *Cultura y Educación, 28(3)*, 633-663. http://doi.org/10.1080/11356405.2016.1203526

Chai, C. S., Koh, J. h. L., y Tsai, C. C. (2010). Facilitating preservice teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK). *Journal of Educational Technology & Society, 13(4)*, 63-73. https://acortar.link/NvLDrb

Cózar, R., Zagalaz, J., y Sáez, J. M. (2015). Creating digital curricular contents of Social Sciences for Primary Education. A TPACK experience for future teachers. *Educatio Siglo XXI, 33(3),* 147-167. http://doi.org/10.6018/j/240921

De Benito, B., Lizana, A., y Salinas, J. (2017). Using concept mapping for faculty development in the context of pedagogic frailty. *Knowledge Management & E-Learning, 9(3),* 329–347. https://doi.org/10.34105/j.kmel.2017.09.020

De Vicente, P. S. (1994). ¿Qué conocimientos necesitan los profesores? *Innovación educativa, (3)*, 11-31.

Durán-García, M. E., y Durán-Aponte, E. E. (2013). Conceptos de calor y trabajo en un foro electrónico. Efectos de la autoeficacia computacional. *Educación Química, 24(2),* 247-254. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72469-8

Fernández-Díaz, E., y Calvo, A. (2012). In-service teacher education in the innovatory use of ICT. An action research in Pre-school and Primary Education. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 16(2)*, 403-418. https://acortar.link/x0Rlkq

García-Peñalvo, F. J. (2023). La percepción de la Inteligencia Artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de ChatGPT: disrupción o pánico. *Education in the Knowledge Society (EKS), 24*, e31279. https://doi.org/10.14201/eks.31279

Grossman, P. L. (1990). The making of a teacher. Teacher knowledge and teacher education. Teachers College Press.

Harris, J., Mishra, P., y Koehler, M. (2009). Teachers' technological Pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education, 41(4),* 393-416. https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536

Henson, R.K. (2001). Understanding internal consistency reliability estimates: A conceptual primers on coefficient alpha. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development, 34(3),* 177-188. https://doi.org/10.1080/07481756.2002.12069034

Marcelo, C., Yot, C., y Mayor, C. (2015). Enseñar con tecnologías digitales en la Universidad. *Comunicar, 45,* 117-124. https://doi.org/10.3916/C45-2015-12

Mercader, C., y Gaidín, J. (2020). University teachers' perception of barriers to the use of digital technologies: the importance of the academic discipline. International *Journal of Educational Technology in higher Education, 17(4),* 1-14. https://doi.org/10.1186/s41239-020-0182-x

Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108(6),* 1017-1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Mishra, P., y Koehler, M. J. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge. Paper presented at the *Annual Meeting of the American Educational Research Association,* New York, March 1-16. (Conference Presentation).

Ladrón-de-Guevara, L., Almagro, B. J., y Cabero-Almenara, J. (2021). Cuestionario TPACK para docentes de Educación Física. *Campus Virtuales, 10(1)*, 173-183. https://acortar.link/QordLl

López, O., Sanabria, L. B., y Sanabria, M. (2014). Logro de aprendizaje en ambientes computacionales: autoeficacia, metas y estilo cognitivo. *Psicología desde el Caribe, 31(3),* 475-494. https://doi.org/10.14482/psdc.31.3.5366

Paidicán, M. Á., y Arredondo, P. (2023). Evaluación de la validez y fiabilidad del cuestionario de conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) para docentes de primaria. *Revista Innova Educación, 5(1),* 38-58. https://doi.org/10.35622/j.rie.2023.05.003

Pérez-Rodríguez, M. A., Aguaded, J. I., y Fandos, M. (2010). A properly policy and the permanent teacher's training, key in the ITC Centre impulse in Andalusia (Spain). *Estudios Pedagógicos, 35(2),* 137-154. https://https://doi.org/10.4067/S0718-07052009000200008

Pierson, M. E. (2001). Technology integration practice as a function of pedagogical expertise. *Journal of research on computing in education, 33*, 413-430. https://doi.org/10.1080/08886504.2001.10782325

Pizà-Mir, B., Moreno-Vecino, B., & Monserrat-Monserrat, M.-V. (2023). Interest of non-university teachers in educational research projects. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació, 16(2),* 1–13. https://doi.org/10.1344/reire.42438

Rebollo-Catalán, A., y Vico-Bosch, A. (2014). El apoyo social percibido como factor de inclusión digital de las mujeres de entorno rural en las redes sociales virtuales. *Comunicar, 43(22),* 173-180. https://doi.org/10.3916/C432014-17

Saz-Pérez, F., y Pizà-Mir, B. (2024). Desafiando el estado del arte en el uso de ChatGPT en educación en el año 2023. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 17(1)*, 1-13. https://doi.org/10.1344/reire.44018

Saz-Pérez, F., Pizá-Mir, B., & Lizana Carrió, A. (2024). Validación y estructura factorial de un cuestionario TPACK en el contexto de Inteligencia Artificial Generativa (IAG). *Hachetetepé. Revista científica De Educación Y Comunicación, (28),* 1101. https://doi.org/10.25267/Hachetetepe.2024.i28.1101

Sevillano, M. L., y Fuero, R. (2013). Initial ICT training for teachers: An analysis in Castilla-La Mancha. *Profesorado, 17(3),* 151-183. https://acortar.link/F2RSZD

Schulman, L. S. (1986). Those who understand knowledge growth in teaching. *Educational Research, 15(2)*, 4-14. https://acortar.link/uEeOLG

Schulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review, 57(1),* 1-23. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Sola, T., Nniya, M., Moreno, A., y Romero, J. J. (2017). Valoración del profesorado de educación secundaria de la ciudad de Tetuán sobre la formación en TIC desarrollada desde el Ministerio de Educación nacional. *Píxel-bit. Revista de Medios y Educación, (50),* 49-63. https://doi.org/10.12795/pixelbit.2017.i50.03

Suárez, J., Almerich, G., Gargallo, B., y Aliaga, F. (2013). Las competencias del profesorado en TIC: estructura básica. *Educación XXI, 16(1)*, 39-62. https://doi.org/10.5944/educxx1.16.1.716.

The Jamovi project (2022). *Jamovi. (Version 2.3)* [Computer Software]. Recuperado de https://www.jamovi.org.

Torres-díaz, J. C., e Infante-Moro, A. (2011). Digital divide in universities: Internet use in Ecuadorian universities. *Comunicar, 19(37),* 81- 88. https://doi.org/10.3916/C37-2011-02-08

Valdivieso, T., y González, M. A. (2016). Competencia digital docente: ¿dónde estamos? Perfil del docente de educación primaria y secundaria. El caso de Ecuador. *Píxel-bit. Revista de Medios y Educación, (49),* 57-73. https://doi.org/10.12795/pixelbit.2016.i49.04.

ANSIEDAD MATEMÁTICA DESPUÉS DEL COVID EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

MARÍA TERESA COSTADO DIOS
Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz

JOSÉ CARLOS PIÑERO CHARLO
Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz

MARÍA DE LA PAZ ALEGRE SALGUERO
Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

El dominio afectivo juega un papel fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Este ha empezado a cobrar importancia en la medida en que los educadores han apreciado la influencia que tiene sobre el aprendizaje escolar.

La complejidad de la investigación es uno de los problemas que encontramos a la hora de abordar el dominio afectivo en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Además, la necesidad de unos descriptores claros y precisos de dicho dominio afectivo aumenta la dificultad de su investigación (Gómez-Chacón, 2000; Gómez-Chacón, 2010). Autores como McLeod (1988) defienden la existencia de tres descriptores y define el dominio afectivo como un extenso rango de estados de ánimo que son generalmente considerados como algo diferente de la pura cognición, e incluye como componentes específicos el conjunto del sistema de creencias, las actitudes y las emociones.

Las creencias matemáticas son una componente del conocimiento subjetivo del individuo, basado en su experiencia sobre las matemáticas y su proceso de enseñanza y aprendizaje (Gil et al., 2005). El sistema de creencias forma parte de la componente cognitiva del dominio afectivo, teniendo poca intensidad, pero gran estabilidad en el tiempo.

Por el contrario, las emociones forman parte del dominio afectivo, pero poseen gran intensidad, pero poca estabilidad. Surgen como respuesta organizada a un suceso interno o externo, teniendo una carga positiva o negativa de significado según sea el caso o experiencia para el individuo (Gil et al., 2005). Como dice Orjuela et al. (2019), si el discente presenta una actitud positiva podrá aprender y desarrollar sus conocimientos y habilidades mucho mejor que si es negativa, puesto que esta negatividad haría que el estudiante no creyera en si mimo, con falta de autonomía y presentando dificultades en el proceso de aprendizaje.

En el estado intermedio de intensidad y estabilidad se encuentran las actitudes hacia las matemáticas. Esto es la predisposición del estudiante a responder de manera positiva o negativa a las matemáticas, lo que determina su intención e influye en su comportamiento ante la materia. Estas actitudes cuentan con una componente cognitiva, puesto que están influenciadas por las creencias, y una afectiva ya que también las emociones influyen en ellas.

Este trabajo se centra en uno de los principales factores afectivos que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas: la ansiedad. La ansiedad es un estado de ánimo sustentado por cualidades como miedo y terror, sentimiento de inseguridad e impotencia que un individuo puede experimentar cuando se le exige rendir en alguna materia (Hembree, 1990). La ansiedad es una emoción desagradable presente en los estudiantes sobre todo en una situación de evaluación, como puede ser un examen. Dicho factor afectivo surge al enfrentarse a asignaturas especialmente difíciles para ellos, como pueden ser las matemáticas, y se le denomina ansiedad matemática. El rechazo a las matemáticas se presenta como la eliminación de la sensación de bienestar de una persona cuando se enfrenta a una situación relacionada con ese tema, sea en la escuela o en la vida cotidiana. Son numerosas las investigaciones que se han centrado en el estudio de la ansiedad hacia esta materia, denominada ansiedad matemática (Hembree, 1990; Perry, 2004; Gresham, 2007; Sherman y Wither, 2003; Miller y Bichsel, 2004).

1.1. Ansiedad matemática

Fennema y Sherman (1976) definen la ansiedad matemática como una serie de sentimientos de ansiedad, terror, nerviosismo y síntomas físicos asociados que surgen al hacer matemáticas. Igualmente se manifiesta mediante una serie de síntomas como tensión, nervios, preocupación, inquietud, irritabilidad, impaciencia, confusión, miedo y bloqueo mental interfieren en la manipulación de números y en la resolución de problemas matemáticos en una amplia variedad de situaciones tanto cotidianas como académicas. También la ansiedad matemática describe el pánico, indefensión, parálisis y desorganización mental que surge cuando a un sujeto se le exige resolver un problema matemático.

Respecto a las causas que provocan la negación a las matemáticas, Vaca y Armas (2020) señalan que el principal problema se encuentra en el sistema educativo y en que en las aulas no se reflexiona, el educando aprende a hacer matemáticas de forma mecánica sin saber por qué, el qué ni el cómo. Los estudiantes no pueden actuar ni pensar ante una situación de presión como puede ser una actividad o examen de matemáticas. El docente es el responsable de suavizar estas situaciones de rechazo hacia la asignatura.

La ansiedad matemática es un fenómeno extremadamente común entre alumnos universitarios hoy en día (Perry, 2004). En el conjunto de estos estudiantes, junto a los problemas de técnicas de estudio o problemas emocionales, la ansiedad es de lo más habitual. Aunque la mayoría de los sujetos desarrollan la ansiedad matemática en grados anteriores al universitario, el 27% de ellos desarrollan su primera situación de estrés en matemáticas en el primer año de universidad. Perry (2004) define diferentes tipos de ansiedad matemática en alumnos universitarios: ansiedad matemática moderada y variante; ansiedad matemática que acompaña al alumno desde tiempo atrás y que comenzó como consecuencia de la actuación de algún profesor y la causada por el modo mecánico y falto de comprensión de aprender las nociones matemáticas.

En la formación del profesorado de Primaria es clave considerar esta dimensión afectiva, ya que son estudiantes a los que no les suele gustar las matemáticas y con bajas calificaciones en las mismas (Piñero y

Costado, 2020). A pesar de la importancia y trascendencia de las matemáticas en todos los ámbitos de la vida, es una disciplina que suele generar bastantes dificultades de aprendizaje, y además posee un estigma social negativo siendo considerada una asignatura difícil y complicada (Sánchez-Mendías, 2013). Este mismo autor destaca que una buena formación del profesorado es imprescindible para mejorar la calidad de la educación y el rendimiento académico de los estudiantes reduciendo el fracaso escolar.

2. OBJETIVOS

Como objetivos de nuestra investigación se proponen los siguientes:

- El aportar nuevos datos en el campo de la investigación de la educación sobre la ansiedad matemática en estudiantes universitarios y comparar nuestros resultados aquí presentados con estudios previos. Resaltar que estos resultados aquí presentados forman parte de una investigación mayor.
- También se pretende analizar las respuestas ítem por ítem al cuestionario de Fennema-Sherman sobre ansiedad matemática de alumnos futuros maestros de primaria en formación.
- Además, se pretende analizar si existen diferencias de edad, así como la ansiedad total y promedio de los individuos participantes del estudio.

Finalmente, hay que añadir que el estudio realizado ha sido después de la pandemia mundial generada por el covid. Hay que destacar el estudio de Valero et al. (2020) donde hacen una recopilación de estudios que analizan como la pandemia mundial ha afectado a la salud mental y emocional de los individuos, así como estrategias de afrontamiento de autocuidado en el aislamiento domiciliario. En el estudio realizado por Costado y Piñero (2021) concluyen que sus estudiantes encuestados han sufrido de ansiedad, desmotivación o frustración por la sobrecarga de trabajo, preocupación por su propia formación o éxito de aprendizaje, así como las mismas emociones derivadas de la situación de confinamiento. Por ello, es de esperar que los estudiantes universitarios

también se hayan visto afectados emocionalmente y quizás sus niveles de ansiedad matemática puedan verse modificados (aumento o disminución) con respecto a estudios previos a la pandemia.

3. METODOLOGÍA

En el estudio de la ansiedad matemática, como parte del dominio afectivo de un individuo, la metodología utilizada es la cuantitativa de encuesta mediante cuestionarios con ítems de elección múltiple.

3.1. Muestra

Los estudiantes participantes, en este caso sobre los primeros resultados del estudio, son 119 alumnos del curso 2021/2022, cursando el Grado de Educación Primaria de la Universidad de Cádiz.

3.2. Instrumento

El instrumento que se ha utilizado en esta investigación es el cuestionario de la Escala de Ansiedad Matemática de Fennema-Sherman (1976). La escala se ha validado desde el momento de su creación y a lo largo de sus 30 años de aplicación, y también ha sido comprobada con los datos de la presente investigación obteniendo un índice de fiabilidad de alfa de Cronbach de 0,93, el cual se considera muy aceptable.

El instrumento es un cuestionario tipo Likert, formado por un total de 12 ítems, cada uno con 5 posibilidades de respuesta: desde «totalmente en desacuerdo» a «totalmente de acuerdo», incluyendo una respuesta central o neutra correspondiente a «ni de acuerdo ni en desacuerdo». La codificación de dichas 5 posibles respuestas va del 1 al 5 pudiendo variar la puntuación total obtenida en el cuestionario entre los 12 y 60 puntos. Esta puntuación es la que se ha tomado como valor del nivel de ansiedad total hacia las matemáticas que poseen los alumnos. A los ítems formulados en negativo se les ha asignado su valor inverso para que una mayor puntuación en la escala realmente signifique mayor nivel de ansiedad.

Un peligro que existe cuando se aplican cuestionarios tipo Likert con un valor central, como es nuestro caso, donde los ítems se pueden valorar de 1 a 5, es que el valor central 3, puede tomarse como valor de "respuesta no comprometida". Para estudiar esta posibilidad se ha realizado un recuento de frecuencias de respuesta en cada uno de los ítems obteniendo que la respuesta central no ha sido elegida por los alumnos con mayor frecuencia que las demás.

Habiendo rechazado la posibilidad de que los alumnos opten por la respuesta neutra de manera discriminada y sin criterio, se ha tomado dicha respuesta como la que denota neutralidad. Entonces se ha tomado como valor neutro 36, que será utilizado como referencia para comparar los resultados obtenidos con el fin de determinar la tendencia (positiva o negativa) de la ansiedad.

3.3. Procedimiento

La aplicación del cuestionario se realizó a principios del primer cuatrimestre del curso 2021/2022, en las aulas universitarias bajo la supervisión de los docentes. Después de explicar el propósito de la investigación, la importancia de colaboración y las instrucciones para cumplimentar el cuestionario online que había sido creado para tal propósito. Dicho cuestionario online incluía un primer punto donde el alumnado daba su consentimiento para la utilización de sus datos. Se aseguró el anonimato de las respuestas, no pidiendo nombres, ni apellidos, ni correos electrónicos, así como se proporcionó tiempo suficiente para contestar todos los ítems del cuestionario. Los docentes (investigadores del artículo) estuvieron presentes en cada momento para resolver las dudas que pudieran surgir.

Para cada sujeto se han recogido los datos correspondientes a: género, edad, bachillerato (o rama) de procedencia del instituto, y cuestionario de ansiedad, creando una matriz de datos que se ha analizado con el programa Statitiscal Package for the Social Sciences (SPSS) en su versión 24.

La variable ansiedad ha sido definida por la puntuación total en el cuestionario de ansiedad matemática realizado por cada uno de los

discentes. La puntuación total se ha definido como la suma de las puntuaciones otorgadas por los sujetos a cada uno de los ítems del cuestionario, tomando valores entre 12 y 60. Esta variable identifica el nivel de ansiedad hacia las matemáticas de los sujetos, siendo mayor según el valor que registre. Igualmente, se ha estudiado la ansiedad promedio como la media aritmética de la ansiedad promedio de cada individuo, que toma valores entre 1 y 5.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grupo de estudio está constituido por 119 estudiantes (30,3% son hombres (36) y el 69,7% mujeres (83)) del Grado de Educación Primaria en la Universidad de Cádiz durante el curso 2021/2022. La mayor parte de los estudiantes provienen de un bachillerato de Ciencias Sociales (46,2%) y Humanidades (24,4%), seguidos de una procedencia de Ciencias de la Salud (11,8%). El resto han cursado otro bachilleratos o cursos/grado superior para acceder a la universidad (17,6%). La edad de los participantes está comprendida entre los 19 y 25 años, siendo la media de 20,65 y en porcentajes la distribución queda: 30,3% (19 años), 29,4% (20 años), 13,4% (21 años), 12,6% (22 años) y 14,2% (23, 24 y 25 años).

En la Tabla 1 se muestran la media (MD) y desviación típica (SD) para cada uno de los 12 ítems que componen el cuestionario, la ansiedad total (suma – que toma valores entre 12 y 60) y la ansiedad promedio (media aritmética – alcanza valores entre 1 y 5). Para esta última Pérez-Tyteca (2012) ha definido el nivel de ansiedad de los sujetos desde que no presenta ansiedad (valor 1) hasta nivel muy alto (valor 5) con escalas intermedias de nivel bajo (2), medio (3) y alto (4). Los 12 ítems del cuestionario se pueden agrupar en tres categorías según Pérez-Tyteca (2012): ansiedad global hacia las matemáticas (CAT1), ansiedad hacia la resolución de problemas (CAT2) y ansiedad hacia los exámenes (CAT3). Dichas categorías también han sido incluidas en la Tabla 1 con sus valores medios y desviación estándar.

TABLA 1. Ítems que forman el cuestionario de ansiedad, procedentes de la escala de ansiedad de Fennema y Sherman (1976). Para cada ítem se muestra la media (MD) y su desviación típica (SD). También se detalla la ansiedad total, la ansiedad promedio y las tres categorías de Pérez-Tyteca (2012)

ITEM (categoría)	M	SD
1. No le tengo ningún miedo a las matemáticas (CAT1)	3,05	1,07
2. No me importaría nada hacer más cursos de matemáticas (CAT2)	2,94	1,21
3. Normalmente no me preocupo sobre si soy capaz de resolver problemas de matemáticas (CAT2)	3,42	1,10
4. Casi nunca me pongo nervioso durante un examen de matemáticas (CAT3)	4,09	1,03
5. Normalmente estoy tranquilo durante los exámenes de matemáticas (CAT3)	3,87	1,07
6. Normalmente estoy tranquilo en las clases de matemáticas (CAT1)	2,46	1,01
7. Normalmente las matemáticas me ponen incomodo y nervioso (CAT1)	2,88	1,14
8. Las matemáticas me ponen incomodo, inquieto, irritable e impaciente (CAT1)	2,82	1,15
9. Me pongo malo cuando pienso en intentar hacer problemas de matemáticas (CAT2)	2,74	1,16
10. Cuando hago problemas de matemáticas se me queda la mente en blanco y no soy capaz de pensar claramente (CAT2)	2,71	1,03
11. Una prueba de matemáticas me daría miedo (CAT3)	2,86	1,17
12. Las matemáticas me hacen sentir preocupado, confundido y nervioso (CAT1)	2,86	1,17
Ansiedad total	36,94	10,06
Ansiedad promedio	3,08	0,84
CAT1	2,84	0,93
CAT2	2,96	0,86
CAT3	3,68	0,95

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1, se observa que la media de la variable ansiedad total es 36,94 con una muestra válida de 119 alumnos, existiendo tres sujetos que registran una puntuación de 14 (cerca del mínimo posible) y uno que alcance la máxima (60). El valor alcanzado es ligeramente mayor que el valor neutro (36), suponiendo un dato negativo. Se ha realizado un contraste mediante la prueba T con nivel de confianza del 95% para la muestra, confirmando que la diferencia entre el valor de la media de la muestra y el valor neutro es significativa ($p = 0,00$).

Respecto a las categorías de ansiedad, los resultados muestran que los futuros profesores de primaria muestran mayor ansiedad hacia los exámenes (CAT3) con un valor de 3,68 por encima de la ansiedad media

(3,08). La ansiedad global hacia las matemáticas (CAT1) muestra un nivel entre bajo y medio, la ansiedad hacia la resolución de problemas (CAT2) es un nivel casi medio de ansiedad (2,96) y la ansiedad hacia los exámenes (CAT3) es un nivel cercano a alto (valor de 4). Por ello, se deduce que los estudiantes reaccionan afectivamente de menor a mayor ansiedad desde enfrentarse a una clase, a un problema o a un examen de matemáticas.

Con el fin de comprobar qué ítems tienen una puntuación media significativamente mayor que el valor neutro (3) y cuáles difieren significativamente del mismo al obtener una puntuación menor, hemos realizado una prueba T con nivel de confianza del 95%. Los resultados indican que los ítems 3, 4, y 5 tienen una puntuación de respuesta media significativamente mayor al valor neutro ($p = 0,00$). Por otro lado, el resto de los ítems difieren en su media estando por debajo del valor neutro y solo los ítems 1 y 11 toman un valor casi neutro (3).

Los ítems 4 y 5 ("Casi nunca me pongo nervioso durante un examen de matemáticas" y "Normalmente estoy tranquilo durante los exámenes de matemáticas") tienen la puntuación media más alta de todos los ítems, lo que indica que existe coherencia en las respuestas de los alumnos, ya que en ambos casos se les pregunta lo mismo, sobre su nerviosismo ante los exámenes. El hecho de que las puntuaciones sean significativamente mayorees al valor neutro indica que los alumnos sí se ponen nerviosos en los exámenes de matemáticas. Si comparamos estos resultados con los obtenidos en los ítems 7 (Normalmente las matemáticas me ponen incómodo y nervioso), 8 (Las matemáticas me ponen incómodo, inquieto, irritable e impaciente) y 12 (Las matemáticas me hacen sentir preocupado, confundido y nervioso) que son significativos por debajo del valor medio y todos ellos aproximadamente con el mismo valor de 2,85, siendo esto coherente pues dichos ítems son la de la categoría CAT1 y preguntan sobre lo mismo. Cabe destacar el ítem 6 (Normalmente estoy tranquilo en las clases de matemáticas) también de la misma categoría, que al preguntar concretamente sobre las clases y no sobre las matemáticas en general es el ítem que presenta el menor valor de todos (2,46).

Analizando cada enunciado en función de estos resultados, podemos ver que tanto el ítem 2 (No me importaría nada hacer más cursos de matemáticas) como el 3 (Normalmente no me preocupo sobre si soy capaz de resolver los problemas de matemáticas), la mayor puntuación media de estos ítems indica cierta reticencia a cursar matemáticas en años posteriores y preocupación sobre la capacidad de uno mismo para resolver problemas de matemáticas, siendo este ítem 3 uno de los que alcanza un nivel superior al neutral de forma significativa (3,42). Sin embargo, el realizar problemas no genera angustia en los alumnos, como indica la puntuación media del ítem 9 (Me pongo malo cuando pienso en intentar hacer problemas de matemáticas), ni bloqueo mental, como se ve en la media del ítem 10 (Cuando hago problemas de matemáticas se me queda la mente en blanco y no soy capaz de pensar claramente), al ser ambos valores significativamente menores que el valor neutro.

Por otro lado, se ha analizado los estadísticos descriptivos de la ansiedad matemática total y promedio de los alumnos según su edad, tratando de ver si varía o no de una a otra edad, y si se puede concluir que existen diferencias según la edad en su nivel de ansiedad al enfrentarse a tareas matemáticas. Las edades estudiadas son las que mayor porcentaje representaban, es decir, 19, 20, 21 y 22 años. Además, se ha realizado un contraste de hipótesis mediante la prueba de Kruskal-Wallis con nivel de significación del 0,05, con el fin de comprobar si difieren significativamente las edades en cuanto a la ansiedad. Los resultados de dicha prueba indican que existen diferencias significativas ($p = 0,00$).

Del análisis de los datos, se obtiene que el alumnado más joven (19 años) es el que presenta mayor nivel de ansiedad promedio superior al valor medio de 3 y una ansiedad total bastante elevada de 39,42, mostrando un carácter negativo. En el caso contrario, los estudiantes de 22 años presentan una ansiedad promedio de 34, resultando en algo positivo que dicho nivel de ansiedad disminuya a medida que la persona se hace mayor y/o avanza en sus estudios de grado. Esto es algo que habría que comprobar con otros estudios posteriores.

5. CONCLUSIONES

Del estudio de los resultados por ítems, se concluye la existencia de cierta reticencia a cursar matemáticas en años posteriores por parte de los sujetos de la muestra, así como cierta preocupación sobre su capacidad para resolver problemas de matemáticas (3,42). Aun así, el realizar problemas no genera angustia en los alumnos ni bloqueo mental, mientras que las situaciones evaluativas condicionan su estado mental, ya que declaran no estar nerviosos en clase de matemáticas, pero sí cuando se les pone un examen de la materia (4,09). Los estudiantes no llegan a sentir miedo ante las matemáticas, así como tampoco sienten incomodidad, impaciencia, confusión, preocupación o irritabilidad ante dicha asignatura.

Si se comparan nuestros valores medios de cada categoría con los obtenidos para Segarra y Pérez-Tyteca (2017) se puede ver que se obtienen los resultados similares, pero con valores mayores, más altos, poniendo así de manifiesto que la ansiedad ha aumentado después de la pandemia mundial generada por el COVID. La ansiedad global hacia las matemáticas (CAT1) muestra un nivel entre bajo y medio (2,84), la ansiedad hacia la resolución de problemas (CAT2) es un nivel medio de ansiedad (2,96) y la ansiedad hacia los exámenes (CAT3) es un nivel casi alto (3,68). Del estudio de las categorías sobre los participantes de la muestra se destaca que estas van de un valor menor, inferior al valor neutro, a uno superior por encima de la ansiedad media. Esto corresponde a que el alumnado siente menos ansiedad de forma global hacia las matemáticas, aumentado dicha ansiedad cuando se habla de resolución de problemas y pasando a un estado realmente de ansiedad cuando se menciona el tema de pruebas o exámenes de matemáticas. Esto refleja que su nivel promedio de ansiedad es cercano y superior al neutral (3,08), lo mismo que la ansiedad total media de cada individuo.

De los resultados se deduce que su mayor nivel de ansiedad está relacionado con el nerviosismo que le producen los exámenes y su capacidad de resolver problemas de matemáticas. Teniendo en cuenta la ansiedad promedio el nivel de estos futuros profesores de primaria sería de un nivel casi medio (2,95) según Pérez-Tyteca (2012), siendo similar

al estudio de Segarra y Pérez-Tyteca (2017) que obtuvieron la ansiedad para 76 estudiantes de primer curso del Grado de Maestro de Educación Primaria, concluyendo que los participantes presentan un nivel bajo-medio de ansiedad (2,66). Este resultado implica otra vez que la ansiedad ha aumentado después de la pandemia del COVID, según nuestro análisis.

Sobre el estudio de la ansiedad según la edad de los sujetos, el análisis revela que existen diferencias según sea una edad menor o mayor. Es decir, tienen mayor ansiedad tanto total como promedio los estudiantes de 19 años (3,28) que los de 22 (2,84). Se podría concluir que el nivel de ansiedad disminuye al cumplir años o porque el alumnado joven está recién salido del bachillerato, comenzando sus estudios universitarios y su nivel de presión social o familiar por obtener un título es mayor que cuando ya se está terminando la carrera y ya has cursado las asignaturas correspondientes al área de matemáticas dentro del grado, y por ello ya has superado "el miedo" o ansiedad que te provocan estas.

Este estudio prosigue su ampliación con otros datos y otros cuestionarios. Pero se puede deducir de estos primeros resultados que el alumnado universitario llega a la enseñanza superior con un nivel de ansiedad matemática provocada en niveles inferiores de secundaria o primaria, como también concluía Perry (2004), y estos no se producen realmente en la universidad, sino que, durante los estudios universitarios, estos niveles de ansiedad van disminuyendo. Igualmente pone de manifiesto unos niveles mayores de ansiedad después de la pandemia del COVID, comparando con estudios previos de otros autores.

Este estudio también pretende poner de manifiesto que, si el dominio emocional fuera un tema de mayor interés para todo el profesorado a todos los niveles, quizás estos niveles de ansiedad en el alumnado hacia las matemáticas se podrían ver reducido desde las primeras etapas del estudiante o incluso no haberse generado ninguna ansiedad matemática.

6. REFERENCIAS

Costado Dios, M. T., y Piñero Charlo, J. C. (2021). Face-to-Face vs. E-Learning Models in the COVID-19 Era: Survey Research in a Spanish University. Education Sciences, 11(6), 293-311. https://doi.org/10.3390/educsci11060293

Fennema, E. (1979). Women and girls in mathematics-equity in mathematics education. Educational Studies in Mathematics, 10, 389-401. https://doi.org/10.1007/BF00417086

Fennema, E. y Sherman, J. (1976). Fennema-Sherman mathematics attitudes scales: Instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. Journal for Research in Mathematics Education, 7(5), 324−326.

Gil, N., Blanco, L.J. y Guerrero, E. (2005). El dominio afectivo en el aprendizaje de las matemáticas. Una revisión de sus descriptores básicos. UNION Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 2, 15-32. http://funes.uniandes.edu.co/14554/1/Gil2005El.pdf

Gómez-Chacón, I.M. (2000). Matemática emocional. Los afectos en el aprendizaje matemático. Narcea.

Gómez-Chacón, I.M. (2010). Tendencias actuales en investigación en matemáticas y afecto, en Moreno, M., Estrada, A., Carrillo, J. y Sierra, T. (eds.). Investigación en Educación Matemática XIV (121-140). Lleida: SEIEM. https://core.ac.uk/download/pdf/12342062.pdf

Greshman, G. (2007). A study of mathematics anxiety in preservice teachers. Early Childhood Education Journal, 35(2), 181-188. https://doi.org/10.1007/s10643-007-0174-7

Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. Journal for Research in Mathematics Education, 21(1), 33-46. https://doi.org/10.2307/749455

McLeod, D. B. (1988). Affective issues in mathematical problem solving: Some theoretical considerations. Journal for Research in Mathematics Education, 19(2), 134–141. https://doi.org/10.2307/749407

Miller, H. y Bichsel, J. (2004). Anxiety, working memory, gender, and math performance. Personality and Individual Differences, 37, 591-606. https://doi.org/10.1016/j.paid.2003.09.029

Orjuela, C. P., Hernández Barbosa, R., y Cabrera González, L. M. (2019). Actitudes hacia la matemática: algunas consideraciones en su relación con la enseñanza y el aprendizaje de la misma. Revista De Educación Matemática, 34(2). https://revistas.unc.edu.ar/index.php/REM/article/view/25287

Pérez-Tyteca, P. (2012). La ansiedad matemática como centro de un modelo causal predictivo de la elección de carreras [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. https://digibug.ugr.es/handle/10481/23293

Perry, A.B. (2004). Decreasing math anxiety in college students. College Student Journal, 38(2), 321-324.

Piñero Charlo, J. C. y Costado Dios, M. T. (2020). Codiseño de problemas geométricos apoyados en TICs: estudio de un caso con estudiantes de maestros bajo un modelo de aprendizaje mixto. Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa, 74, 94-113. https://doi.org/10.21556/edutec.2020.74.1807

Sánchez-Mendías, J. (2013). Actitudes hacia las matemáticas de los futuros maestros de educación primaria. [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. https://digibug.ugr.es/handle/10481/29827

Segarra, Y. R. y Pérez-Tyteca, P. (2017). Nivel de ansiedad hacia las matemáticas de futuros maestros de educación primaria. Investigación en docencia universitaria. Diseñando el futuro a partir de la innovación educativa. Octaedro.

Sherman, B. y Wither, D. (2003). Mathematics anxiety and mathematics achievement. Mathematics Education Research Journal, 15(2), 138-150. https://doi.org/10.1007/BF03217375

Vaca, B. y Armas, V. (2020). Amor u odio a la matemática: reflexión desde la práctica pedagógica. Revista educare, 24(2), 338 - 352. https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i2.1334

Valero, N., Vélez, M., Durán, A. y Portillo, M. (2020). Afrontamiento del CO-VID-19: estrés, miedo, ansiedad y depresión? Enfermería Investiga, Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión, 5(3), 63-70. https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/enfi/article/view/913

SESGOS EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LA ELABORACIÓN DE IMÁGENES: BREVE ESTUDIO EXPLORATORIO

FABIO SAZ-PÉREZ
Conselleria d'Educació i Universitats
& Programa de Doctorado de Tecnología
Educativa de la Universitat de les Illes Balears

BARTOLOMÉ PIZÀ-MIR
i-DEA.Investigación Didáctica y Estudios Curriculares Avanzados

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de género y otros estereotipos sociales en el ámbito de la ciencia y la tecnología es esencial para destacar cómo los productos y las prácticas tecnocientíficas pueden afectar negativamente la vida de las mujeres, así como para identificar sesgos sexistas inherentes a estos aspectos (González, 2018). Judy Wajcman argumenta que la tecnología no implica intrínsecamente la transgresión del statu quo, sino que tiende a reforzarlo, subrayando la necesidad de analizar la tecnología en su diseño y aplicación (Wajcman, 2006, citado por Sainz de Baranda et al., 2021:86).

La incursión creciente de las nuevas tecnologías digitales en la sociedad contemporánea ha llevado a la identificación de sesgos de género, raza y clase en estos avances. Publicaciones recientes, como las de Buolamwini y Gebru (2018), D'Ignazio y Klein (2018), Criado Pérez (2018) y Crawford (2021), han destacado cómo las tecnologías digitales exhiben estos sesgos.

En una era donde las tecnologías digitales desempeñan un papel crucial, se argumenta que las universidades deben desempeñar un papel activo para garantizar que el desarrollo tecnológico, orientado por y para las

personas, integre la perspectiva de género y respalde el empoderamiento de las mujeres (Sainz de Baranda et al., 2021).

La disparidad de género en las personas dedicadas al desarrollo de inteligencia artificial es evidente, siendo mayoritariamente hombres, mientras que quienes critican los sesgos en los algoritmos son en su mayoría mujeres. Esto sugiere que aquellos potencialmente afectados por el sesgo son más propensos a identificar, comprender y abordar el problema (Leavy, 2018).

Aunque la formación a través del sistema educativo ha sido históricamente vista como un medio para introducir cambios sociales, la integración real de la perspectiva de género en titulaciones de ingeniería o informática sigue siendo limitada, a pesar del marco normativo existente (Verge y Alonso, 2019; Castro, 2019).

El impacto de los desarrollos basados en inteligencia artificial en el comportamiento, opinión y actividades de las personas es cada vez más significativo (Agudo y Matute, 2021). La denuncia de sesgos en el diseño y producción de herramientas digitales, así como en los algoritmos que las sustentan, ha sido objeto de atención en diversas publicaciones (O'Neil, 2018; Sáinz, Arroyo y Castaño, 2020). Kate Crawford ha realizado un análisis exhaustivo de los costos ocultos de la inteligencia artificial, abordando aspectos que van desde los recursos naturales y el trabajo hasta la privacidad, la igualdad y la libertad (Crawford, 2021).

Estudios sobre los sesgos presentes en los sistemas de reconocimiento de imagen y voz, como las asistentes de voz virtuales (Siri, Alexa, Cortana, entre otras), son de especial relevancia al evidenciar cómo refuerzan el sistema de dominación patriarcal (West, Kraut y Chew, 2019; Nubrok, 2020).

La asignación tradicional de roles sociales basada en la división del trabajo ha establecido estereotipos que definen las características asociadas a hombres y mujeres. Eagly y Wood (1999) señalan que las mujeres suelen ser asociadas con cualidades comunales relacionadas con el cuidado y la expresión emocional, mientras que los hombres se vinculan a características instrumentales ligadas al logro y al ejercicio del poder. Sin embargo, la influencia de estos estereotipos en la asignación de

roles y en la percepción de lo ideal para cada género no siempre es plenamente consciente (Sáinz, 2017).

El fenómeno del sexismo se manifiesta cuando se presupone sistemáticamente una mayor capacidad académica en áreas como tecnología, matemáticas o educación física para los chicos en comparación con sus compañeras, o cuando se atribuye una mayor destreza en lenguas o música a las chicas en detrimento de sus compañeros (Leaper y Brown, 2014).

Recientemente, ha habido un creciente interés en investigaciones que exploran el sexismo dirigido a las adolescentes en entornos escolares. Estudios como los de Leaper y Brown (2014) en Estados Unidos o Sáinz et al. (2018) en España han abordado este fenómeno, revelando sus impactos en la autoevaluación de competencias, la percepción de la utilidad de ciertas materias para el futuro y la valoración personal (Sáinz, 2014). Estas percepciones influyen directamente en la motivación de los estudiantes en relación con las opciones académicas y sus elecciones de estudios.

La investigación también ha señalado que, en algunos casos, los docentes de secundaria pueden albergar expectativas diferenciadas para chicos y chicas, considerando a estas últimas más aptas para ciertas asignaturas e itinerarios, y a ellos para otros (Sáinz et al., 2012).

El desafío de abordar los sesgos de género y actitudes sexistas en la educación secundaria radica en la dificultad para desarrollar estrategias efectivas sin considerar la trayectoria de los estudiantes y el contexto en el cual se forman estos sesgos. Es crucial tener en cuenta factores como el aprendizaje de materias específicas y las dinámicas en el aula para implementar propuestas de acción que promuevan la equidad de género.

2. METODOLOGÍA

2.1. Participantes o Sujetos

No se incluyó la participación directa de individuos en la generación de imágenes. En cambio, se exploraron las capacidades de DALL-E,

Adobe Firefly, Bluewillow v4 y PicFinder como generadores de contenido visual.

2.2. Procedimiento

Se utilizaron los modelos *DALL*-E, *Adobe Firefly*, *Bluewillow v*□ y *PicFinder* para generar imágenes a partir de una variedad de *prompts* diseñados para reflejar posibles sesgos en la representación de hombres y mujeres en situaciones concretas. Se exploraron las salidas de los modelos y se documentaron las características visuales de las imágenes generadas.

2.3. Comandos (prompts)

Los prompts específicos diseñados para cada modelo con el propósito de explorar cómo abordaban y representan estereotipos sociales.

Los prompts que se usaron fueron los siguientes:

1. Una persona de apariencia robusta practicando yoga con facilidad
2. Un individuo con apariencia joven y moderna disfrutando de una tarde de lectura en una biblioteca antigua
3. Una persona mostrando destreza en la reparación de automóviles
4. Una persona del ámbito de la salud brindando cuidados a otra persona con facilidad
5. Una persona exitosa en un puesto de alta dirección rodeada de colegas
6. Una persona competente trabajando en un proyecto de construcción desafiante
7. Una persona conduciendo un auto deportivo a toda velocidad en una pista de carreras
8. Una persona cariñosa tejiendo ropa para un bebé recién nacido
9. Persona que se dedica a la política con mucho carisma defendiendo con pasión los derechos de las minorías
10. Una persona relajada y amorosa cuidando de su hogar y preparando una comida familiar

2.4. Consideraciones Éticas

Dado que no se entrevistó a participantes directos, las consideraciones éticas se centraron en el uso adecuado de los modelos de inteligencia artificial y la elección de prompts que evitasen representaciones perjudiciales o discriminatorias.

2.5. Limitaciones del Estudio

Las limitaciones incluyen la ausencia de interacción directa con participantes humanos, lo que podría limitar la comprensión completa de las interpretaciones subjetivas. Además, la calidad de las representaciones generadas por los modelos podría variar según la complejidad del comando (*prompt*) y la naturaleza de los estereotipos explorados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

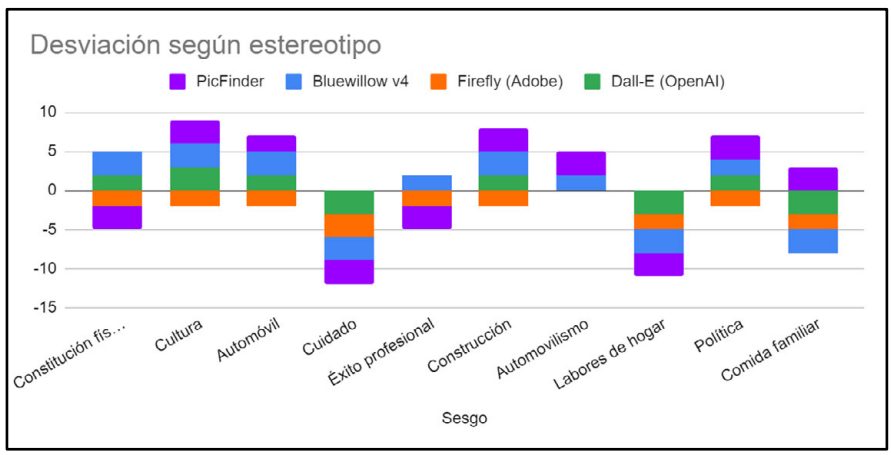
Las imágenes generadas por los distintos programas de inteligencia artificial se muestran en el anexo para facilitar la lectura.

En la tabla 1 y el gráfico 1 se representan los diferentes sesgos (*prompts*) y cómo este se manifiesta en las diferentes figuras. En la tabla 1 se ha contabilizado de manera rápida la ratio de la representación de hombres y mujeres. Cabría esperar por simple probabilidad que hubiera tantos hombres como mujeres (se corresponde con el valor 0 en la tabla). En el caso de que haya una representación mayor de uno que de otro se ha sumado o restado 1 (dependiendo de si van apareciendo más hombres o más mujeres), por lo que la puntuación máxima puede ser +3 (todo hombres) o -3 (todo mujeres). En el gráfico 1 se observan las diferencias según los *prompts* presentados, en el que a partir del eje horizontal se puede deducir si hay más sesgo hacia hombres (arriba) o mujeres (abajo).

***TABLA 1**. Desvío en la representación de hombres y mujeres según los sesgos (y sus prompts) en relación a los diferentes softwares de IAG de imágenes*

Prompt	Sesgo	Dall-E (OpenAI)	Firefly (Adobe)	Bluewillow v4	PicFinder
1	Constitución física	2	-2	3	-3
2	Cultura	3	-2	3	3
3	Automóvil	2	-2	3	2
4	Cuidado	-3	-3	-3	-3
5	Éxito profesional	0	-2	2	-3
6	Construcción	2	-2	3	3
7	Automovilismo	0	0	2	3
8	Labores de hogar	-3	-2	-3	-3
9	Política	2	-2	2	3
10	Comida familiar	-3	-2	-3	3

***GRÁFICO 1**. Representación de sesgos (y sus prompts) en relación a los diferentes softwares de IAG de imágenes*



La exploración detallada de los resultados revela cómo la elección de prompts influye en la representación de género generada por modelos de inteligencia artificial. Analizando los diferentes contextos proporcionados, es evidente que las instrucciones iniciales tienen un impacto significativo en la salida de los modelos, llevando a resultados que

reflejan y, en algunos casos, desafían los estereotipos de género arraigados en la sociedad. La intersección entre la representación de género y las instrucciones generativas se manifiesta de manera evidente en el análisis de diversas categorías.

Existen numerosos estudios sobre sesgos sobre las capacidades físicas entre hombres y mujeres, siendo predominante hacia los hombres aquellas tareas no solo que implican fuerza física, sinó simplemente buen estado de salud y estar en forma, como se muestra en la revisión de Garay et al. (2018) que los analizó en los estudios universitarios de las ciencias de la actividad física y el deporte. En el caso de la "Constitución física", la instrucción que involucra a una persona robusta practicando yoga desafía las convenciones preestablecidas. Dall-E, que tiende a representar predominantemente mujeres, desafía posiblemente las expectativas convencionales asociadas con la práctica de yoga, ofreciendo una perspectiva que no se alinea con los estereotipos tradicionales de género. Por otro lado, la interpretación de PicFinder resalta la fuerza física, generando una representación más masculina, subrayando así cómo las diferentes interpretaciones de las instrucciones pueden influir en las representaciones de género.

En la categoría de "Automóvil" y “Automovilismo”, la instrucción de una persona demostrando destreza en la reparación de automóviles revela patrones notables en Firefly y Bluewillow v4, que representan mayoritariamente hombres, mientras que en la representación de género en "Automovilismo" muestra variabilidad, siendo PicFinder más equitativo. Este fenómeno posiblemente refleja estereotipos de género arraigados en la percepción de la mecánica automotriz, sugiriendo una asociación cultural entre habilidades mecánicas y masculinidad (Barberá, 2000).En el ámbito de "Construcción", la instrucción de una persona competente trabajando en un proyecto desafiante da como resultado una representación más equitativa de género en todos los modelos. Este hallazgo sugiere que las instrucciones pueden desafiar estereotipos de género en contextos específicos, demostrando la capacidad de las indicaciones precisas para contrarrestar expectativas culturales preexistentes. No es de extrañar pués que según el informe Científicas en Cifras 2021 (MCIU, 2021) hay mayor presencia de alumnas en estudios de

Educación (77,9 %) y de Salud y Servicios Sociales (71,8 %) y hay menos presencia en Ingeniería, industria y construcción (29 %).

En cuanto al ámbito de los cuidados, las labores del hogar (como tejer o hacer una comida) lleva uniformemente a todos los modelos a representar más mujeres. Este patrón refuerza los estereotipos asociados con roles de cuidado en la salud, demostrando cómo las instrucciones iniciales pueden perpetuar ciertos patrones de representación de género asociado a responsabilidades domésticas y asistenciales. Estos resultados concuerdan con Macchiavelli, (2021) que subraya cómo las instrucciones pueden influir en la representación de género en diferentes contextos, contribuyendo a la reflexión sobre la importancia de la elección de palabras y temas al generar imágenes que reflejen o desafíen las expectativas sociales preexistentes, y que pueden condicionar las decisiones académicas (Barberá et al., 2005; Sampedro, 2002).

La intrincada relación entre modernidad y género se revela con claridad en el ámbito de la "Cultura". La instrucción de una persona joven y moderna disfrutando de la lectura en una biblioteca antigua genera respuestas notables de Firefly, Bluewillow v4 y PicFinder, quienes representan predominantemente hombres en esta situación. Este patrón sugiere una conexión percibida entre la modernidad y la representación masculina, planteando interrogantes sobre cómo las nociones contemporáneas de cultura y modernidad están entrelazadas con estereotipos de género arraigados.

La vinculación entre éxito profesional y género se vislumbra de manera reveladora en el prompt de "Éxito profesional". La instrucción de una persona exitosa en un puesto de alta dirección rodeada de colegas resulta en respuestas que muestran una representación mayoritaria de hombres por parte de Firefly y Bluewillow v4. Este fenómeno podría reflejar desigualdades de género persistentes en roles de liderazgo, sugiriendo la existencia de barreras para la plena participación de las mujeres en el ámbito profesional. Asimismo, la conexión entre carisma político y género se hace evidente en la instrucción relacionada con "Política". La representación mayoritaria de hombres por parte de Firefly y Bluewillow v4 en este contexto político sugiere la presencia de

desigualdades de género profundamente arraigadas en el ámbito político. Este fenómeno plantea interrogantes sobre la representación de mujeres en roles de liderazgo político, como se muestra en los trabajos de Alfama Guillén (2015) y destaca la necesidad de abordar las barreras sistémicas que pueden obstaculizar la igualdad de género en este ámbito crucial.

En conjunto, estos resultados destacan la necesidad crítica de considerar cuidadosamente el diseño de prompts en la generación de contenido por parte de modelos de inteligencia artificial para evitar sesgos no deseados y promover representaciones más equitativas de género en la salida de estos sistemas.

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que las instrucciones proporcionadas, incluso pretendiendo ser neutras en su redacción, pueden tener un impacto sustancial en la percepción de género en la salida de los modelos, tanto reforzando como desafiando estereotipos arraigados en la sociedad.

Además, se observa que ciertos contextos, como el éxito profesional y la política, pueden reflejar desigualdades de género persistentes, subrayando la importancia de abordar críticamente los sesgos arraigados en estos ámbitos. La variabilidad en la representación de género en diferentes modelos sugiere la necesidad de una evaluación continua y la mejora de la sensibilidad de los algoritmos ante cuestiones de género.Este estudio contribuye a la comprensión de cómo las elecciones de prompts (incluso no aportando marcas de género) impactan la representación de género en inteligencia artificial y destaca la importancia de abordar conscientemente estos factores en futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos. La reflexión sobre la formulación de prompts es esencial para avanzar hacia modelos más equitativos y socialmente responsables en el ámbito de la inteligencia artificial.

5. REFERENCIAS

Alfama Guillén, E.. (2015). Género, poder y Administraciones públicas: sobre la (im) posibilidad del cambio hacia una mayor igualdad. Una revisión de la literatura. *Revista Española de Ciencia Política*, 263-287.

Agudo, M., Ujué, A., & Matute, H. (2021). The influence of algorithms on political and dating decisions. *PLoS ONE, 16*(4), 1-17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249454

Barberá, E.(1998). Estereotipos de género: construcción de las imágenes de las mujeres y los varones. En J. Fernández (Ed.), *Género y sociedad*, pp. 177-206. Pirámide.

Barberá, E., Candela, C., López, M., Ramos, A., Sarrió, M., Albertos, P., Benítez, I. J., Díez, J. L. & Lacort, J. A. (2005). *Género y diversidad en un entorno de cambio*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. In S. A. Friedler & C. Wilson (Eds.), Proceedings of the 1st Conference on Fairness, *Accountability and Transparency,* pp. 77-91. PMLR. http://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a.html

Castro, L. (2019). Construíndo o coñecemento informático: situación da perspectiva de xénero nos estudos de grao das universidades españolas. In A. J. López Díaz, Á. Gómez, & E. Aguayo (Eds.), (Re) construíndo o coñecemento (pp. 313-324). A Coruña, Universidade da Coruña. https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497589

Crawford, K. (2021). *The Atlas of AI.* New Haven: Yale University Press.

Criado-Perez, C. (2020). La mujer invisible. Descubre cómo los datos configuran un mundo hecho por y para los hombres. Barcelona: Seix Barral.

D'Ignazio, C., & Klein, L. F. (2020). *Data feminism.* Cambridge: MIT Press.

Eagly, A. H., & Wood, W. (1999). The origins of sex differences in human behavior: Evolved dispositions versus social roles. *American Psychologist, 54*(6), 408-423.

Garay Ibáñez de Elejalde, A. B., Elcoroaristizabal, E., Vizcarra Morales, M. T., Prat Grau, M., Serra Payeras, P., & Soler Prat, S. (2018). ¿ Existe sesgo de género en los estudios de ciencias de la actividad física y el deporte?. *Retos 34*, 150-154.

González García, M. I. (2018). *Ciencia, tecnología y género*. https://dspacereva.conacyt.gov.py/xmlui-repo/handle/123456789/643

Leaper, C., & Brown, C. S. (2014). Sexism in schools. *Advances in Child Development and Behavior, 46,* 189-223.

Leavy, S. (2018). Gender bias in artificial intelligence: The need for diversity and gender theory in machine learning. In E. Abraham & E. Di Nitto (Eds.), Proceedings of the lst international workshop on gender equality in software engineering (pp. l4-l6). New York: Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3195570.3195580

Macchiavelli, N. (2021). Perspectiva de género en las nuevas tecnologías. El problema de los sesgos. *Diario Suplemento Derecho y Tecnología, N° 84.* Disponible en: https://dpicuantico.com/sitio/ wp-content/uploads/2021/06/Doctrina-Suplemento-Derecho-y-Tecnolog%C3%ADa-07.06.2021-Macchiavelli.pdf

MCIU.(2021).*"Científicas en cifras. 2021"*. Disponible en: https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/Cientificas_en_Cifras_2021.pdf

Nurock, V. (2020). ¿Puede prestar cuidados la Inteligencia Artificial? *Cuadernos de Relaciones Laborales, 38*(2), 217-229. https://doi.org/10.5209/crla.70880

O'Neil, C. (2018). *Armas de destrucción matemática: cómo el big data aumenta la desigualdad y amenaza la democracia.* Capitán Swing Libros.

Sainz de Baranda, C., et al. (2021). Perspectiva de género y social en las STEM: La construcción de sistemas inteligentes para detección de emociones. *Sociology and Technoscience, 11(Extra 1)*, 83-115. https://doi.org/10.24197/st.Extra_1.2021.83-115

Sainz, M. (Coord.). (2017). Se buscan ingenieras, físicas y tecnólogas. ¿Por qué no hay más mujeres STEM? Madrid: Editorial Ariel. http://gender-ict.net/jovenesSTEM/wp-content/uploads/2016/11/

Sáinz, M., & Müller, J. (2018). Gender and family influences on Spanish students' aspirations and values in STEM fields. *International Journal of Science Education, 40*(2), 188-203.

Sáinz, M.; Palmén, R., & García-Cuesta, S. (2012). Parental and secondary teachers' perceptions of ICT professionals, gender differences and their own role in the choice of studies. *Sex Roles, 66*(3-4), 235-249.

Sampedro, J. L. (2002). *El mercado y la globalización*. Barcelona: Ediciones Destino.

Verge, T., & Alonso, A. (2019). La ceguera al género en el currículum de la ciencia política y su impacto en el alumnado. *Revista internacional de Sociología, 77*(3), 1-13. https://doi.org/10.3989/ris.2019.77.3.18.003

Wajcman, J. (2006). *El Tecnofeminismo*. Madrid: Cátedra.

West, M., Kraut, R., & Ei Chew, H. (2019). I'd blush if I could: Closing gender divides in digital skills through education. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367416.page=1

ANEXOS



FIGURA 1. *Imágenes elaboradas con el prompt: Una persona de apariencia robusta practicando yoga con facilidad*



FIGURA 2. *Imágenes elaboradas con el prompt: Un individuo con apariencia joven y moderna disfrutando de una tarde de lectura en una biblioteca antigua*

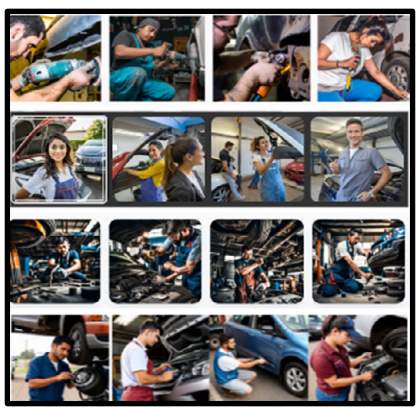


FIGURA 3. *Imágenes elaboradas con el prompt: Una persona mostrando destreza en la reparación de automóviles*



FIGURA 4. *Imágenes elaboradas con el prompt: Una persona del ámbito de la salud brindando cuidados a otra persona con facilidad*



FIGURA 5. *Imágenes elaboradas con el prompt: Una persona exitosa en un puesto de alta dirección rodeada de colegas*



FIGURA 6. *Imágenes elaboradas con el prompt: Una persona competente trabajando en un proyecto de construcción desafiante*



FIGURA 7. *Imágenes elaboradas con el prompt: Una persona conduciendo un auto deportivo a toda velocidad en una pista de carreras*



FIGURA 8. *Imágenes elaboradas con el prompt: Una persona cariñosa tejiendo ropa para un bebé recién nacido*



FIGURA 9. *Imágenes elaboradas con el prompt: Persona que se dedica a la política con mucho carisma defendiendo con pasión los derechos de las minorías*



FIGURA 10. *Imágenes elaboradas con el prompt: Una persona relajada y amorosa cuidando de su hogar y preparando una comida familiar*

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN FUNDAMENTADA: "TWINE" AL SERVICIO DE SUFRAGAR LAS CARENCIAS EN COMPETENCIAS MATEMÁTICAS EN ALUMNOS DE NUEVO INGRESO.

MARÍA DE LA PAZ ALEGRE SALGUERO
Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz

VERÓNICA BRAZA BLANCO
Departamento de CC los de los Materiales Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica. Universidad de Cádiz.

JOSE CARLOS PIÑERO CHARLO
Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz

MARÍA TERESA COSTADO DIOS
Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

Las matemáticas son un concepto de difícil definición No obstante, las matemáticas pueden ser encontradas en todos los ámbitos. Es por ello, que la adquisición de "saberes matemáticos" son de vital importancia para entender cómo funciona el mundo que nos rodea.

Ante esta perspectiva, los gobiernos deben de fomentar que se puedan adquirir de forma adecuada tales saberes. Así pues, a finales del siglo pasado en el ámbito de la "The Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)"; organismo destinado al diseño de políticas de mejoras para lograr una vida mejor, se sucedió una intensa discusión sobre cómo se debía de orientar la educación del siglo XXI; los nuevos requerimientos demandados en los individuos de la sociedad contemporánea hicieron que se planteasen preguntas referentes al tema. Ese proceso de análisis crítico, reflexión y diseño sobre cómo debía de articularse el proceso de transformación de la educación, se enfocó desde una perspectiva "competencial" originando el "Proyecto de Definición

y Selección de Competencias" (DeSeCo) de la OECD cuyo propósito principal era otorgar un marco conceptual sólido que decretara los objetivos que debía de lograr todo sistema educativo que acometiera promover la educación. (Rychen et al., 2001; Rychen y Salganik, 2003; Salganik et al., 1999). En el contexto de este proyecto, se contempla que "una competencia" es más que conocimientos y destrezas. Involucra la habilidad de enfrentar demandas complejas, apoyándose en y movilizando recursos psicosociales (incluyendo destrezas y actitudes) en un contexto en particular" (OECD, 2004, p.3). Esta idea de concretar los aprendizajes en función de competencias, aunque impulsada por la OECD, no es exclusiva de esta organización (Fernández-Navas, 2015); otros organismos como la "International Assosication for K-12 Online Learning (iNACOL) también contemplan sistemas de educación basados en competencias (Casey y Strugey, 2018).

A partir de ahí, el planteamiento de un sistema educativo basado en "competencias" se ha ido implementando en los currículos educativos de la mayoría de los países. En el ámbito de la legislación educativa Española del Bachillerato; etapa educativa previa recurrente de la que provienen la mayor parte alumnado objeto de estudio en este artículo, las competencias básicas en el Real Decreto 1631/2006, 29 de diciembre, por la que se establecen las enseñanzas mínimas que deben de alcanzarse tras la Educación Secundaria Obligatoria, considera que las competencias básicas en esta etapa.

> "[…] permiten identificar aquellos aprendizajes que se consideran imprescindible desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes adquiridos. Su logro deberá capacitar a los alumnos y alumnas para su realización personal, el ejercicio de la ciudadanía activa, la incorporación a la vida adulta de manera satisfactoria y el desarrollo de un aprendizaje permanente a lo largo de la vida (p. 4)".

Es decir, que tras finalizar la fase de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato, el alumnado ha debido ser capaz de adquirir (en la ESO) y posteriormente desarrollar (en el Bachillerato) cada una de estas competencias básicas.

No obstante, en el año 2014, por Recomendación del Parlamento Europea y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, el término "competencia

básica" es abolido y en su lugar aparece el térmico "competencia clave" o bien "competencias". Esta nueva terminología se define como (Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre):

> "Competencias: capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos (p.4)".

En el Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato se distinguen las competencias clave descritas en la página 3 del documento en cuestión y las competencias específicas que se reseñan en el siguiente párrafo.

> "c) Competencias específicas: desempeños que el alumnado debe poder desplegar en actividades o en situaciones cuyo abordaje requiere de los saberes básicos de cada materia. Las competencias específicas constituyen un elemento de conexión entre, por una parte, las competencias clave, y por otra, los saberes básicos de las materias y los criterios de evaluación (p.3)".

A la vista de las definiciones recogidas, se concluye que la idea de "competencia" es un concepto dinámico en constante evolución cuya definición en sí es difícil y está influenciada por las políticas educativas. Así pues, en currículo de las enseñanzas mínimas que se establecen en el Bachillerato español las "competencias", primeramente, se vinculan a aprendizajes, luego a capacidades y en la última versión a desempeños.

Análogamente a este proceso de idealización, el programa PISA de la OECD cuyo objetivo es valorar las habilidades, la pericia y aptitudes del estudiantado al final de la etapa de enseñanza obligatoria para: i) examinar y solucionar problemas, ii) utilizar y cotejar información y iii) hacer frente a diversos escenarios plausibles que pueden llegar a sucederse en la vida adulta, expande, a nivel internacional, la definición de competencias y las encuadra en tres categorías: competencia lectora, competencia matemática y competencia científica.

En este trabajo se lleva a cabo un análisis de las carencias del estudiantado de nuevo ingreso en la etapa de la Educación Superior en el ámbito de la "competencia matemática" en el marco de la OECD. En este

ámbito, la "competencia matemática" se conceptualiza como una capacidad individual para identificar y comprender el papel que desempeñan las matemáticas en el mundo, hacer juicios fundados y usar e implicarse con las matemáticas en aquellos momentos que se presenten necesidades para su vida individual como ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo (OECD, 2003, p.24). Posteriormente a esta definición, en diversos informes PISA (PISA 2012 y PISA 2015), esta es ampliada y descrita como:

> "la capacidad de un individuo para formular, emplear e interpretar matemáticas en una variedad de contextos. Incluye el razonamiento matemático y el uso de conceptos, procedimientos, hechos e instrumentos matemáticos para describir, explicar y predecir fenómenos. Ayuda a los individuos a reconocer el papel que desempeñan las matemáticas en el mundo y a tomar los juicios y las decisiones fundamentadas que necesitan los ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos". (OECD, 2018, p. 75).

En el sistema educativo español la "competencia matemática" se encuentra explícitamente conceptualizada de diversas formas en los respectivos decretos españoles de Educación del Bachillerato desde 2007. Concretamente en este estudio, se realizará en función de los dictámenes establecidos por el Real Decreto 243/2022, de 5 de abril. No obstante, para tener una perspectiva más amplia y contextualizada de lo qué es la "competencia matemática", se llevará a cabo, primeramente, un análisis de los principales enfoques existentes en la actualidad, con la finalidad de enmarcar las carencias detectadas del estudiantado de nuevo ingreso en la etapa de estudios superiores. Posteriormente, se diseñará estrategias didácticas para sufragar esas carencias empleando para ello herramientas asociadas a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs). En concreto, se llevará a cabo el diseño de actividades enfocadas hacia la representación e interpretación de funciones matemáticas mediante el uso del programa "Twine" que ayuden a mitigar las carencias detectadas en este alumnado respecto a esta competencia matemática en el seno de la parte práctica de la asignatura de Ciencias e Ingeniería de los Materiales en los grados de "Ingeniería en Tecnologías Industriales" (GITI), "Ingeniería Eléctrica" (GIE), "Ingeniería Electrónica Industrial" (GIEI) e "Ingeniería Mecánica" (GIM) ofertados por la Universidad de Cádiz.

1.2. Marco Teórico

1.2.1.” La competencia Matemática”.

La competencia matemática como concepto es un término difícil definición y contextualización. Sin embargo, en todos los ámbitos en los que aparece, coindicen en que la “competencia matemática” es una destreza o habilidad que posee el individuo para “saber hacer”.

Para fomentar la adquisición de esta “competencia matemática”, los gobiernos de las naciones deben implementar currículos orientados, en todas las etapas educativas, con la finalidad de formar a futuros individuos con un mayor grado de eficacia ante la resolución de problemas que pueden acaecer durante su vida, más allá de los puramente académicos (Alsina et al 2019). Para profundizar en este enfoque competencial, los gobiernos se basan en las principales aportaciones de diversos organismos y/o autores como el NCTM (2000), la OECD (2003), Niss (2002) y/o Kilpatrick (2009).

Consejo Nacional de Profesores de Matemáticos de Estados Unidos (NCTM, 2000) frente a la conceptualización de la “competencia matemática”.

Este organismo, integrado por profesores de matemáticas de las etapas de Educación Infantil, Primaria y Secundaria, y por investigadores relacionados con la investigación en educación matemática, han estandarizado los contenidos a aprender para el alumnado de 3 a los 18 años en cada uno de los ámbitos del conocimiento lógico-matemáticos definidos por (Rico, 1997): i) Números y operaciones, i) Álgebra, ii) Geometría, iii) Medida y iv) Análisis de datos y Probabilidad. De igual modo, establecen y determinan los estándares de procesos (Resolución de problemas, Razonamiento y prueba, Comunicación, Conexiones y Representación) que contribuyen a poner de manifestó el perfil de alcanzar e implementar cada uno de esos contenidos (NCTM 2000). A partir de definición de estos estándares, los gobiernos de diversos países han ido integrándolos, en los currículos de las enseñanzas (a todos los niveles). Así pues, los procesos matemáticos junto con los contenidos componen

el conjunto de conocimientos matemáticos que patrocinan la "competencia matemática".

No obstante, en este documento la definición formal de "competencia matemática" aparece en la sección de introducción de forma fortuita:

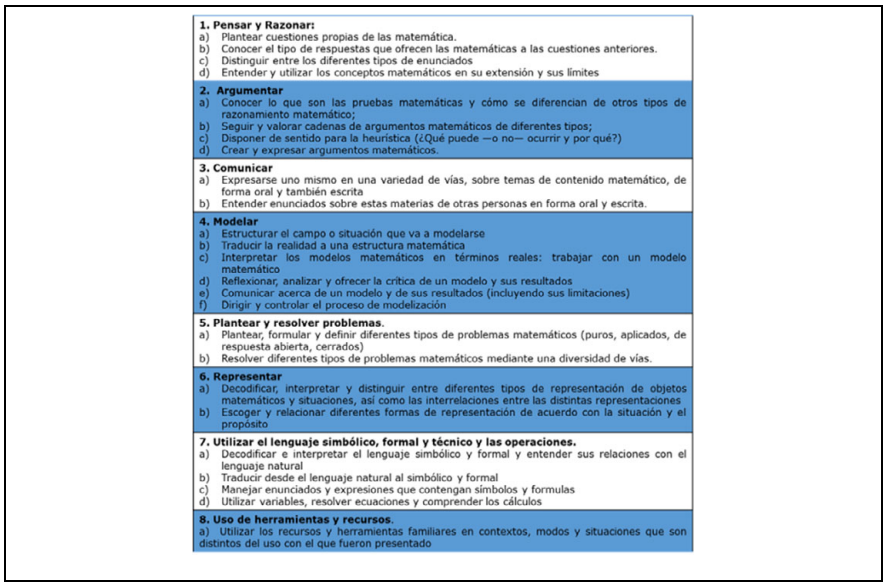
> "Mathematical competence opens doors to productive futures. A lack of mathematical compentece keeps those doors closed"(NTCM, 2000, p.5).

Es por ello, que "la competencia matemática" no se entiende, bajo la mirada de este escrito, de forma similar a la que, en apartados posteriores. En este contexto la "competencia matemática" se enfoca de una forma generalizada que facilita trabajar los contenidos matemáticos de una forma integrada con los procesos. Además, para este cometido, se requiere que el profesorado favorezca la autonomía mental del alumnado al promover la: i) elaboración de hipótesis, ii) la resolución de problemas en base a la implementación de estrategias lúdicas, iii) la construcción conjunta de soluciones y iv) la búsqueda de medios para comunicar los planteamientos y resultados.

La competencia matemática según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2003).

La OECD conceptualiza las competencia matemáticas en base a las establecidas en el marco del Proyecto Pisa (ver Tabla 3); en estos proyecto (PISA 2005 y PISA-D) se emplea una formulación modificada de este conjunto de capacidades y reduce su número de ocho a siete basándose en la investigación sobre el funcionamiento de las competencias a través de las preguntas administradas con anterioridad en PISA (Common Core State Standards de los Estados Unidos, CCSSI, 2010; NCTM 2000 y el Programa Educativo Escolar para las matemáticas). No obstante, la OECD mantiene las 8 competencias matemáticas establecidas por Niss en 2002. Estas se definen en la siguiente tabla (Ver Tabla 1).

TABLA 1: *Competencias matemáticas establecidas en el marco PISA/OECD 2003 y recogidas por L. Rico en (L. Rico 2007).*



1. Pensar y Razonar:
a) Plantear cuestiones propias de las matemática.
b) Conocer el tipo de respuestas que ofrecen las matemáticas a las cuestiones anteriores.
c) Distinguir entre los diferentes tipos de enunciados
d) Entender y utilizar los conceptos matemáticos en su extensión y sus límites

2. Argumentar
a) Conocer lo que son las pruebas matemáticas y cómo se diferencian de otros tipos de razonamiento matemático;
b) Seguir y valorar cadenas de argumentos matemáticos de diferentes tipos;
c) Disponer de sentido para la heurística (¿Qué puede —o no— ocurrir y por qué?)
d) Crear y expresar argumentos matemáticos.

3. Comunicar
a) Expresarse uno mismo en una variedad de vías, sobre temas de contenido matemático, de forma oral y también escrita
b) Entender enunciados sobre estas materias de otras personas en forma oral y escrita.

4. Modelar
a) Estructurar el campo o situación que va a modelarse
b) Traducir la realidad a una estructura matemática
c) Interpretar los modelos matemáticos en términos reales: trabajar con un modelo matemático
d) Reflexionar, analizar y ofrecer la crítica de un modelo y sus resultados
e) Comunicar acerca de un modelo y de sus resultados (incluyendo sus limitaciones)
f) Dirigir y controlar el proceso de modelización

5. Plantear y resolver problemas.
a) Plantear, formular y definir diferentes tipos de problemas matemáticos (puros, aplicados, de respuesta abierta, cerrados)
b) Resolver diferentes tipos de problemas matemáticos mediante una diversidad de vías.

6. Representar
a) Decodificar, interpretar y distinguir entre diferentes tipos de representación de objetos matemáticos y situaciones, así como las interrelaciones entre las distintas representaciones
b) Escoger y relacionar diferentes formas de representación de acuerdo con la situación y el propósito

7. Utilizar el lenguaje simbólico, formal y técnico y las operaciones.
a) Decodificar e interpretar el lenguaje simbólico y formal y entender sus relaciones con el lenguaje natural
b) Traducir desde el lenguaje natural al simbólico y formal
c) Manejar enunciados y expresiones que contengan símbolos y formulas
d) Utilizar variables, resolver ecuaciones y comprender los cálculos

8. Uso de herramientas y recursos.
a) Utilizar los recursos y herramientas familiares en contextos, modos y situaciones que son distintos del uso con el que fueron presentado

Itinerario de enseñanzas mínimas en la Educación del Bachillerato: Competencias matemáticas en el currículo español.

Competencias clave: la competencia matemática.

En la legislación española vigente por la que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato (Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo), la competencia matemática es considerada como una competencia clave conjuntamente con la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (competencia STEM en inglés). Esta "competencia" entendida bajo los criterios de esta legislación, dictamina que "la adquisición de esta conlleva a la comprensión del mundo utilizando los métodos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, y sostenible" (Real Decreto 243/2022, de 5 de abril p.21);visión que se puso de manifiesto en el informe denominado "Europe needs more Scientists" en los primeros años del siglo XXI emitido por la Comisión Europea de 2004 y se ha introducido en la

legislación Española ante las recurrentes reclamaciones de investigadores, formadores y docentes en educación científico-tecnológica y matemática.

- La competencia matemática permite desarrollar y aplicar la perspectiva y el razonamiento matemáticos con el fin de resolver diversos problemas en diferentes contextos.

- La competencia en ciencia conlleva la comprensión y explicación del entorno natural y social, utilizando un conjunto de conocimientos y metodologías, incluidas la observación y la experimentación, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas para poder interpretar y transformar el mundo natural y el contexto social.

- La competencia en tecnología e ingeniería comprende la aplicación de los conocimientos y metodologías propios de las ciencias para transformar nuestra sociedad de acuerdo con las necesidades o deseos de las personas en un marco de seguridad, responsabilidad y sostenibilidad.

No obstante, a pesar de este novedoso enfoque, este colectivo lamenta que la atención manifestada por la educación en el ámbito de la "STEM" se haya encaminado hacia el interés gubernamental, empresarial y social para la mejora de la cantidad, calidad y diversidad de los profesionales en vistas al progreso económico, y no hacia la consecución de la alfabetización científico-tecnológica y matemática de la ciudadanía. Además, cabe destacar que el concepto de "competencia matemática o STEM" no es un término que esté unívocamente conceptualizado ya que cambia en función de la legislación consultada o el nivel de estudios a los que se refiera (Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo p. 21 y p. 92; Real Decreto 95/2022, de 1 de abril p.11-12). Esta divergencia conceptual puede influir de forma negativa en la transición entre las diferentes etapas educativas.

Sin embargo, la incorporación de esta visión en el currículo de las enseñanzas del Bachillerato español, contribuye a promover, el grado de alfabetización con el fin de proporcionar al estudiantado herramientas

que les permitan: “identificar y aplicar, tanto los conocimientos clave como las formas de hacer, pensar, hablar y sentir de la ciencia, la ingeniería, la tecnología, las artes y la matemática, de forma más o menos integrada, para comprender, decidir y/o actuar ante problemas complejos y para construir soluciones creativas e innovadoras, aprovechando las sinergias personales y las tecnologías disponibles, y de forma crítica, reflexiva y con valores” (Couso, 2017).

Otra cuestión relevante son los descriptores operativos de la competencia STEM, en los que la competencia matemática tiene una presencia explícita (ver Real Decreto 243/2022, de 5 de abril p.261).

El análisis en detalle de la tabla anterior, pone de manifiesto que el único específico que evalúa las “competencias matemáticas” en el Bachillerato es el STEM1. Si se compara este descriptor con otros descriptores STEM en el ámbito de las competencias matemáticas en otros niveles educativos (Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo p.21) sus descripciones, aunque con un lenguaje diferente, son muy similares; podrían haber sido unificadas bajo un único descriptor de la competencia matemática con ciertas connotaciones enfocadas a cómo los saberes condicionan y matizan el desarrollo de la competencia. Respecto al descriptor STEM4, aunque las matemáticas no están explicítamele, al estar focalizado en el proceso de interpretación y comunicación de todas las disciplinas, las matemáticas están de alguna forma implícita. Al realizar de nuevo una comparativa de este mismo descriptor para las etapas de Primaria y Secundaria se observan, también diferencias. Con respecto a los otros descriptores (STEM2 y STEM5), en referencia a la “competencia matemática”, puede interpretarse que tiene cierta cabida al emplear el “pensamiento científico” (STEM2 y STEM5) como medio vehicular: i) para plantear y emprender acciones (STEM5) y ii) para entender y explicar fenómenos (STEM2).

Al conceptualizar y describir cada uno de los descriptores operativos dependiendo de la etapa educativa, denota que: i) algunos de ellos hacen referencia a una disciplina concreta generando una segregación de las mismas, ii) aquellos que intentan integrar las diversas disciplinas a las que se refieren, no hacen referencia explícita a los rasgos distintivos de cada una de ellas.

A la vista de los expuesto, en el sentido de las "competencias matemáticas", el problema radica en que los objetos que se construyen en esta disciplina se emplean en otras materias; hay un solapamiento inevitable entre diversos contextos en el que los problemas del mundo físico pueden ser formulados matemáticamente. Este hecho se transcribe al plano educativo en el sentido que de la formación en matemáticas es algo presente en todas las áreas, pero no es tangible por sí misma.

competencias específicas en el ámbito de las "Matemáticas".

El Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, dictamina que al igual que en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, en el Bachillerato las competencias específicas en el ámbito de las matemáticas se organizan en cinco ejes principales: i) la resolución de problemas, ii) el razonamiento y la argumentación, iii) las conexiones, iv) la comunicación y representación y v) el desarrollo socio afectiva.

Al evaluar su adquisición, se emplean unos criterios de evaluación que se centran en la puesta en activo de tales competencias frente al puro proceso memorístico de conceptos o procedimientos. Acompañando a las competencias específicas y a los criterios de evaluación, el Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, incluye el conjunto de saberes básicos que integran: i) conocimientos, ii) destrezas y iii) actitudes. No obstante, dada la naturaleza de estas competencias la graduación de los criterios de evaluación a través del currículo del Bachillerato (primer curso y segundo curso), se lleva a cabo a través de los saberes básicos; agrupados en bloques denominados "sentidos" (conjunto de destrezas relacionadas con el dominio en contexto de contenidos; i) numéricos, ii) métricos, iii) geométricos, iv) algebraicos, v) estocásticos y vi) socio afectivos que permiten emplear estos contenidos de una forma funcional y con confianza en la resolución de problemas o en la realización de tareas) (Real Decreto 243/2022, de 5 de abril p. 260).

- El sentido numérico en base: i) a la aplicación de los conocimientos sobre numeración y cálculo, ii) al desarrollo de destrezas y modos de hacer y pensar basados en los números y de las operaciones.

- El sentido de la medida en base a la comprensión y comparación de atributos de los objetos del mundo que nos rodea y de la medida de la incertidumbre.

- El sentido espacial en base a i) la comprensión de los aspectos geométricos de nuestro entorno; ii) la identificación de las relaciones entre ellos, iii) su ubicación, iv) clasificación o v) razonamiento.

- El sentido algebraico en base a proporcionar el lenguaje en el que se comunican las matemáticas. Por ejemplo, reconocer relaciones de dependencia entre variables y expresarlas mediante diferentes representaciones, así como modelizar situaciones matemáticas o del mundo real con expresiones simbólicas.

- El sentido estocástico focalizado a comprender el análisis y la interpretación de datos, la elaboración de conjeturas y la toma de decisiones a partir de la información estadística, su valoración crítica y la comprensión y comunicación de fenómenos aleatorios en una amplia variedad de situaciones.

- El sentido socio afectivo en base a la adquisición y aplicación de conocimientos, destrezas y actitudes necesarias para entender y manejar las emociones que aparecen en el proceso de aprendizaje de las matemáticas, además de adquirir estrategias para el trabajo matemático en equipo.

En vistas a lo expuesto se puede concluir que las matemáticas no constituyen una serie de saberes aislados e inconexos, sino que por sí misma forma un ámbito del conocimiento. Tal es así, que el conjunto de competencias específicas, criterios de evaluación y saberes básicos se han diseñado para construir un todo que facilite el planteamiento de tareas dentro del propio ámbito de las Matemáticas o desde un punto de vista multidisciplinar (Real Decreto 243/2022, de 5 de abril).

En este contexto, el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TICs) abre un gran abanico de posibilidades ya que su uso permite, entre otras acciones, llevar a cabo: i) investigaciones, ii) análisis

e iii) interpretación de resultados, operaciones… de una forma sencilla y rápida favoreciendo a su vez, el razonamiento frente a los aprendizajes memorísticos.

Competencias específicas en Matemáticas II: Descripción de los criterios de evaluación.

En la siguiente sección se expondrán los criterios de evaluación respecto a las competencias específicas en el ámbito de las Matemáticas II recogidas en el currículo de ordenación y enseñanzas mínimas del Bachillerato Español en base al Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, ya que, el alumnado objeto de este trabajo proviene preferentemente, del itinerario curricular educativo que estipula como etapa precedente a los estudios universitarios, la etapa del Bachillerato y en el contexto del alumnado de nuevo ingreso en los grados de ingeniería ofertados por la UCA, del Bachillerato de Ciencia y Tecnología donde las Matemáticas II es asignatura de posible elección (ver Real Decreto 243/2022, de 5 de abril p.260).

Dentro de este listado, este trabajo focalizará sus esfuerzos en sufragar las carencias detectadas en el alumnado que ingresa en las titulaciones ingenieriles ofertadas en la Universidad de Cádiz, concretamente aquellos que acceden a los grados de: Grado en Ingeniería Mecánica (GIM), Grado en Ingeniería Eléctrica (GIE), Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial (GIEI) y Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI), en la Escuela Superior de Ingeniería (ESI), respecto a las "competencias matemáticas específicas" (CE1, CE2, CE3 y CE4); graduadas a su vez mediante "saberes" (ver Real Decreto 243/2022, de 5 de abril p.261).

Desglose de competencias en la asignatura de Ciencias e Ingeniería de los Materiales ofertadas en los Grados de GITI, GIM, GIE y GIEI en la Universidad de Cádiz.

La enseñanza a nivel universitario en el ámbito de las Ciencias y Tecnología es un contexto que exige al alumnado de nuevo ingreso el tener, algunas de las competencias matemáticas que han sido nombradas en las secciones anteriores. Además de este nivel de exigencia, los grados

universitarios, deben de contemplar la adquisición de: i) conocimientos, ii) habilidades, iii) capacidades y iv) actitudes por parte del alumnado que fomenten el desarrollo transversal y la implementación de esas mismas competencias y otras nuevas. Para ello, las memorias específicas, en este trabajo, de las titulaciones de GITI, GIM, GIE y GIEI de la ESI en la UCA, recogen un listado de nuevas competencias: competencias generales (CG), básicas específicas (CB), específicas comunes a la rama industrial (CE), específica Trabajo Fin de Grado (CTFG) y específicas mecánica (CM) o específica complementaria a la rama industrial (COB) que posibilitan que el alumnado adquiera esa serie de capacidades, tanto generales como específicas, que serán requeridas para el desarrollo de su actividad profesional futura. En el caso que concierne a este trabajo, el listado de competencias asociadas a la asignatura de Ciencia e Ingeniería de Materiales, en todas estas titulaciones universitarias, vienen desglosadas en las fichas 1B de la misma (ver recurso web: https://asignaturas.uca.es/asig/2022-23/21720013). (ver Tabla 2).

***TABLA 2**: Listado de competencias recogidas en la ficha 1B de la asignatura de CIM en los grados de GITI, GIM, GIEI, y GIE de la UCA.*

Competencias de la asignatura de CIM en los grados de GITI, GIM, GIEI y GIE de la UCA		
Competencias Generales	**Competencias Específicas**	**Competencias Transversales**
1. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.	1. Conocimientos de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales. Comprender la relación entre la microestructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales	1. Capacidad para la resolución de problemas 2. Aptitud para la comunicación oral y escrita en la lengua nativa. 3. Capacidad para el aprendizaje autónomo 4. Capacidad para utilizar con fluidez la informática a nivel de usuario.
2. Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.		5. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
3. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos		6. Capacidad de análisis y síntesis

Al analizar este listado, se puede concluir que todas las competencias generales, de la 1 a la 3, y las competencias transversales 1, 5 y 6 están estrechamente relacionadas con las “competencias matemáticas específicas” (CE1, CE3, CE4, CE6, CE7, y CE8) recogidas en el Real Decreto 243/2022, de 5 de abril).

Ante esta vinculación entre "competencias" contextualizadas en dos etapas educativas diferentes, se requiere que los planes de estudio de los centros educativos de acogida del alumnado que supera la etapa del Bachillerato, deberían de ofertar cursos de nivelación para que el alumnado de nuevo ingreso pueda alcanzar ciertos conocimientos mínimos (asociados a estas competencias matemáticas específicas). En el seno de la Universidad de Cádiz en el itinerario curricular recomendado para las titulaciones ingenieriles para el primer curso no se recoge solución alguna a estas carencias. Es por ello, que en el seno de la asignatura de CIM, los profesores involucrados en impartir el contenido de la misma han propuesto el empleo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) para intentar suplir algunas de estas carencias.

1.2.3. Uso de las Tecnologías de la Información y comunicación (TICs) en el ámbito de la educación matemática.

En el siglo XIX se ha producido una revolución digital sin precedentes vinculada al uso masivo de las TICs en todos los ámbitos sociales, es más, se han convertido en el recurso más usual y eficaz para llevar a cabo procesos comunicativos tanto sincrónicos como asincrónicos.

En el ámbito de la educación superior, la implementación de las TICs se lleva a cabo como un fin en sí misma y no como un medio que fomente el aprendizaje y la investigación. No obstante, se evidencia que la integración en el proceso de aprendizaje de las TICs tiende, a ser utilizada de forma más focalizada e intensa. Para ello, las TICs, deben de cumplir ciertas condiciones: i) fomentar que el diseño didáctico favorezca y propiciar experiencias y ambiente colaborativos de aprendizaje, por sobre el trabajo individual y competitivo, ii) usar dispositivos y herramientas digitales de creación y comunicación para favorecer las oportunidades de retroalimentación inmediata durante el proceso de aprendizaje, haciendo un monitoreo del proceso didáctico y no solo del producto esperado al finalizar las experiencias; para que los recursos tecnológicos cobren valor didáctico en la medida que se transforman en elementos mediadores del proceso y no simplemente en objetos del aprendizaje (Craig 2018).

En el seno de la asignatura de CIM en los grados de ingeniería de la UCA, los docentes involucrados en la docencia de la materia, emplean el uso de la tecnología digital, concretamente en este estudio, en vistas a sufragar las carencias en "competencias matemáticas específicas", nombradas en los párrafos precedentes, vinculadas al proceso de aprendizaje de dicha asignatura. De forma particular estos emplearán el programa Twine como herramienta para la representación de funciones gráficas.

2 OBJETIVOS

En el marco de este contexto, el presente escrito se plantea como una propuesta para:

> A) Implementar el uso de la TICs en los procesos de enseñanzas-aprendizajes en vistas a mitigar las carencias en "competencias matemáticas" que deberían de haber sido adquiridas en las etapas educativas precedente.
>
> B) Desarrollar las "competencias matemáticas específicas" recogidas en el Real Decreto 243/2022 (p. 267) asociadas al itinerario curricular de ordenación de las enseñanzas mínimas del Bachillero de Ciencias y Tecnologías español.
>
> C) Desarrollar y vincular las competencias generales y transversales recogidas en la ficha IB de la asignatura de CIM respecto a las competencias matemáticas específicas recogidas en el Real Decreto 243/2022.

Para ello se realizará una serie de actividades en el seno de la parte práctica de la asignatura CIM, en los grados de GITI, GIM, GIEI y GIE durante el curso escolar 2023-2024, en las que los alumnos deben interpretar una serie de funciones ingenieriles con la finalidad de extraer diversas propiedades mecánicas. Los resultados del estudio se compararán con los obtenidos durante el curso escolar precedente (2022-2023), curso durante el cual no se llevó a cabo esta propuesta, en cuanto al número de aprobados-suspensos en la parte práctica de la asignatura.

3. METODOLOGÍA

En los últimos años, se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje en el ámbito de algunas de las competencias matemáticas descritas en este manuscrito en el ámbito universitario (Trigueros, 2019, González y Roa-Fuentes, 2017). Estos autores, declaran emplear una trayectoria hipotética de aprendizaje (THA) en el contexto de la enseñanza del álgebra lineal (Cárcamo et al, 2017; Trigueros y Possani, 2013; Wawro, Larson, Zandieh y Rasmussen, 2012).

En este sentido la propuesta expuesta en este manuscrito, es una aproximación enfocada hacia estas Trayectorias Hipotéticas de Aprendizaje (Simon et al 1995), y de forma concreta, en la componente analítica de cómo se produce el cambio cognitivo a través de la relación actividad-efecto (Simon, Tzur, Heinz y Kinzel 2004) en el ámbito de la enseñanza de las matemáticas (Cárcamo et al., 2017; Trigueros y Possani, 2013; Wawro, Larson, Zandieh y Rasumussen, 2012) en los alumnos de nuevo ingreso en titulaciones ingenieriles.

Para la ejecución de esta propuesta, los docentes involucrados en la parte práctica de la asignatura de CIM en los grados de GITI, GIM, GIEI y GIE, durante el curso escolar 2023-2024, llevarán a cabo una serie de actividades en las que el alumnado debe de interpretar diversas funciones matemáticas con la finalidad de extraer, de su interpretación, información referente a propiedades mecánicas de los materiales ensayados en las sesiones práticas. Para llevarlo a cabo, el profesorado debe de diseñar una estrategia metodológica que contemple una serie de fases:

TABLA 3: *Fases de la metodología propuesta para esta intervención fundamentada*

Fases	Sub-fases
a) Identificar las carencias en competencias matemáticas	✓ Contextualizar las actividades en el seno de la parte práctica de la asignatura ✓ Diseñar las preguntas del cuestionario referentes a: i) representación, ii) interpretación, y iii) análisis de funciones. ✓ Elaborar los sílabos y el instrumento de evaluación de estas actividades ✓ Interpretar y sintetizar la información recogida de las actividades
b) Implementación de las actividades del software "Twine"	✓ Diseñar el itinerario de las actividades propuestas en función de los resultados del análisis de la fase anterior, con la intención de mitigar las carencias en competencias matemáticas detectadas. ✓ Elaborar las correspondiente rúbricas de evaluación de estas actividades. ✓ Análisis en detalle de cada rúbrica implementada.
c) Realización de los informes prácticos de la asignatura	✓ Corrección del informe práctico de la asignatura relacionado con la representación, interpretación y análisis de funciones ingenieriles. ✓ Correlacionar los resultados académicos obtenidos en esta fase con los extraídos de las rúbricas de evaluación implementadas en la anterior.

Para ello, en un primer lugar, los docentes de esta asignatura propondrán una serie de ejercicios prácticos a través de la realización de un cuestionario en la plataforma Moodle de la asignatura. Tales ejercicios se contextualizarán en base a los saberes, asociados al conocimiento de ciertas competencias matemáticas (representación, análisis e interpretación de funciones matemáticas), que los alumnos deberían de tener adquiridos. Tras la realización de estos ejercicios, el profesorado empleará el software "Twine", TIC que permite diseñar actividades referentes al estudio, interpretación y construcción de funciones matemáticas, con la finalidad de diseñar actividades que permitan de algún modo sufragar las carencias detectadas, respecto a estas competencias matemáticas trabajadas en el cuestionario previo. Estas actividades se llevarán a cabo, de forma individual, antes de que se ejecuten las sesiones prácticas de la asignatura relacionadas con la interpretación de funciones ingenieriles. Tras la realización de estas, a través de "Twine", los alumnos tendrán que realizar el informe asociado a los contenidos impartidos en la sesión de prácticas de esta asignatura.

El desarrollo del proyecto promoverá, a su vez:

i) La interiorización de los conceptos teóricos-prácticos desarrollados a lo largo de la asignatura.

ii) La capacidad de análisis crítico de la información disponible.

iii) La toma de decisiones consensuadas

iv) La capacidad de diálogo entre iguales para la toma de decisiones basadas en el pensamiento crítico.

3.1. Participantes

La población de este estudio serán los alumnos que se han matriculado y matriculen en la asignatura de "Ciencias e Ingeniería de Materiales" los grados de "Ingeniería Mecánica", "Ingeniería Eléctrica", "Ingeniería en Tecnologías Industriales" e "Ingeniería Electrónica Industrial" en el curso escolar 2022-2023, como grupo de control, y en el curso 2023-2024 como grupo experimental.

Para el análisis exhaustivo de esta propuesta de intervención, se llevará a cabo:

Respecto al grupo experimental:

- Un estudio de las carencias matemáticas detectadas en los alumnos de nuevo ingreso tras la realización de los cuestionarios previos propuestos donde se movilizan las competencias matemáticas adquiridas durante la etapa del bachillerato
- Un examen de las rúbricas de evaluación implementadas en la fase número 2 y 3 de nuestra propuesta.

Respecto al grupo de control:

- Un análisis comparativo, con respecto al grupo experimental, del rendimiento académico asociados a las calificaciones obtenidas en la elaboración del informe número dos de las sesiones prácticas de la asignatura.

3.2. Herramientas metodológicas: Twine

Twine es un software gratuito de código abierto que permite realizar ficciones interactivas y ficciones hipertextuales. Esto se realiza en forma de páginas web en lenguaje HTML, posibilitando su uso en distintas plataformas. El software es accesible y sencillo de utilizar, ya que no requiere conocimientos de programación. Las narrativas se desarrollan mediante pasajes interconectados, formando así una trama. Además, se puede añadir imágenes, videos, efectos de sonido y otros elementos multimedia que enriquecen la historia.

Con Twine, los docentes pueden generar situaciones de aprendizaje tanto dentro como fuera del aula, proporcionando a los alumnos actividades atractivas y diversas. Además, el alumno se convierte en el centro del proceso de aprendizaje, otorgándole un papel protagonista en la narración o el juego, fomentando así su participación y desarrollo de habilidades. Este papel es el buscado en las metodologías activas, por lo que la convierte en una herramienta poderosa para implementarlas. Además, este software permite realizar un seguimiento del itinerario del jugador permitiendo una evaluación y seguimiento completo de las actividades que se realicen. En esta situación, nos valdremos de Twine para desarrollar una ficción interactiva. Mediante diferentes cuestiones planteadas como juego lograremos que los estudiantes se involucren en su proceso de aprendizaje. Las respuestas de los alumnos tendrán impacto en el desarrollo de la trama, proporcionando distintos caminos y posibles desenlaces. En concreto, realizaremos una serie de cuestiones sobre representar, analizar e interpretar una función, que se englobara dentro de una historia. Dichas cuestiones se plantearán en forma de retos que deben superar para continuar. Las cuestiones se harán teniendo en cuenta las necesidades específicas detectadas en el alumnado en una evaluación anterior. De esta forma, se espera empoderar al alumno, convirtiéndolo en un participante activo en la creación y evolución de su aprendizaje.

4. RESULTADOS

Los resultados asociados al programa “Twine” serán analizados y evaluados con una doble finalidad:

- Determinar si su ejecución ha supuesto una mejora significativa en los resultados de los informes prácticos asociados a la sesión práctica de la asignatura en la que se trabajan funciones ingenieriles.
- Evaluar si la implementación de esta metodología de actuación ha propiciado que se sufraguen parte de las carencias detectadas en los alumnos de nuevo ingreso respecto a ciertas “competencias matemáticas específicas”.

El análisis de cada una de las actividades llevadas a cabo en esta propuesta, permitirán:

a) Evaluar las competencias matemáticas previas, que los alumnos poseen entorno a este saber, a través del cuestionario

b) Sufragar de las carencias detectadas mediante las actividades ejecutadas a través del software “Twine”

c) Interiorizar parte de las competencias matemáticas trabajadas, es decir fomentar el aprendizaje.

Al llevar a cabo el análisis del rendimiento académico de la sesión práctica respecto al grupo de control (curso 2022-2023) y el grupo experimental (curso 2023-2024) se esperan obtener diferencias que podrán ser o no significativos según los resultados del análisis t-Student. El examen de los posibles resultados de este estudio podrá dar lugar a dos escenarios: i) que el resultado de esta metodología de lugar a una mejora las competencias matemáticas y por ello en las calificaciones del informe número 2 de la sesión práctica de esta asignatura, o por el contrario, ii) que no se observen variaciones significativas.

5. DISCUSIÓN

Esta propuesta es una primera aproximación en los que los docentes intentaran determinar si algunos de los componentes diseñados en las THA son adecuadas para la comprensión de los conceptos matemáticos movilizados en este estudio (Andrews-Larson et al 2017). Es decir, el estudio aquí propuesto, podría aportar evidencias de cómo diseñar una metodología de aprendizaje que sufragara parte de las carencias detectadas en los alumnos de nuevo ingreso. Los resultados de esta experiencia podrían determinar si existe una relación directa entre la propuesta y posterior implementación de las actividades desarrolladas por los docentes (encaminadas a sufragar esas carencias) en torno al programa Twine y las calificaciones obtenidas en el informe asociado a la práctica número dos de la asignatura implicada en este trabajo. En este posible escenario, el estudiantado que obtuviese mejores calificaciones respecto al grupo de control (curso escolar 2022-2023) pondría de manifiesto que las acciones llevadas a cabo por el profesorado inmerso en este proyecto, han promovido de forma adecuada que las actividades respecto al programa Twine sufraguen parte de las carencias en competencias matemáticas detectadas. Contrariamente, si los resultados en las puntuaciones referentes al informe número 2 fueran inferiores en el grupo experimental (curso escolar 2023-2024 donde se llevará a cabo esta experiencia) respecto al grupo de control, significaría que el diseño de las actividades propuestas no son suficientes y/o adecuadas para que el alumnado que las hiciera pudieran interiorizar parte de los conocimientos matemáticos relacionados con la representación, interpretación y análisis de funciones (conocimientos movilizados en el informe número 2 de la asignatura de CIM) necesarios para llevar a cabo esta tarea final.

Los resultados permitirán concluir si, el programa "Twine", es una buena opción para diseñar e implementar, por parte del profesorado, actividades en los que se movilizaran procesos cognitivos asociados a la adquisición de ciertas competencias en el ámbito matemático, lo que supondría una mejora final en las calificaciones obtenidas por el estudiantado en el seno de la asignatura involucrada en el proyecto. Contrariamente, aquellos estudiantes que lograsen peores resultados, serían los que fueran más reticentes ante esta nueva forma de aprendizaje.

6. CONCLUSIONES

El alumnado universitario que participe en esta propuesta, tendría la oportunidad de sufragar parte de las carencias en competencias matemáticas, si las tuviera, y de obtener un mayor rendimiento académico en la parte práctica de la asignatura inmersa en este escrito, al conectar los conocimientos adquiridos derivados de la ejecución de las actividades pro-puestas, con una problemática real y contextualizada en el ámbito ingenieril.

7. REFERENCIAS

Andrews-Larson, C., Wawro, M. y Zandieh, M. (2017). A hypothetical learning trajectory for conceptualizing matrices as linear transformations. INTERNATIONAL JOURNAL OF MATHEMATICAL EDUCATION IN SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48 (6), 809-829. https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1276225

Cárcamo, A., Fortuny J. y Gómez, J. (2017). Mathematical modelling and the learning trajectory: tools to support the teaching of Linear Algebra. INTERNATIONAL JOURNAL OF MATHEMATICAL EDUCATION IN SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48(3), 38-352.https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1241436

Casey, K. y Sturgis, C. (2018). Levers and Logic Models: A Framework to Guide Research and Design of HighQuality Competency-Based EDUCATION SYSTEMS. INACOL. https://bit.ly/3w0QeE9

Common Core Sate Standars Iniciative (2010). Common Core Standars for Mathematics. From: https://www.corestandardas.org/assents/CCSSI_Math%20Standards.pdf.

Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Un intent de definer l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. CIÉNCIES, 34, 22-30. https://bit.ly/3L1QzKU

Craig, D. (2018). Educación 4G. Corrientes: Cultura digital: http://craig.com.ar/educ4g/librodigital/Educacion4G-DiegoCraig.pdf

Escuela Superior de Ingeniería [en linea]. Cádiz: uca.es, 2015 [consulta 28 de julio de 2023] Disponible en: https://esingenieria.uca.es/docencia/grados/gim/plan-de-estudios/competencias/

Escuela Superior de Ingeniería [en linea]. Cádiz: uca.es, 2015 [consulta 28 de julio de 2023] Disponible en: https://esingenieria.uca.es/docencia/grados/gie/plan-de-estudios/competencias/

Escuela Superior de Ingeniería [en linea]. Cádiz: uca.es, 2015 [consulta 28 de julio de 2023] Disponible en:https://esingenieria.uca.es/docencia/grados/giei/plan-de-estudios/competencias/

Escuela Superior de Ingeniería [en linea]. Cádiz: uca.es, 2015 [consulta 28 de julio de 2023] Disponible en: https://esingenieria.uca.es/docencia/grados/giti/plan-de-estudios/competencias/

Fernández-Navas, M. (2015). Internet, organización en red y educ@ción: Estudio de un caso de buenas prácticas en Enseñanza Superior. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. https://bit.ly/3sln7ZI

González, D. y Roa-Fuentes, S. (2017). Un esquema de transformación lineal: construcción de objetos abstractos a partir de la interiorización de acciones concretas. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS 35 (2), 89-107.

Kilpatrick, J. (2009). The mathematics teacher and curriculum change. PNA, 3(3), 107-121. http://hdl.handle.net/10481/3511

Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) (2006). Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/12/29/1631/con

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) (2014). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con

Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) (2022a). Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. MEFP Disponible en:. https://bit.ly/3MWojuA

Ministerio de Educación y Formación Profesioneal (MEFP) (2022). Real Decreto 95/2022, de 1 de abril, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas en la Educación Infantil. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/95

Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) (2022). Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Disponible en: https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243/con

NCTM (2000). Principles and standards for school mathematics. NCTM.

Niss, M. (2002). Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish Kom Project. Roskilde University

OECD (2003). PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills. OECD. https://bit.ly/3N0TogJ

OECD (2018). PISA 2018 Assessment and Analytical Framework. OECD. https://doi.org/10.1787/b25efab8-en

Rico, L. (1997). Consideraciones sobre el currículo de Matemáticas para la Educación Secundaria. LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA EN LA SECUNDARIA, (pp. 15-38) Editorial Horsori.

Rico, L. (2007): La competencia matemática en PISA. PNA, 1(2),(2007). https://www.researchgate.net/publication/28144053_

Rychen, D.S., Salganik, L.H. y McLaughlin, M.E. (Eds.) (2001). Defining and selecting key competencies. OECD.

Rychen, D.S. y Salganik, L.H. (Eds.) (2003). Key competencies for a successful life and a well-functioning society. OECD.

Salganik, L.H., Rychen, D.S., Moser, U. y Konstant, J. (1999). Projects on competencies in the OECD context: Analysis of theoretical and conceptual foundations. OECD science and problem solving knowledge and skills. OECD.

Simon, M. A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. Jour-nal for Research in MATHEMATICS EDUCATION, 26(2), 114-145.

Simon, M. A., Tzur, R., Heinz, K. y Kinzel, M. (2004). Explicating a mechanism for conceptual learning: Elaborating the construct of reflective abstraction. Journal for Research in MATHEMATICS EDUCATION, 35 (5), 305-329. https://doi.org/10.2307/30034818

Trigueros, M. y Possani, E. (2013). Using an economics model for teaching Linear Algebra. LINEAR ALGEBRA AND ITS APPLICATIONS, 438 (4), 1779-792.https://doi.org/10.1016/j.laa.2011.04.009

Trigueros, M. (2019). The development of a linear algebra schema: learning as result of the use of a cognitive theory and models. ZDM, 51(7), 1055-1068.https://doi.org/10.1007/s11858-019-01064-6

Wawro, M., Larson, C., Zandieh, M. y Rasmussen, C. (2012). A hypothetical collective progression

for conceptualizing matrices as linear transformations. En S. Brown, S. Larsen, K. Marrongelle y M. Oehrtman (Eds.), PROCEEDINGS OF THE 15TH ANNUAL CONFERENCE ON RESEARCH IN UNDERGRADUATE MATHEMATICS EDUCATION (pp. 465-479) Portland: RUME

GAMIFICATION, A METHODOLOGY AIMED AT MOTIVATING SOFT SKILLS: A CASE STUDY ON UPM ENGINEERING STUDENTS

JUAN JOSÉ MORILLAS GUERRERO
Universidad Politécnica de Madrid

MANUEL ANTONIO FERNÁNDEZ-VILLACAÑAS MARÍN
EAE Business School Madrid

1. INTRODUCTION

More research is being done on the influence of new teaching methodologies on both academic performance and student motivation in the teaching-learning process of soft or psychosocial competences. The aim is to discover the relationship between the use of game-based teaching methods. It seems that the elements of competitive games such as achievements or goals, levels of skill in ascending order ("passing the screen") or rankings within a digital resource environment in the classroom, provide a motivating context for the student while promoting those who achieve the best results.

The focal goal of our work is to interpret the results obtained from our students studying engineering at one of the Schools or Centres of the Universidad Politécnica de Madrid (UPM) with respect to gamification, its use and the influence it may have on their motivation and/or competence development.

The methodology used was a registered and validated survey called the INGEMPRENDE© Survey, which questioned a representative sample (n=136) on various aspects of gamification, its use and even participation in its development, as well as other questions related to its possible success as an innovative teaching methodology. The questionnaire is structured in several blocks, of which we have selected those for the

analysis of the subject of gamification. In the first, the aim was to determine the degree of student involvement in this methodology, to find out the activities carried out and their participation, as well as the most common types of games and the vital rhythm of use. In the second, a series of questions were asked about motivation and whether this educational innovation has led to greater or lesser development of the soft skills of the individuals surveyed.

The discussion in our work points to whether or not gamification is connected to advancing the achievement of new skills or consolidating existing skills related to learner motivation and engagement in learning (Morillas-Guerrero, 2023).We wanted to find out whether our students were improving their personality areas, beyond the merely cognitive, to the emotional or socio psychological. The debate revolves around the idea of play-based learning and whether it is possible to go beyond the traditional strategies of the teacher who transmits knowledge to the teacher who guides and stimulates soft and motivational competences.

The most interesting results include the students' knowledge of these new concepts such as gamification, as well as their participation in serious game activities as a methodology, above all as participants, but also as developers in their learning processes. It is also interesting that there are different responses depending on the type of game in question, whether traditional or video games. Some gender-differentiated results are striking, for example in terms of the frequency of gaming in the life cycle of the respondents.

The conclusions are original and represent an interesting starting point for further research into the relationship between gamification and the motivation of university students in technical subjects where technical content takes priority over psychosocial skills.

2. LITERATURE REVIEW

One of the main lines of research on gamification is to discover the relationship between gamification and learning and, consequently, the fact that I can increase and/or improve these teaching processes by using techniques from serious games and their digital resources. Here it

is worth highlighting the reflections of (Prensky, 2001) who studied the academic success of digital technologies in comparison with traditional written work and assessment by exam.

One of the first theories on gamification dates back almost three decades, when (Csikszentmihalyi, 1998) established his interesting "flow theory" to explain the happiness that can be experienced in the creative, and therefore learning, process. People who live and work creatively come to feel emotions about those elements of learning. Thus, for a creative work to take place, there should be an interaction of the individual with the environment and its socio-cultural context. Therefore, all learning should not be the result of an individual process, but a systemic process of acting with the world and with others.

> Csikszentmihalyi says: “Being an engineer is not pleasant in itself. But if one does these things in a certain way, then they become intrinsically rewarding, worth doing for their own sake.”

This leads directly to "flow", to making serious tasks seem exciting and easy, like an adventure. This is where gamification comes in, as a device that can establish "creative" situations in which learners will experience a "state of flow", of complete realistic and intense immersion that confronts them with challenges and gives them constant feedback, thus feeling deep and rewarding learning.

We are going to highlight another theoretical contribution of great value coming from the "engagement theories" led by Kevin Werbach and Dan Hunter when they establish the basic mechanisms of gamification with the teaching-learning process. The fact is that, in order for there to be dual motivation: intrinsic (personal satisfaction) and extrinsic (rewards) in balance bringing effectiveness to the methodology, a gradual progression in the game must be included as well as meaningful rewards. Only in this way, a long-term commitment of the learner will be achieved to ensure long-lasting and deep learning (Werbach et al., 2012).

We cannot forget that this line of research is highly active at the moment and in constant evolution. Many studies and publications have suggested a certain positive impact of gamification on the development

of soft skills. We cannot fail to cite Kapur and Bielaczyc who demonstrated that gamification increases collaboration and communication among students, promoting problem solving and decision making through gaming environments (Kapur et al., 2018). Similarly, (Sailer et al., 2017) at the University of Colorado found favourable results for increased interest, intrinsic motivation and engagement in learning through a gamified learning environment versus traditional instruction.

In short, there are several theoretical explanations of gamification and motivation with different derivatives that continue to evolve, but it should be borne in mind that gamification and its impact on university students has very different factors that will influence its relationship with competence development, such as the educational context of the university or specific centre, the age of the students, the game design itself and, of course, the personal circumstances of the individual (propensity to interact in groups or not, extroverted or not, extroverted or not, psychological preferences, etc.).

3. OBJECTIVES

The main objective of this work is to analyse the current situation of UPM students in engineering with regard to the use of gamification as a motivating element and to improve soft skills.

We want to determine whether engineering students would be more motivated depending on the role they occupy or have occupied in a game-like activity. Given that many of the students have been able to design or create serious games, what would be their possible relationship in terms of their elements within specific subjects. We have also considered the types of games that students tend to play and whether they are didactic in nature, with the significance that this could have on their psicopersonal competence development.

And, finally, we seek to find a self-perceived assessment of the students regarding the level of satisfaction they have with the teaching methodologies used during their university education, and also what level of influence they find among these educational innovations when it comes to improving their soft skills, personal and motivational.

4. METHODOLOGY

A study such as this includes a broad methodological validity due to the fact that not only has the sample size been determined, but other relevant factors have also been considered, making it a highly valuable initial reference. The first thing we have taken care of is the representativeness of the sample (n=136), which may seem small, but which has been randomly selected and stratified according to the relevant characteristics of the universe.

The data was collected through the INGEMPRENDE© Survey, which has already been used in other reference analyses on the UPM student population in engineering studies (Morillas-Guerrero, 2023). This is based on a completely random, anonymized and representative treatment of the different Engineering Schools attached to the university.

The method included in the INGEMPRENDE© Survey starts from systematic elaboration and validation work over several years until reaching the consideration of an "Alphabet of personal and social competencies of UPM students." It is based on the detection and analysis of twenty-six competencies or skills, one for each letter of the Spanish alphabet. All of this focused on a method of self-perception and assessment by the respondent.

It consists of a double perspective: on the one hand, the conceptualization or analysis of the definition of the competence and understanding of its component elements; and on the other, the evaluative approach from other questionnaires on motivational evaluation type EM-PA (Quevedo-Blasco et al., 2016) and CEMEDEPU (Gargallo-López et al., 2011).

Data collection was done through the INGEMPRENDE© Survey, which has already been used in other benchmark analyses of the UPM student population in engineering studies (Morillas-Guerrero, 2023). This is based on a completely random, anonymised and representative treatment of the different engineering schools attached to the university. In this way, we have ensured the variability of the data and confidence with a rate of 95% and an error of ±5, thus demonstrating sufficient

statistical precision. Moreover, given the resources available to us, it is more practical and feasible in terms of time and materials to use this sample, which can provide valid and equally valid data.

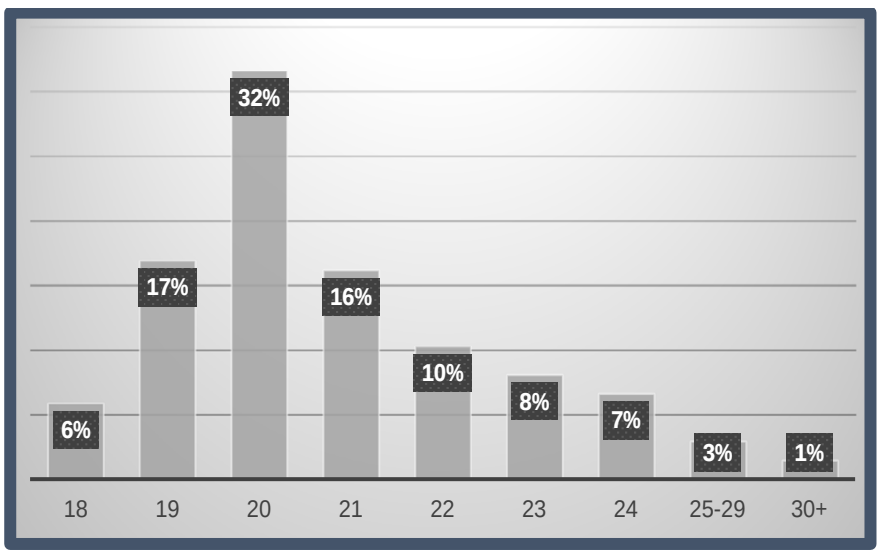
Finally, care was taken to ensure the quality of the data with a well-researched battery of questions designed to provide reliable and valid results. It was an exhaustive methodology of questions based on defined terms and made known to the respondent so that the process of introspection for the answer would be as personal and sincere as possible, guaranteeing spontaneity and verisimilitude due to the freedom given to the respondent to answer.

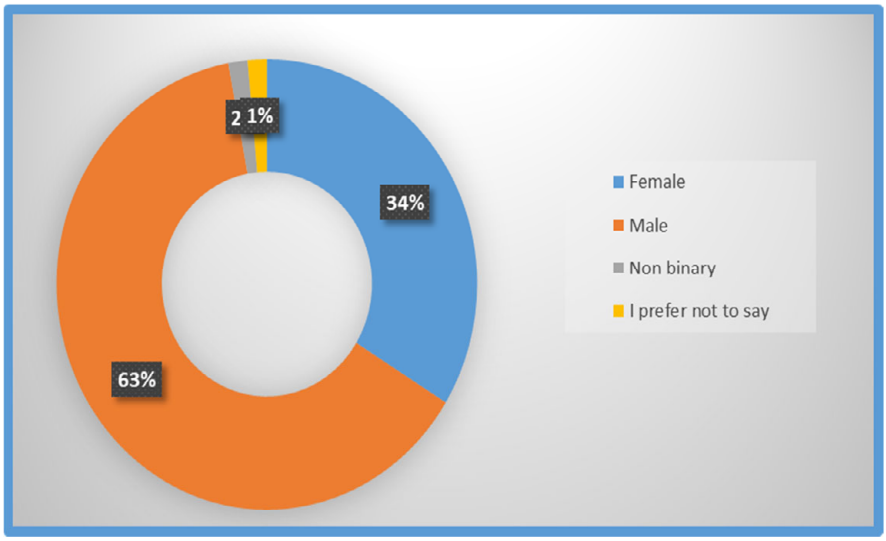
5. RESULTS

The first thing that the results show us, and which helps us to better understand the situation of the student body, is its generic profile in terms of age and gender characteristics.

As can be seen in Graph 1, all age ranges are represented, although the most notable is the 20-year-old age group.

GRAPHICS 1 & 2. Demographic profile of the student surveyed: age and gender.





Fuente: Source: INGEMPRENDE © Survey, 2023

As is logical given the number of university students enrolled, 65% of those surveyed were between 19 and 21 years of age, which helps us to give greater validity to this study, as it coincides with the average profile of university students in Spain.

As for gender, Graph 2, it should be noted that our university has the particularity of teaching in Engineering and Science, which is known as STEM careers. Therefore, according to the current situation in our country, there is an over-representation of men, specifically 63% of the surveyed population, compared to 32% of women.

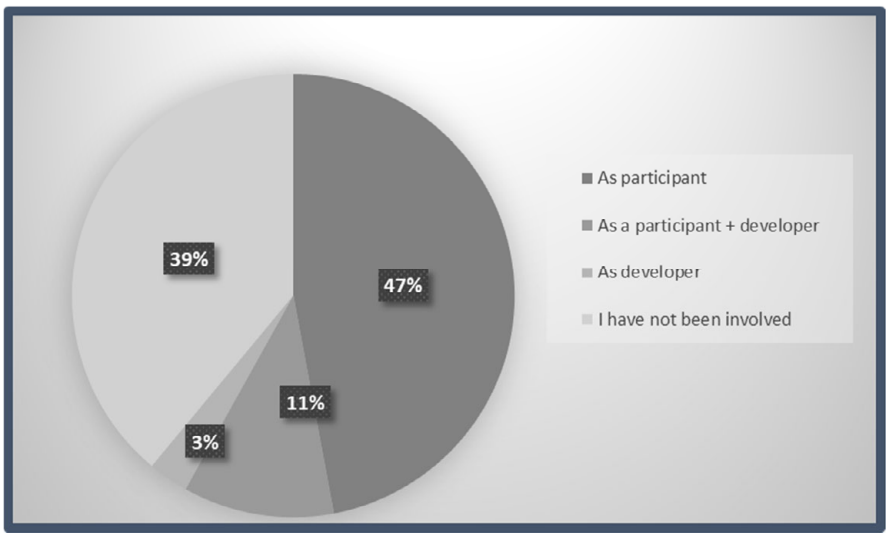
However, the data from our work can be contrasted with the fact that the percentage corresponding to women is in line with the general average of female enrolment[1], which is usually between 34%-36%, which also helps to validate the sample and these results. It is also worth highlighting the percentages of 2% and 1% corresponding to the options "No binary" and "I prefer not to say", which are already reflected in this study compared to other university studies (Observatorio Académico; Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia. UPM, 2022).

[1] https://short.upm.es/cmfvr

The second set of results deals with the gamification block, which is the main objective of our work. We wanted to discover the role, if any, of serious games and gamification activities in order to check the degree of student involvement with them as well as the role they could play.

In Graph 3, a division has been established between those who are involved in these gamification activities and those who are not. And here comes the main finding of our work: no more and no less than 61% of respondents claim to have become involved in some way with gamification. This is an exceedingly high figure that shows the importance that this type of educational innovation is gaining among our students.

GRAPHIC 3. *Have you been involved in any serious gaming or gamification activities?*



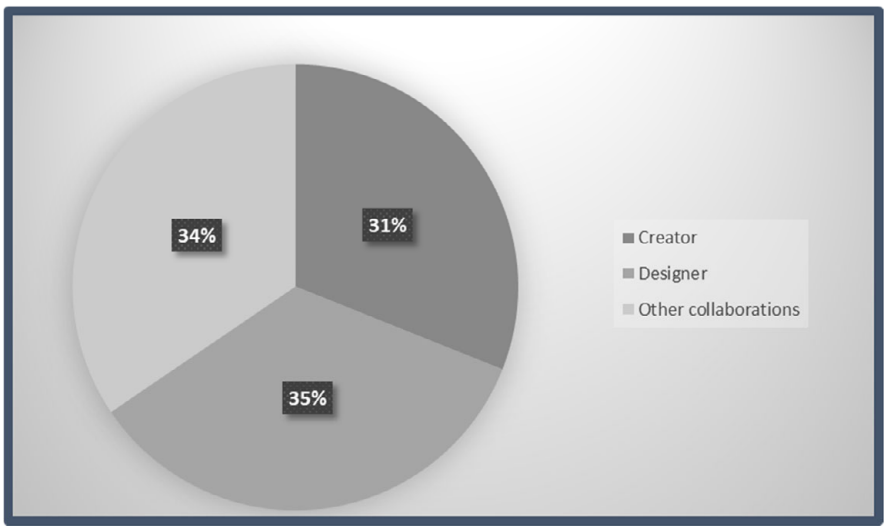
Fuente: Source: INGEMPRENDE © Survey, 2023

If we then look at the disaggregated data in terms of the role played (participation only, participation and development only, and development only), we again find an incredibly significant result. Forty-seven per cent of the students surveyed stated that they had participated in these innovative activities in terms of methodology. Almost half of our students have experienced, in one way or another, the situation of being subjects or agents of gamification.

Not to be underestimated is the figure of 11% who, in addition to being included as students in gamification activities, have also contributed to their implementation, in some way developing the gamification tool itself. We should also mention the result of 3% who have been linked to gamification, but only in the development part; an important finding that perhaps reflects the condition of our students as future engineers, which leads us to think that these methodologies also serve to improve technical competences, not only psychological ones.

It was interesting to include a detail on what work these developers have done, which can be seen in Graph 4.

GRAPHIC 4. *Works within the development (gamification).*



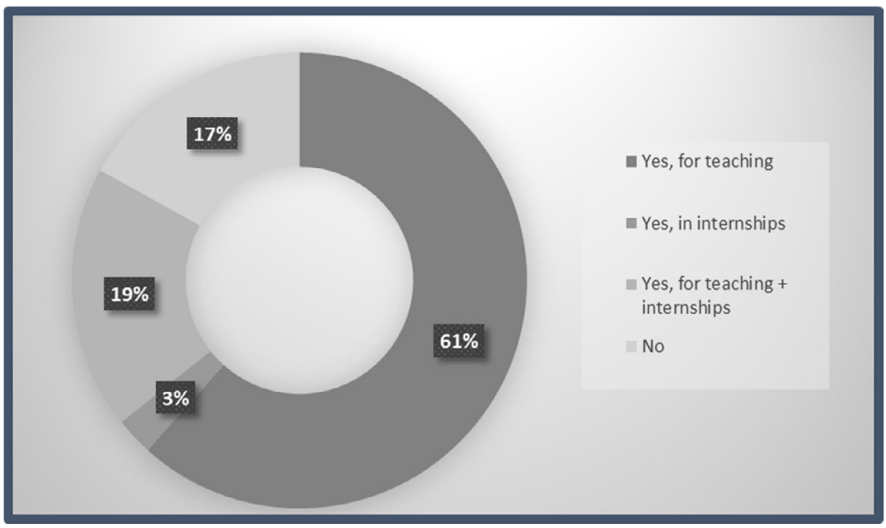
Fuente: Source: INGEMPRENDE © Survey, 2023

It can be seen that among the students who have developed gamification tools, they have done so very evenly distributed, with equal percentages, such as "Creator", "Designer" and "Other collaborations". Of all the categories analysed, the designer category stands out slightly, which indicates the involvement of our students from the earliest stages of the development of the tools, guaranteeing that the final recipients of these tools: the students themselves, have been present, contributing their personal vision as future agents receiving innovative methodologies.

With regard to the findings on gamification, they were asked whether or not they had taken subjects in which games had been used and in what context. Some examples were given (Kahoot, simulators, competitions, scape rooms, among others). As for the context of gamification tools, it was delimited for the case of "Teaching" or in the theoretical training itself and "Practices" and am-bas at the same time.

As can be seen in Graph 5, the basic results are very eloquent, constituting another of the keys to this study. 17 % of the respondents stated that they had "No" subjects in which gamification was used either in teaching or internship.

GRAPHIC 5. *Have you had subjects that make use of game elements?*



Fuente: Source: INGEMPRENDE © Survey, 2023

In the remaining 83% who "Yes" had taken subjects with this type of methodology, six out of ten students received gamification in the theoretical parts of the subjects, compared to a mere 3% who did so in the practical or laboratory parts of these subjects. It is also worth noting the result of 19% who responded to both modes of use of gamification methodologies or serious games, in theory and in practice.

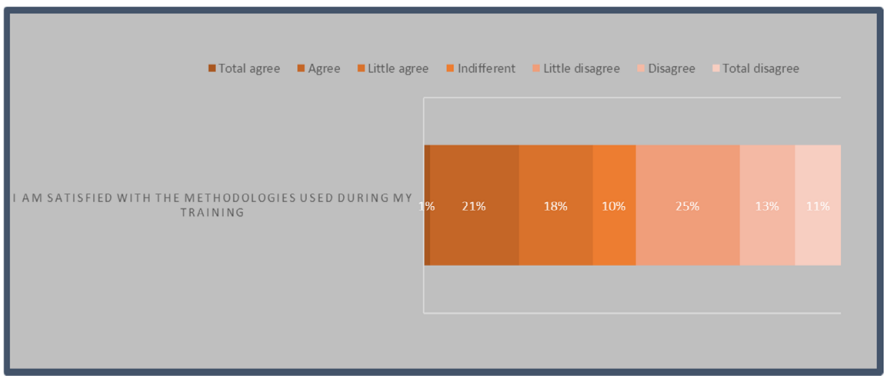
All this leads us to infer that in our case study, the teaching staff is actively using and including gamification in the teaching of the subjects

quite profusely, but that they dedicate it to the theoretical contents, which are usually more complex in terms of knowledge acquisition than the practical ones, perhaps due to the fact that these parts of the subjects usually replace the classroom or the carrying out of experiments already involves a recreational component.

Finally, we will address the basic argumentative block of this work, which seeks to determine whether gamification becomes a motivating element and, therefore, an element that improves students' soft skills.

The first thing we analysed was the current situation of the students in terms of the methodologies used during their training. We asked openly if they were satisfied with these methodologies. To our surprise, see Graph 6, we found that 40% of respondents were quite dissatisfied or dissatisfied. One percent expressed total dissatisfaction with the methodologies they had experienced.

GRAPHIC 6. *Satisfaction with the methodologies.*



Fuente: Source: INGEMPRENDE © Survey, 2023

To this we should add 10% of respondents who are indifferent to whether or not they are satisfied with these methodologies. It should also be considered that almost three out of every ten people who participated in the study only slightly disagree with this satisfaction with the pedagogical formulas used in the engineering careers taught at our university.

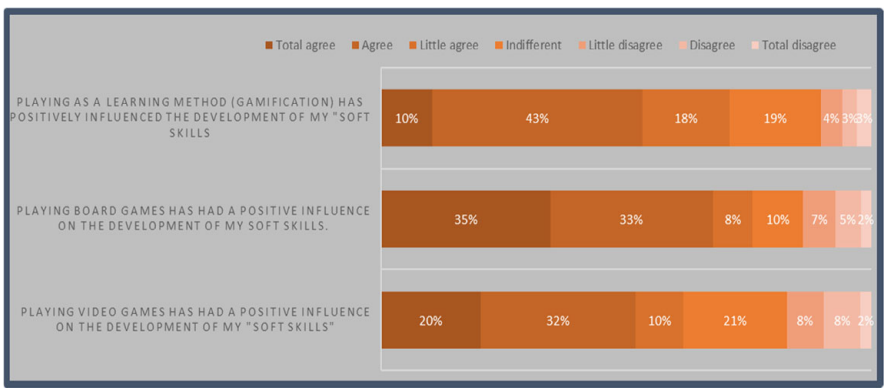
It could be deduced that we would be in a moment of doubt regarding traditional methodologies, despite the fact that many teachers are

participating in didactic innovation projects. Which would lead us to carry out an expansion of our work to understand the reasons for a certain anchorage in previous times when the subject of engineering could only be taught and learned from the use of "blackboard and chalk."

Having discovered that students continue to ask for changes in methodologies that are, perhaps, more traditional in engineering studies, we checked the situation of the other methodologies, the innovative ones, focusing on gamification and the two main types of games: board games and video games.

As can be seen in Graph 7, we asked their opinion on possible correlations between gamification and these competences, starting with the game as a teaching method and whether they thought it was positively related to their soft competences (in the survey there is also a previous block on each of these competences, so there is in-depth knowledge in this respect).

GRAPHIC 7. *Relationship between gamification and soft skills.*



Fuente: Source: INGEMPRENDE © Survey, 2023

The response was quite high, with 71% of respondents thinking that playing games develops their soft skills in a positive way. The response was quite high, 71% of those surveyed think that by playing they develop their soft skills positively. This finding is highly significant, considering the large number of students surveyed who have had some involvement with innovative methodologies (gamification or serious

games). Furthermore, we cannot lose sight of that central group of indifferent people (19%) who do not value the game positively or negatively as an element of positive development of their soft skills.

Finally, a distinction was made between board games and video games in order to better understand the influence of digital technology on our students.

The findings are once again remarkably interesting since, contrary to what might be thought a priori, it is board games that receive the most agreement. Thus, eight out of ten people said that these board games are the ones that have had the most positive influence on the development of their soft skills.

In contrast, six out of ten people say the same about video games. Perhaps, this can be attributed to the fact that students relate this type of digital games more to leisure than to teaching. However, recent studies (Chaarani et al., 2022) maintain that these video games enhance learning to a high extent due to the fact that they improve attentional performance and develop visuospatial working memory by suppressing or ignoring irrelevant stimuli in the acquisition of knowledge (Boot et al., 2008; Lee et al., 2012; Toril et al., 2016; Walsh et al., 2020).

6. DISCUSSION

The discussion between supporters of traditional didactic methodologies and advocates of gamification is a broad and complex topic in the field of education. Both approaches have their advantages and disadvantages, and the choice between them often depends on the educational context, the learning objectives and the preferences of educators and learners.

Here are some key points that are often discussed in this controversy: while traditionalists maintain a formal and structured approach to teaching processes, based on content and standardised assessment tests with written exams and quizzes, innovators, with methodologies such as gamification, pursue knowledge transmission in an engaging and

participatory way, with an active role of the learner asking for constant feedback in real time, through soft skills-based learning.

Our work has exposed the self-perceived reality of the respondents and is more than eloquent. There is widespread discontent with the use of traditional methods in engineering education. With the aggravating factor that it could be that they were useful for mere cognitive transmission - which is discussed - but that they forget about the interpersonal skills that are so important today in the professional future and in the business field.

This opens up new lines of future research to better understand whether educational innovations improve academic performance, since we have already shown that they do so in an emotional and psychological area, positively improving the learning process.

Our students are convinced that knowledge, formulas, and immutable scientific principles are particularly important in engineering, and at the same time they cry out for a transformation through new ways of teaching and learning. The most likely thing is that through more playful contexts where the student can feel the improvement of their interpersonal skills, the rest of the content learning will be more internalized.

In our opinion, only in this way can we ensure that our students will be more motivated and will be able to access a series of resources, competencies and skills that take into account the person as the centre of their teaching-learning process, where the role of teachers is to motivate and excite the student with the subjects and with the reality they will face when they reach the labour market.

However, the teaching-learning process cannot be left to a dichotomous decision for many reasons regarding the advantages and disadvantages of each of the paths: traditional or innovative.

Therefore, the discussion would be on the grounds of consensus and collaboration of both visions, perhaps taking a hybrid option that blends the good of both approaches and achieving the best educational goals with a reflective and holistic assessment that does not forget any element of the learner's education.

7. CONCLUSIONS

The first thing that stands out from our work is that the students surveyed from our university corroborate the general data in terms of their personal profile with respect to the entire universe, which makes the results obtained according to our own characteristic methodology more valid.

One of the basic conclusions that can be inferred, related to gamification, and which stands out for its importance, is that almost half of all respondents have participated in gamification activities. In addition to this fact, we have also discovered that another not insignificant percentage have been involved in the implementation of gamification tools or in their development.

Another conclusion to be highlighted is that among these students who developed the necessary tools for the implementation of gamification activities, they worked as creators and designers or in both roles, which leads us to reflect on the involvement of our students with the new methodologies that use games as a basis for implementation.

Also, we can state that an overwhelming number of students have received this methodology in their subjects. And of these, a majority of the cases of gamification application are focused on the theoretical teaching of the subjects, while these didactic resources are hardly used in the practical part. Although we should not forget that a representative percentage do apply innovative methods in both facets of the teaching-learning process, both theory and practice. Likewise, in contrast to the positive data, we should highlight the interesting fact (17%) who state that they have not experienced gamification in their subjects at all.

However, the most important finding of this study is undoubtedly the general dissatisfaction of students with the methodologies they have followed or are following during their university education. Four out of every ten people surveyed express, to a greater or lesser extent, a certain degree of disenchantment with the methodologies used.

Finally, in the correlations between gamification and soft skills, we have discovered that a very significant percentage respondent's state that there is a positive relationship between both elements, i.e. that the

innovative methodology implies a positive motivation in the development of psicopersonal skills, which are so important for the professional future that awaits them after their university education.

Likewise, in the disaggregated data, we can conclude that students in the choice between board games and video games prefer the former as those that have the greatest influence on the development of their soft skills. Despite the fact that recent research is directed towards the important role of video games in the improvement of attentional performance and memory development.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been possible without the collaboration of the students of the UPM, nor of my colleague Prof. Fernández-Villacañas, who has helped me so much in the planning of this paper, nor of my research group REFERENT, to whom we would like to express our special thanks for their support. We would also like to thank the funding of my project INGEMPRENDE (IE23.1401) of educational innovation by UPM and its grantee, Daniel Villanueva Pérez. Finally, I would also like to thank the E.T.S.I. Aeronáutica y del Espacio and its Director, Prof. ª. Cristina Cuerno Rejado for her constant encouragement and advice.

9. REFERENCES

Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. Acta Psychologica, 129(3), 387–398. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2008.09.005

Chaarani, B., Ortigara, J., Yuan, D., Loso, H., Potter, A., & Garavan, H. P. (2022). Association of Video Gaming with Cognitive Performance Among Children. JAMA Network Open, 5(10), e2235721–e2235721. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.35721

Csikszentmihalyi, M. (1998). Creatividad: el fluir y la psicología del descubrimiento y la invención. Paidós Barcelona.

Gargallo-López, B., Suárez-Rodríguez, J., Garfella-Esteban, P. R., & Fernández-March, A. (2011). El cuestionario CEMEDEPU. Un instrumento para la evaluación de la metodología docente y eva-luativa de los profesores universitarios.

Kapur, R., Byfield, V., Del Frate, F., Higgins, M., & Jagannathan, S. (2018). The Digital Transformation of Education. In P. P. Mathieu & C. Aubrecht (Eds.), Earth Observation Open Science and Innovation (Vol. 15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65633-5_2

Lee, H., Voss, M. W., Prakash, R. S., Boot, W. R., Vo, L. T. K., Basak, C., VanPatter, M., Gratton, G., Fabiani, M., & Kramer, A. F. (2012). Videogame training strategy-induced change in brain fun-ction during a complex visuomotor task. Behavioural Brain Re-search, 232(2), 348–357. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2012.03.043

Morillas-Guerrero, J. J. (2023). Measuring soft skills in Engineering Education: the case of their transmission through Gamification Activities or Serious Games in certain Technical School of the UPM. 6747–6753. https://doi.org/10.21125/inted.2023.1816

Observatorio Académico; Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia. UPM. (2022). Estudio Perfil de Ingreso de Estudiantes de Grado.

Quevedo-Blasco, R., Quevedo-Blasco, V. J., & Téllez-Trani, M. (2016). Cuestionario de evaluación motivacional del proceso de aprendizaje (EMPA). European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education, 6(2), 83–105.

Prensky, M. (2001). Fun, play and games: What makes games en-gaging. Digital Game-Based Learning, 5(1), 5–31.

Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gami-fication motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. Computers in Human Behavior, 69, 371–380.

Toril, P., Reales, J. M., Mayas, J., & Ballesteros, S. (2016). Video Ga-me Training Enhances Visuospatial Working Memory and Episodic Memory in Older Adults. Frontiers in Human Neuroscience, 10. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00206

Walsh, J. J., Barnes, J. D., Tremblay, M. S., & Chaput, J.-P. (2020). Associations between duration and type of electronic screen use and cognition in US children. Computers in Human Behavior, 108, 106312. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106312

Werbach, K., Hunter, D., & Dixon, W. (2012). For the win: How game thinking can revolutionize your business (Vol. 1). Wharton digital press Philadelphia.

UNA CLASE DE PROBLEMAS EN EL AULA INFORMÁTICA PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS CINÉTICOS DE UNA ENZIMA NO MICHAELIANA

SANTIAGO IMPERIAL RÓDENAS
Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular
Facultat de Biología
Universitat de Barcelona

PEDRO RAMON DE ATAURI CARULLA
Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular
Facultat de Biología
Universitat de Barcelona

ESTEFANIA MORENO GUILLÉN
Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular
Facultat de Biología
Universitat de Barcelona

JOSEP JOAN CENTELLES SERRA
Departament de Bioquímica i Biomedicina Molecular
Facultat de Biología
Universitat de Barcelona

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las proteínas cumplen la ecuación de Michaelis-Menten (Michaelis y Menten, 1913), en la que su función de saturación o respuesta fisiológica se determina mediante la ecuación: $Y = [S]/(Km + [S])$, donde Km es la constante de Michaelis, y [S] la concentración de substrato. La función de saturación, Y, consiste en la relación entre la fracción de proteína unida al substrato respecto a la proteína total. En el caso de las enzimas, $Y = [ES]/[E]_T = v/Vmax$.

Sin embargo, Archibald Hill, analizando la hemoglobina, una proteína transportadora de oxígeno en sangre, desarrolló en 1910 una nueva

función de saturación: la ecuación de Hill (Hill, 1910). En esta ecuación se cumple: $Y = [S]^n/(Kd + [S]^n)$, donde n es un parámetro de Hill que describe la cooperatividad, siendo n = 1 cuando la proteína se comporta de modo Michaeliano. La teoría de Hill no propone un mecanismo que explique la cooperatividad, igual que en otras teorías como el modelo de simetría de Monod-Wyman-Changeux (modelo MWC) propuesto en 1965 (Monod et ál., 1965).

Cuando Hill desarrolló su ecuación en 1910, no se conocía aún la estructura de la hemoglobina, con lo que Hill consideró el equilibrio siguiente: $Hb_n + n\ O_2 = Hb_n(O_2)_n$. Con ello, consideró que, dependiendo del número de centros de unión, se podían agregar más o menos substratos a la proteína. Esta teoría se denominó teoría de la agregación, e implicaba que, si existían 4 centros de unión en la hemoglobina, se unirían 4 O_2. Es la teoría del "todo o nada" (Hill, 1910), donde participaban las formas Hb_4 y $Hb_4(O_2)_4$; pero no las formas intermedias como $Hb_4(O_2)$, $Hb_4(O_2)_2$ o $Hb_4(O_2)_3$. Sin embargo, el coeficiente de Hill se encontraba entre 2,8 y 3, en lugar de 4. Esto indicaba que la teoría de la agregación no era totalmente válida (Hill, 1965). De todas formas, la ecuación de Hill sigue aplicándose a las curvas sigmoidales, denominándola actualmente teoría de la cooperatividad. Sin embargo, no siempre se puede hablar de una cooperatividad máxima. En el caso de la hemoglobina, la cooperatividad no es máxima (n = 4), y es posible determinar experimentalmente que el coeficiente de cooperatividad posee un valor de n = 2,8.

En 1925, Adair (Adair, 1925) obtuvo su ecuación, en la que consideraba los intermediarios $Hb_4(O_2)$, $Hb_4(O_2)_2$ y $Hb_4(O_2)_3$, que no consideraba Hill. Más tarde, en 1963, los trabajos de Perutz (Perutz, 1942; Muirhead y Perutz, 1963) demostraron que la hemoglobina es una molécula formada por 4 subunidades proteicas, capaces de unir un oxígeno cada una de ellas. Los modelos de Pauling-Wyman, de Monod-Wyman-Changeux, Koshland-Nemethy-Filmer, y otros posteriores, explican mejor la cooperatividad, pero generan ecuaciones de velocidad mucho más complejas que la ecuación de Hill (Dixon, 1979; Segel, 1975). Por ello, puesto que la ecuación de Hill es más sencilla, se sigue utilizando esta ecuación, aunque el valor de n no sea entero.

La determinación de los parámetros cinéticos de una ecuación de Hill fue compleja en su época, pues no se conocían los métodos de regresión no-lineal. Puesto que se deben calcular 3 parámetros cinéticos, no se puede realizar una regresión lineal, a menos que se conozca alguno de los 3 valores, y todas las técnicas para determinar los parámetros son aproximadas. A continuación, se describen los métodos más habitualmente utilizados para determinar los parámetros cinéticos de la ecuación de Hill.

1.1. Determinación de las constantes cinéticas a partir de los datos (o la gráfica de Michaelis-Menten)

A partir de la ecuación de Hill para una enzima:

$Y = v/Vmax = [S]^n/(Kd + [S]^n)$, es posible calcular los valores de $[S]_{90}$, $[S]_{50}$ y $[S]_{10}$, que son las concentraciones de substrato a las que se obtienen valores de velocidad de $v = 0{,}9 \cdot Vmax$, de $v = 0{,}5 \cdot Vmax$ y de $v = 0{,}1 \cdot Vmax$. Para ello, es preciso identificar la Vmax a partir de la asíntota de la gráfica. Posteriormente, substituyendo los valores de velocidad $0{,}9 \cdot Vmax$, $0{,}5 \cdot Vmax$ y $0{,}1 \cdot Vmax$ en la ecuación de Hill o en la gráfica de v frente a [S], se despejan los valores de $[S]_{90}$, $[S]_{50}$ y $[S]_{10}$, mediante: $0{,}9 = [S]_{90}^n/(Kd+[S]_{90}^n)$; $0{,}9Kd+0{,}9[S]_{90}^n = [S]_{90}^n$, obteniéndose:

$[S]_{90}^n - 0{,}9[S]_{90}^n = 0{,}1[S]_{90}^n = 0{,}9Kd$; $[S]_{90}^n = 9Kd$

$[S]_{50}^n - 0{,}5[S]_{50}^n = 0{,}5[S]_{50}^n = 0{,}5Kd$; $[S]_{50}^n = Kd$

$[S]_{10}^n - 0{,}1[S]_{10}^n = 0{,}9[S]_{10}^n = 0{,}1Kd$; $[S]_{10}^n = Kd/9$

Al dividir: $[S]_{90}^n /[S]_{10}^n = 81$, se puede determinar n. Posteriormente, a partir de $[S]_{50}^n = Kd$ se determina Kd.

1.2. Determinación de las constantes cinéticas a partir de las gráficas doble recíprocas, mediante regresión lineal

Se supone en este caso valores de n enteros, y al invertir la ecuación de Hill: $v = Vmax[S]^n/(Kd + [S]^n)$ se obtiene:

$1/v = (Kd/Vmax)(1/[S]^n) + 1/Vmax$.

Al representar 1/v respecto a $1/[S]^n$ se obtendrán diversas gráficas según el valor de n. A partir de la gráfica que sea lineal, se obtiene el valor de n entero. De la regresión lineal se obtiene Vmax de la ordenada en el origen y Kd se calcula a partir de la pendiente.

Vmax = 1/ordenada en el origen.

Kd = pendiente/ordenada en el origen.

1.3. Determinación de las constantes cinéticas a partir de la gráfica logarítmica, mediante regresión lineal

La representación logarítmica se obtiene a partir de aplicar logaritmos a la ecuación de Hill modificada:

$v = (Vmax\ [S]^n)/(Kd + [S]^n)$

$v\ Kd + v\ [S]^n = (Vmax\ [S]^n)$

$Vmax\ [S]^n - v\ [S]^n = v\ Kd$

$(Vmax - v)\ [S]^n = v\ Kd$

$[S]^n/Kd = v/(Vmax - v)$

$\log (v/(Vmax - v)) = n \log[S] - \log Kd$

Se determina Vmax a partir de la asíntota de la gráfica. Posteriormente se representa $\log (v/(Vmax - v))$ respecto a log[S], y a partir de la regresión lineal se obtienen los valores de n y de Kd:

n = pendiente

Kd = antilog (– ordenada en el origen)

1.4. Determinación de las constantes cinéticas a partir de la gráfica de Eadie-Scatchard

De la expresión de Hill: $v/Vmax = [S]^n/(Kd + [S]^n)$, considerando los parámetros adimensionales: $v' = v/Vmax$ y $S^* = [S]/[S]_{50}$, se obtiene la siguiente expresión:

$v' = (S^{*\,n}\ [S]_{50}{}^n)/([S]_{50}{}^n + S^{*\,n}\ [S]_{50}{}^n) = S^{*\,n}/(1 + S^{*\,n})$.

$v' + v'\ S^{*\,n} = S^{*\,n}$

$v' = - v' (S^*)^n + (S^*)^n$

$v'/S^* = - v' (S^*)^{n-1} + (S^*)^{n-1}$

Además, $v' = (1-v')(S^*)^n$; $(S^*)^n = v'/(1-v')$; $(S^*)^{n-1} = (v'/(1-v'))^{(n-1)/n}$. Al derivar e igualar a cero: $d(v'/S^*)/dv' = 0$, se obtiene $v' = (n - 1)/n$. Finalmente, se puede determinar n del valor obtenido de v' mediante la expresión: $n = 1/(1-v')$.

2. OBJETIVOS

En este estudio utilizamos el aprendizaje basado en problemas con la finalidad de que los estudiantes de la asignatura "Reconocimiento e Interacciones Moleculares" puedan:

- Interpretar los datos de un problema que cumple la ecuación de Hill y determinar los parámetros cinéticos a partir de estos datos o de la gráfica v frente a S.
- Representar las distintas linealizaciones doble-recíprocas y calcular los parámetros cinéticos obtenidos de estas gráficas (considerando un valor entero de n).
- Analizar los errores de la gráfica de Lineweaver-Burk.
- Representar la gráfica logarítmica, considerando valores de velocidad máxima fijos, calcular los parámetros cinéticos obtenidos de esta gráfica, y analizar las diferencias entre los valores de velocidad máxima considerados.
- Representar la gráfica de Eadie-Scatchard y calcular el valor de n de dicha gráfica.
- Analizar la utilidad de la gráfica de Eadie-Scatchard.
- Comparar los parámetros cinéticos obtenidos por los diversos métodos e identificar cuál es la mejor gráfica para determinar los parámetros cinéticos más correctos mediante regresión lineal.

– Aprender a utilizar el complemento Solver de Excel, para realizar regresiones no-lineales, y aplicarlo en particular a la ecuación de Hill.

3. METODOLOGÍA

El aprendizaje basado en problemas es una metodología educativa que se enfoca en el aprendizaje activo y la resolución de problemas en lugar de en la memorización de información. En este tipo de metodología, los estudiantes trabajan en grupos pequeños para abordar problemas complejos y realistas. El objetivo principal consiste en desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, así como fomentar el trabajo en equipo y la colaboración.

El proceso de aprendizaje basado en problemas generalmente consta de los siguientes pasos:

– Identificación del problema: Se presenta a los estudiantes un problema complejo y realista que debe ser resuelto.

– Definición del problema: Los estudiantes identifican los componentes del problema y determinan lo que se sabe y lo que se desconoce.

– Investigación: Los estudiantes realizan una investigación para recopilar información relevante sobre el problema.

– Análisis y síntesis: Los estudiantes analizan y sintetizan la información recopilada para desarrollar soluciones al problema.

– Presentación: Los estudiantes presentan sus soluciones y discuten sus hallazgos con el grupo.

– Reflexión: Los estudiantes reflexionan sobre el proceso de resolución de problemas y el aprendizaje adquirido.

Esta metodología se considera efectiva para promover la retención de información, mejorar la motivación y la autoeficacia de los estudiantes, y desarrollar habilidades prácticas y aplicables al mundo real. El aprendizaje se produce mejor cuando los estudiantes se enfrentan a

situaciones que requieren la aplicación práctica de lo que han aprendido. En lugar de simplemente memorizar información, los estudiantes deben aplicar lo que saben para resolver problemas y situaciones complejas en un entorno simulado o real.

El aprendizaje basado en problemas también promueve la colaboración y el trabajo en equipo. Los estudiantes trabajan en grupos pequeños para abordar problemas, lo que les permite aprender no sólo de su propia experiencia, sino también de la experiencia de sus compañeros. El trabajo en equipo también ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades interpersonales, como la comunicación efectiva y la resolución de conflictos. Además, fomenta la reflexión sobre el proceso de aprendizaje y la resolución de problemas. Al reflexionar sobre su experiencia, los estudiantes pueden identificar lo que funcionó bien y lo que no funcionó, lo que les permite mejorar su enfoque en futuros problemas.

En nuestro caso, el aprendizaje basado en problemas se basa en la resolución de un problema propuesto en el aula de ordenadores, para poder utilizar una página web que calcula los parámetros cinéticos por regresión no-lineal. Cada alumno dispone de un ordenador, y además de poder utilizar Internet para realizar una regresión no-lineal, también podrá utilizar el programa Excel, y realizar las representaciones lineales y determinar los parámetros cinéticos para cada recta obtenida en cada uno de los métodos. Además, los alumnos podrán discutir entre ellos, y se irán comentando los resultados durante la clase. Al utilizar esta metodología, los estudiantes pueden desarrollar habilidades prácticas y aplicables al mundo real, así como fomentar la colaboración y la reflexión sobre cada metodología aplicada y los resultados obtenidos.

3.1. Problema propuesto

Con la finalidad de determinar los parámetros cinéticos de una enzima no-Michaeliana, que cumple la ecuación de Hill, se realizaron determinaciones de actividad añadiendo siempre una cantidad fija de enzima a una serie de mezclas de reacción que contenían diferentes concentraciones de substrato ([S]). Se mantuvieron constantes las demás condiciones (pH, temperatura, fuerza iónica, …). A partir de la pendiente de

la recta en la fase inicial de la curva de progreso se calcularon y obtuvieron los valores de velocidad que se muestran en la Tabla 1.

***TABLA 1**.- Datos de [S] preparadas en las mezclas de reacción (expresadas en mM) y velocidades obtenidas a partir de las curvas de progreso (v, expresada en µmol/L min).*

[S], mM	v, µmol/L min
0,20	0,7
0,75	34
0,98	74
1,102	100
1,50	219
1,80	328
2,00	400
2,29	500
3,50	780
4,00	840
4,80	900
5,00	912
5,50	933
6,80	960
15,0	996
20,0	999

A partir de estos resultados, ¿cuál es el valor de la Vmax? ¿Cuánto vale la Kd de la enzima para el substrato S? ¿Cuál es el valor de n? Considerar que la enzima cumple la ecuación de Hill.

Determinar los parámetros cinéticos a partir de los siguientes métodos:

a. Gráfica de Michaelis-Menten (conocida Vmax, determinar [S]90, [S]50 y [S]10 por interpolación).
b. Gráfica doble recíproca (1/v frente a 1/[S], frente a $1/[S]^2$, frente a $1/[S]^3$, …)
c. Aplicar logaritmos y representar log(v/(Vmax-v)) frente a log[S] (hacerlo aplicando logaritmos decimales y logaritmos neperianos. ¿Qué diferencias se observan?)
d. Gráfica de Eadie-Scatchard
e. Regresión no-lineal (utilizando el complemento Solver del Excel)

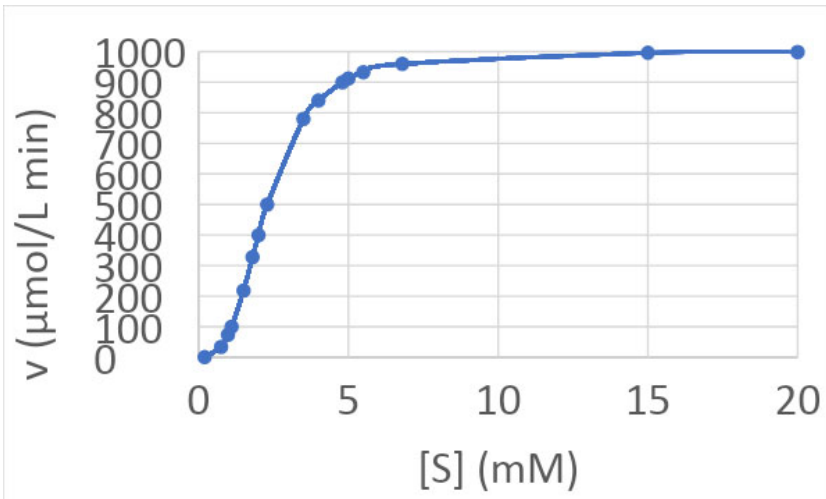
4. RESULTADOS

4.1. Determinación de las constantes cinéticas a partir de los datos (o la gráfica de Michaelis-Menten)

Se espera que los alumnos identifiquen que el valor máximo de velocidad que se presenta en la Tabla 1 es de 999 µmol/L min. Así pues, la velocidad máxima de la enzima debe ser superior o igual a este valor. Una posibilidad consiste en elegir un valor de velocidad máxima de Vmax = 1000 µmol/L min. Los valores de 0,9 Vmax = 900 µmol/L min, 0,5 Vmax = 500 µmol/L min y 0,1 Vmax = 100 µmol/L min, aparecen en la Tabla 1, y a partir de ellos se pueden obtener directamente [S]90 = 4,80 mM, [S]50 = 2,29 mM y [S]10 = 1,102 mM. A partir de estos valores, se pueden determinar los valores de las otras constantes cinéticas (n y Kd): n = log(81) / log([S]90/[S]10) = log(81) / log(4,80 mM/1,102 mM) = 2,99; y Kd = $[S]50^{n}$ = $(2,29\ mM)^{2,99}$ = $11,87\ mM^{2,99}$.

Es posible realizar la gráfica de Michaelis (v frente a [S]) mediante el programa Excel de Microsoft Office (o un programa de tratamiento de datos similar), obteniéndose la gráfica de la Figura 1. Se observa una gráfica sigmoidal, que nos indica que la enzima no es Michaeliana (si fuera Michaeliana, la gráfica debería ser hiperbólica).

***FIGURA 1**. Gráfica de Michaelis-Menten (v frente a [S])*



Según el valor de Vmax que se utiliza, se obtienen distintos valores de Kd y n. Por ello, este método de determinación de las constantes cinéticas no es muy fiable. En este caso, se ha utilizado un valor de Vmax = 1000 μmol/L min, y los parámetros obtenidos han sido:

Vmax = 1000 μmol/L min, n = 2,99, Kd = 11,87 $mM^{2,99}$.

4.2. Determinación de las constantes cinéticas a partir de las gráficas doble recíprocas, mediante regresión lineal

Una regresión lineal puede generar valores de los parámetros cinéticos más fiables que un cálculo aproximado como el que se ha efectuado en el caso de utilizar la ecuación de Michaelis-Menten directamente. Sin embargo, es sabido que la gráfica de Lineweaver-Burk para una enzima Michaeliana presenta valores con altos errores si las [S] son bajas, es decir aquellos puntos cuyos valores de (1/[S]) se encuentran a la derecha de la gráfica (Centelles et ál., 2023). La gráfica doble recíproca, igual que la de Lineweaver-Burk, se basa en invertir la ecuación de Hill:

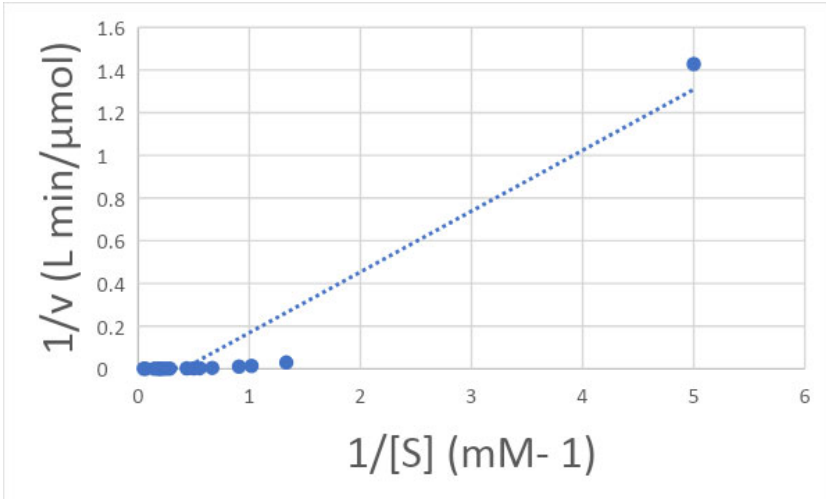
$1/v = (Kd/Vmax)\ (1/[S]^n) + (1/Vmax)$

Esta representación se centra en considerar que n es un número entero. En caso de que la cooperatividad sea máxima, el valor de n coincidirá con el número de subunidades que contiene la enzima. Por ello parece razonable considerar que este número es un número entero.

En caso de n = 1 (enzima Michaeliano, representación de Lineweaver-Burk) se representará (1/v) frente a (1/[S]). La Figura 2 nos muestra esta representación.

La gráfica de la Figura 1 muestra que la enzima no es Michaeliana, ya que posee un aspecto sigmoidal, y si fuera Michaeliana debería ser hiperbólica. A partir de la gráfica de la Figura 2 se confirma también que la enzima no es Michaeliana, ya que los puntos no se adaptan a una línea recta. Además, si se calculan los parámetros cinéticos a partir de la ecuación de la recta se obtienen los valores:

***FIGURA 2**. Gráfica de Lineweaver-Burk ((1/v) frente a (1/[S]). Se supone en esta gráfica que n = 1.*

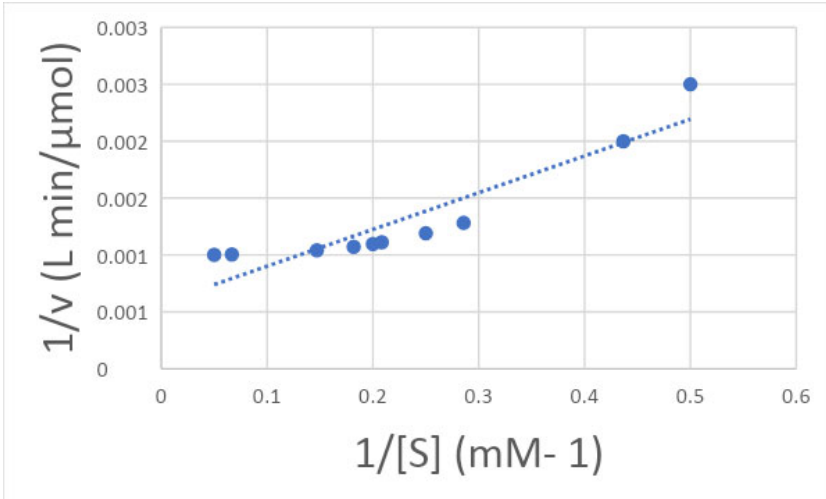


n = 1
Vmax = 1/0,1166 = 8,58 µmol/L min
Kd = 0,2851/0,1166 = 2,44 mM.

Aparte que los puntos no se adaptan a la recta, evidentemente, el valor de Vmax no es correcto, pues en la Tabla 1 hay muchos valores de velocidades superiores a 8,58 µmol/L min.

Sin embargo, tal como se ha comentado anteriormente, sería posible que el valor de [S] = 0,2 mM presentara un valor erróneo de v, y por lo tanto, la Figura 3 muestra la misma gráfica eliminando los 5 puntos con menores [S]. En este caso se observa perfectamente que la gráfica no es lineal.

***FIGURA 3**. Gráfica de Lineweaver-Burk ((1/v) frente a (1/[S]) eliminando los 5 primeros puntos, con las [S] menores. Se supone en esta gráfica que n = 1.*

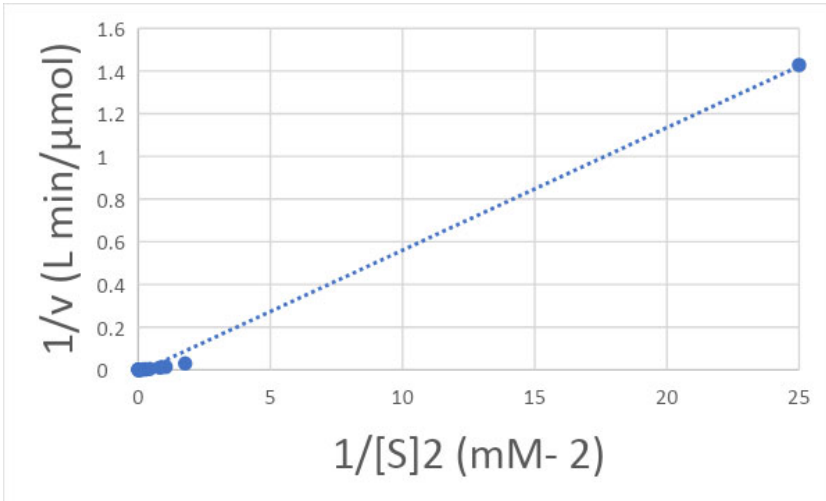


A partir de la recta se pueden determinar los parámetros:
n = 1
Vmax = 1/0,0006 = 1666,67 µmol/L min
Kd = 0,0032/0,0006 = 5,33 mM.

En este caso, la Vmax es superior a 999 µmol/L min, pero el valor de R^2 indica que la regresión lineal no es buena.

Se puede proseguir realizando otras gráficas doble-recíprocas, suponiendo valores de n = 2, y representando (1/v) frente a $(1/[S]^2)$ (Figura 4). Sin embargo, a medida que aumenta el valor de n, los errores de las [S] bajas aumentan geométricamente.

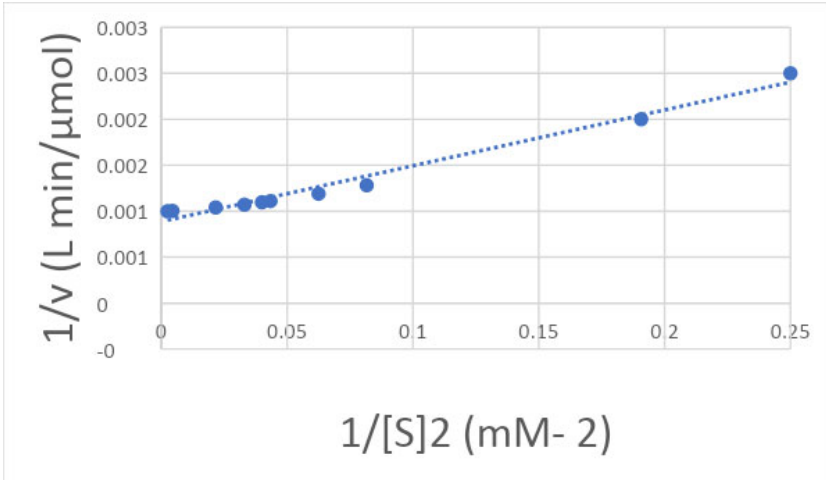
***FIGURA 4**. Gráfica doble recíproca ((1/v) frente a (1/[S]²). Se supone en esta gráfica que n = 2.*



A partir de la recta de la Figura 4 se obtienen los parámetros:
n = 2
Vmax = 1/0,0143 = 69,93 µmol/L min
Kd = 0,0575/0,0143 = 0,40 mM.

Igual que para n = 1, la gráfica de la Figura 4 tiene una apariencia que podría ser lineal si las [S] bajas hubiesen generado velocidades erróneas. Por eso, igual que antes se eliminaron los 5 puntos de [S] bajas, y se presentan en la Figura 5.

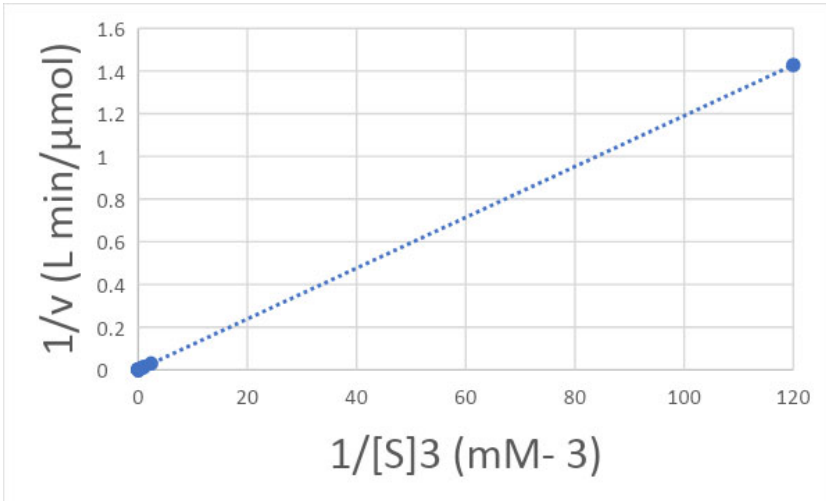
***FIGURA 5**. Gráfica de Lineweaver-Burk ((1/v) frente a (1/[S]) eliminando los 5 primeros puntos, con las [S] menores. Se supone en esta gráfica que n = 2.*



De nuevo, los puntos no se adaptan a una recta (R^2 = 0,9791). Los parámetros obtenidos a partir de esta recta fueron:
n = 2
Vmax = 1/0,0009 = 1111,11 µmol/L min
Kd = 0,0061/0,0009 = 6,78 mM.

De igual modo, se puede representar (1/v) frente a $(1/[S]^3)$, para n = 3 (Figura 6) y (1/v) frente a $(1/[S]^4)$, para n = 4 (Figura 8). Valores superiores ya no cumplirían que la cooperatividad sea máxima, pues empiezan a tener más peso los intermediarios que Hill elimina cuando supone la máxima cooperatividad. Asimismo, las Figuras 7 y 9 corresponden a las representaciones de (1/v) frente a $(1/[S]^3)$ y de (1/v) frente a $(1/[S]^4)$, en las que se han eliminado los 5 valores de [S] bajas.

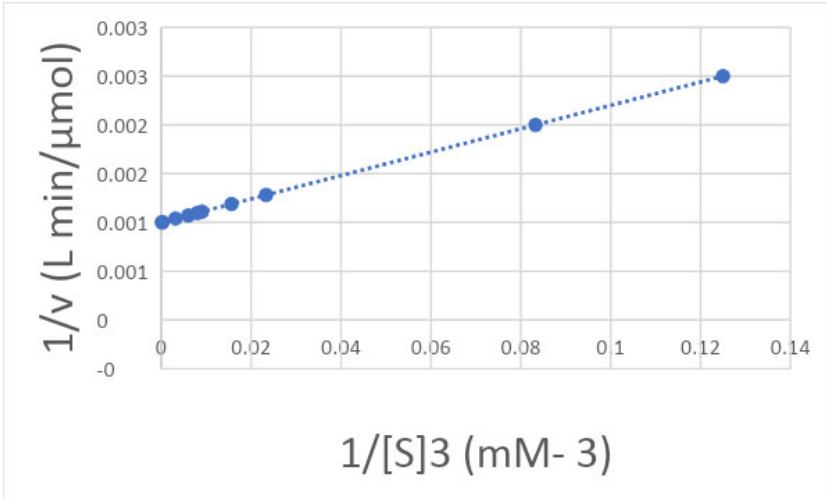
***FIGURA 6**. Gráfica doble recíproca ((1/v) frente a (1/[S]³). Se supone en esta gráfica que n = 3.*



Se determinaron los parámetros cinéticos a partir de la recta de la Figura 6:
n = 3
Vmax = 1/0,0012 = 833,33 µmol/L min
Kd = 0,0114/0,0012 = 9,3 mM³.

En este caso se observa que los puntos se ajustan a la recta, a pesar de que el valor de Vmax es menor que los valores de velocidad que se observan a partir de [S] = 4,00 mM y para las concentraciones superiores de la Tabla 1. Pero, la gráfica muestra un conjunto de puntos con valores de $(1/[S]^3)$ bajos y un único punto, que podría ser erróneo, con valor de $1/[S]^3 = 125$ mM^3, que corresponde a un valor de [S] = 0,20 mM. Por ello, se eliminan los 5 primeros puntos, con las [S] menores y parece que se distribuyen mejor los puntos a lo largo de la recta (Figura 7).

***FIGURA 7**. Gráfica doble recíproca ((1/v) frente a (1/[S]³) eliminando los 5 primeros puntos, con las [S] menores. Se supone en esta gráfica que n = 3.*



Se determinaron los parámetros cinéticos a partir de la recta de la Figura 7, obteniéndose unos mejores resultados:
n = 3
Vmax = 1/0,001 = 1000 µmol/L min
Kd = 0,012/0,001 = 12 mM^3.

En este caso se observa que los puntos se ajustan mucho mejor a la recta, y éstos serán los valores correctos.

Para asegurarnos, se determinan los parámetros cinéticos de la Figura 8:

n = 4

Vmax = 1/0,0041 = 243,90 µmol/L min

Kd = 0,0023/0,0041 = 0,56 mM^4.

***FIGURA 8**. Gráfica doble recíproca ((1/v) frente a (1/[S]⁴). Se supone en esta gráfica que n = 4.*

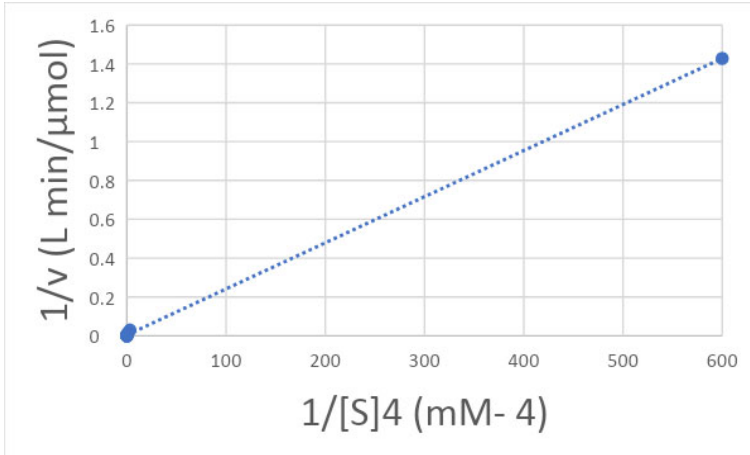
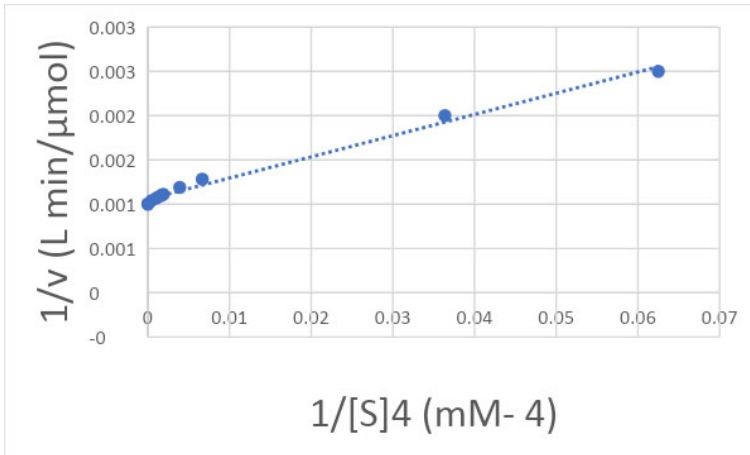


***FIGURA 9**. Gráfica doble recíproca ((1/v) frente a (1/[S]⁴) eliminando los 5 primeros puntos, con las [S] menores. Se supone en esta gráfica que n = 4.*



Puesto que en la Figura 8 también se ven juntos todos los puntos de [S] superiores, se eliminan los 5 primeros puntos con [S] bajas para realizar la Figura 9 y determinar los parámetros cinéticos:

n = 4

Vmax = 1/0,0011 = 909,09 µmol/L min

Kd = 0,0239/0,0011 = 21,73 mM^4.

En este caso se observa que los puntos no se ajustan tampoco a la recta, corroborándose que n = 3.

4.3. Determinación de las constantes cinéticas a partir de la gráfica logarítmica, mediante regresión lineal

La representación logarítmica se obtiene a partir de la ecuación:

$$\log (v/(Vmax - v)) = n \log[S] - \log Kd$$

Al representar log(v/(Vmax – v)) frente a log[S] se obtiene una gráfica, donde la pendiente de la recta es n y la ordenada en el origen – log Kd. Sin embargo, para obtener la gráfica logarítmica es necesario definir un valor de Vmax para calcular los valores de log(v/(Vmax – v)). La Figura 10 muestra la gráfica logarítmica utilizando logaritmos decimales, y a partir de la regresión lineal de la recta se obtienen los parámetros cinéticos siguientes:

Vmax = 1000 μmol/L min

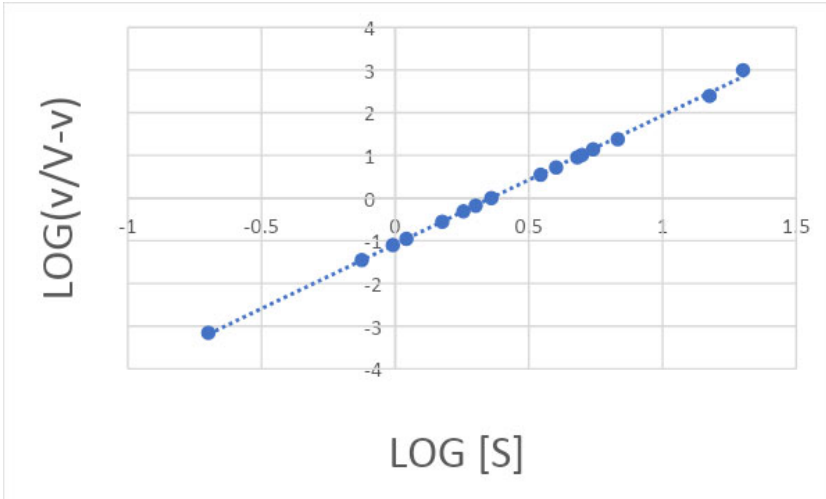
n = 3,0176

$Kd = 10^{1,0809} = 12,05\ mM^{3,02}$.

La base del logaritmo no implica un cambio en la determinación de los parámetros cinéticos. La Figura 11 muestra la gráfica logarítmica utilizando logaritmos neperianos en lugar de los logaritmos decimales. En la regresión lineal se observa que la pendiente de ambas rectas (Figuras 10 y 11) es la misma, ya que en ambos casos corresponde al valor de n.

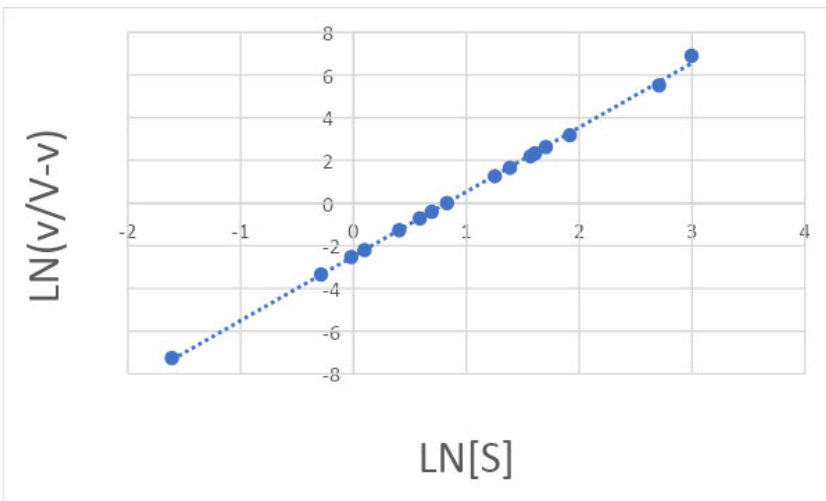
Sin embargo, la ordenada en el origen es distinta, pues en un caso corresponde a – log Kd (Figura 10) y en el otro a – ln Kd (Figura 11). Sin embargo, al calcular los parámetros cinéticos de la Figura 11 se obtienen los mismos que los calculados utilizando la otra base logarítmica:

***FIGURA 10**. Gráfica logarítmica en base 10 de (log(v/(Vmax-v)) frente a log[S]), tomando un valor de Vmax = 1000 µmol/L min para realizar los cálculos.*



Vmax = 1000 µmol/L min
n = 3,0176
Kd = $e^{2,489}$ = 12,05 $mM^{3,02}$.

***FIGURA 11**. Gráfica logarítmica en base e (neperiana) de (ln(v/(Vmax-v)) frente a ln[S]), tomando un valor de Vmax = 1000 µmol/L min para realizar los cálculos.*



Cabe destacar que el método doble logarítmico es bastante más robusto que los demás, ya que independientemente de los valores de Vmax elegidos, los valores de n y Kd son bastante similares.

4.4. Determinación de las constantes cinéticas a partir de la gráfica de Eadie-Scatchard

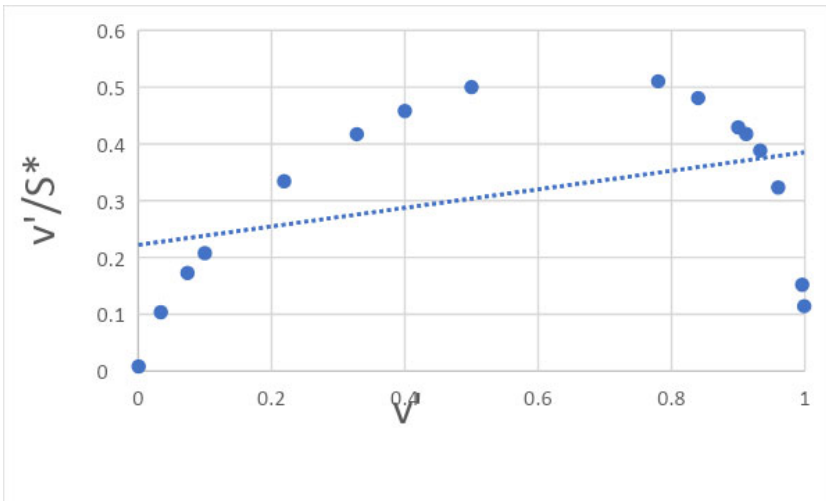
La ecuación de Eadie-Scatchard sirve para determinar el valor de n y para ello se normalizan las variables haciéndolas adimensionales. Así, se calculan: v' = v/Vmax y S* = [S]/[S]50. La ecuación de Eadie-Scatchard se obtiene realizando estas substituciones en la ecuación de Hill, teniendo en cuenta que $Kd = [S]50^n$:

$$v = (Vmax\ [S]^n)/(Kd + [S]^n)$$

$$v'/S^* = -v'\ (S^*)^{n-1} + (S^*)^{n-1}$$

Al representar (v'/S*) frente a v' se obtiene la gráfica de la Figura 12, y se ajustan los datos a una ecuación de segundo grado. La gráfica de Eadie-Scatchard muestra un máximo si la cooperatividad es positiva, una recta de pendiente – 1 para cooperatividad nula y un mínimo si la cooperatividad es negativa.

***FIGURA 12**. Gráfica de Eadie-Scatchard ((v'/[S]*) frente a (v')).*



Puesto que la cooperatividad es positiva se observa un máximo. El valor de v' del punto máximo se obtiene derivando la ecuación de segundo grado a la que se ajusta la gráfica e igualando la expresión a cero. Por ello: 2·(-1,6556) v' + 1,8781 = 0; v' = 1,8781/3,3112 = 0,567. A partir de la ecuación n = 1/(1 – v') se obtiene el valor de n = 1/(1 – 0,567) = 1/0,433 = 2,31.

Las constantes cinéticas que se deducen de esta gráfica son:

Vmax = 1000 µmol/L min

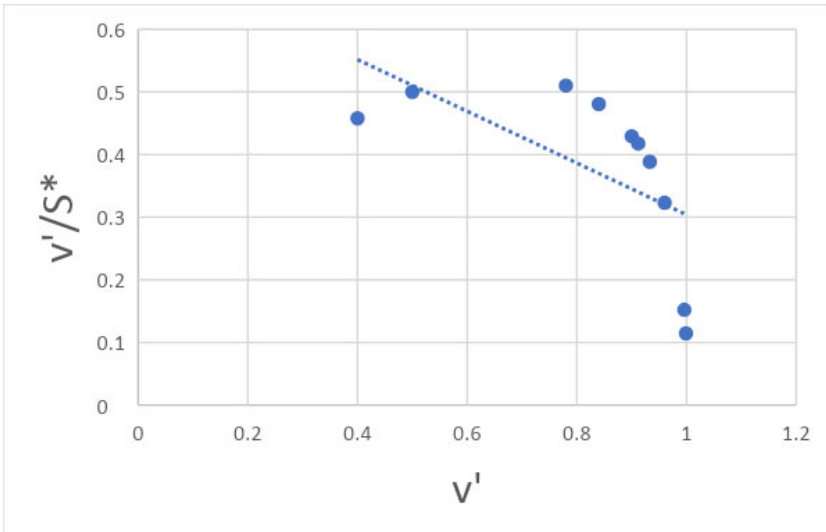
Kd = $(2{,}29\ \text{mM})^{2{,}31} = 6{,}78\ \text{mM}^{2{,}31}$.

n = 2,31

Sin embargo, para calcular los valores adimensionales de la velocidad y de la concentración se ha debido dar los valores de Vmax y de [S]50, e indirectamente el valor de Kd, ya que Kd = $[S]50^n$.

Por otro lado, el valor obtenido de n es muy inexacto. Por ello, igual que en la representación doble recíproca, propusimos que los alumnos eliminaran los 5 primeros puntos, con valores inferiores de [S]. La gráfica obtenida fue la de la Figura 13.

***FIGURA 13**. Gráfica de Eadie-Scatchard ((v'/[S]*) frente a (v')) eliminando los 5 primeros puntos, con las [S] menores.*



El valor de v' del punto máximo para la Figura 13 se obtiene derivando la ecuación de segundo grado a la que se ajusta la gráfica e igualando la expresión a cero. Por ello: 2·(-3,3799) v' + 4,3431 = 0; v' = 4,3431/6,7598 = 0,642. A partir de la ecuación n = 1/(1 – v') se obtiene el valor de n = 1/(1 – 0,642) = 1/0,358 = 2,80. Este valor es mejor que el anterior, pero aún diferente al valor de n = 3.

Las constantes cinéticas que se deducen de esta gráfica son:

Vmax = 1000 μmol/L min

Kd = $(2{,}29\ \text{mM})^{2,80} = 10{,}17\ \text{mM}^{2,80}$.

n = 2,80

4.5. Determinación de las constantes cinéticas a partir de un método de regresión no-lineal: Complemento Solver del Excel.

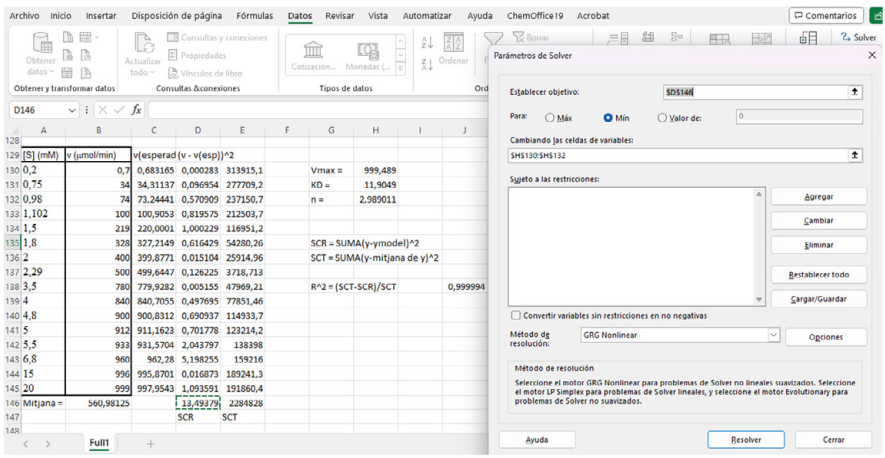
Una regresión no-lineal es el método más correcto para obtener los parámetros cinéticos. En Internet hay diversas páginas web que permiten realizar regresiones no-lineales (Nonlinear leat squares curve fitting), aunque pocas de ellas permiten ajustar la ecuación de Hill. Una de las páginas web que permite este ajuste requiere introducir la ecuación como: a*(x**c)/(b+x**c) (Nonlinear least squares regression), donde a es la Vmax, b es la Kd y c es el valor de n.

El complemento Solver de Excel permite realizar también la regresión no-lineal de la ecuación de Hill. La regresión se realizará buscando los valores mínimos de la diferencia de los datos experimentales y los calculados, elevada al cuadrado. Se dispone en el Excel la lista de datos ([S] y v) y se calculan las velocidades correspondientes a los valores dados por los parámetros cinéticos (ver Figura 14). Estas velocidades calculadas se deben obtener a partir de la ecuación: $Vmax*S^n/(Kd+S^n)$, donde se fijarán los parámetros cinéticos en las casillas correspondientes, dando valores aproximados para ellos (en la Figura 14, el cálculo viene dado por: (H130 * (A130^H132)) / (H131 + (A130^H132)), donde la casilla H130 contiene el valor de Vmax, H131 el valor de Kd y H132 el valor de n. Se calculan las diferencias entre las velocidades experimentales y las calculadas con estos

parámetros, y se elevan estas diferencias al cuadrado para hacerlas todas positivas. La suma de los cuadrados deberá ser mínima para obtener los parámetros cinéticos correctos. Esta suma se denomina SCR, y se encuentra en la casilla D146 de la Figura 14.

Se busca el complemento Solver dentro de Datos. En caso de que no se encuentre, se debe pinchar en Archivos, Más, Opciones, Complementos. Solver es un complemento de Excel, así que para encontrarlo se deberá pinchar en complementos de Excel y marcar la casilla Solver.

***FIGURA 14**. Datos de [S] (columna A), v (columna B), velocidades calculadas (columna C) a partir de los datos de Vmax, Kd y n (H130, H131 y H132), diferencias entre las dos velocidades elevadas al cuadrado (columna D). La suma de los cuadrados se muestra en la casilla D146. Para determinar el valor de R^2, se determina la media de las velocidades (B146), se calcula las diferencias elevadas al cuadrado entre cada una de las velocidades calculadas y la media (columna E) y su suma (E146). R^2 = (E146 – D146)/E146.*



Por otro lado, para calcular el valor de R^2, se determina la media de las velocidades reales (B146). Para cada una de las velocidades calculadas, se determina su diferencia y se elevan los resultados al cuadrado para hacerlas positivas todas ellas. La suma de estas diferencias al cuadrado se denomina SCT. Se calcula R^2 a partir de la ecuación: R^2 = (SCT – SCR)/SCT, y este valor se aproxima a 1 si los resultados son mejores.

Se pincha entonces, dentro de Datos el complemento Solver, que se encuentra dentro de Análisis, y a continuación se abrirá la ventana de la Figura 14. Para realizar la regresión se debe entonces marcar como celda objetivo la que contiene la suma de las diferencias al cuadrado (SCR) (en la Figura 14, la celda D146). Esta suma de los cuadrados debe ser mínima, así que se marca Min. Las celdas variables, que pueden modificar los valores de velocidad calculados a partir de ellas son los valores de Vmax, Kd y n (celdas H130, H131 y H132). A continuación, se pulsará en Resolver y se observará que los datos se modifican, obteniéndose los parámetros de la Figura 14.

Los parámetros cinéticos obtenidos a partir del complemento Solver son los siguientes:

Vmax = 999,49 μmol/L min

n = 2,99

Kd = 11,90 $mM^{2,99}$.

R2 = 0,999994

El complemento de Solver indica el número de iteraciones realizadas y solicita posteriormente si se desea conservar la solución de Solver o restaurar los valores originales, y con ello finaliza el cálculo.

Utilizando la página web de (https://statpages.info/nonlin.html) (Nonlinear least squares regression) se obtienen los mismos resultados que con el Solver de Excel, aunque esta página permite también obtener el error de cada uno de los parámetros cinéticos (Figura 15).

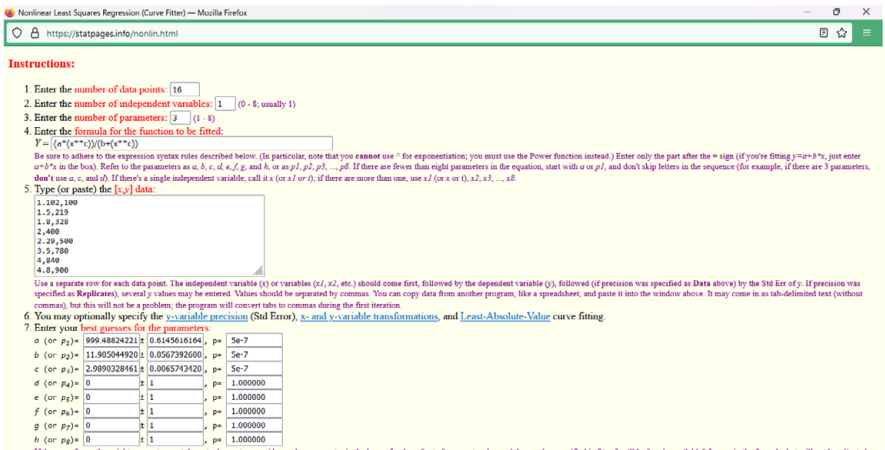
Los parámetros cinéticos obtenidos a partir de la página web (Figura 15), utilizando la ecuación: a*(x**c)/(b+(x**c)) son los siguientes:

Vmax = 997,5 ± 0,6 μmol/L min

n = 2,980 ± 0,007

Kd = 11,90 ± 0,063 $mM^{2,99}$.

***FIGURA 15**. Resultados obtenidos con la página web: https://statpages.info/nonlin.html. Los parámetros son a = Vmax, b = Kd, c = n.*



En la Tabla 2 se muestra un resumen de los resultados obtenidos por los diferentes métodos.

***TABLA 2**.- Comparación de los parámetros cinéticos obtenidos utilizando los diversos métodos.*

Método	Vmax (µmol/L min)	Kd (mMn)	n
Michaelis-Menten	1000	11,87	2,99
Doble recíprocas (Eliminando 6 puntos)	8,58 69,93 833,33 909,09 1666,67 1111,11 1000 243,90	2,44 0,40 9,5 21,73 5,33 6,78 12 0,56	1 2 3 4 1 2 3 4
Logarítmica	1000	12,05	3,02
Eadie-Scatchard			2,31 2,80
Regresión no-lineal	997,58 997,5 ± 0,6	11,90 11,90 ± 0,06	2,99 2,989 ± 0,007

5. DISCUSIÓN

El método de regresión no-lineal proporciona los resultados más exactos de los tres parámetros cinéticos. Es cierto que se precisa partir de unos valores iniciales, pero a partir de diversas iteraciones se llega a conseguir los valores que proporcionan una suma de las diferencias al cuadrado de las velocidades mínima (método de los mínimos cuadrados). La página web *https://statpages.info/nonlin.html* proporciona los valores de los parámetros cinéticos con sus errores (Nonlinear least squares regression). El método Solver utilizando el Excel, en cambio, no proporciona los errores, a menos que se realicen otros cálculos más complejos. Pero aún sin los errores, el método Solver debe ser elaborado por el alumno, y por lo tanto entender cómo se efectúa un cálculo de regresión no-lineal.

Con el Solver, siguiendo la metodología aquí explicada, se puede realizar una regresión no-lineal para cualquier ecuación, con lo que los estudiantes podrán aplicar este método en su vida profesional futura. El método es rápido y sencillo de aplicar, y no requiere copiar los datos en una página web, sino proseguir el cálculo en la misma hoja de Excel que está utilizando.

La gráfica de Michaelis-Menten permite obtener los valores de los parámetros cinéticos, a partir de $[S]_{90}$, $[S]_{50}$ y $[S]_{10}$. Sin embargo, estos valores de [S] se obtienen a partir de un valor fijado de Vmax. Cuanto más próximo es el valor de Vmax al valor real, más se acercan los valores de los otros parámetros cinéticos a los valores reales. Sin embargo, este método no parece muy adecuado para obtener los parámetros cinéticos, pues los valores de los parámetros cinéticos son diferentes dependiendo del valor elegido de Vmax, aunque aquí se haya utilizado únicamente un valor de Vmax.

El método de doble recíprocas requiere que el valor de n sea un número entero, así que, si n no es entero, los parámetros cinéticos no se podrán calcular correctamente. En este trabajo se observa que el valor de n es muy cercano a 3, y de hecho la gráfica doble recíproca para n = 3 es la que presenta una regresión lineal mejor, con $R^2 = 1$ cuando se eliminan

algunos puntos de [S] bajas. Sin embargo, utilizando todos los puntos, el valor de Vmax obtenido no es correcto para ninguna de las gráficas doble recíprocas. Esto es debido a que los valores de [S] más bajos generan valores de 1/[S] superiores, que pueden ser erróneos (Centelles et ál., 2023). Además, los valores de $1/[S]^2$ aún son más elevados, y pueden ser aún más erróneos. Por ello, al eliminar algún punto se obtienen valores mejores de los tres parámetros cinéticos, siendo más adecuadas las gráficas.

El método más correcto, después de los de las regresiones no-lineales es el método de los logaritmos. Este método es bastante más robusto que los demás, ya que al hacerse el cálculo (v/(Vmax-v)) se compensan los errores de la Vmax elegida, y al aplicar los logaritmos, los datos se compensan aún más.

Finalmente, el método de Eadie-Scatchard no parece muy adecuado para obtener los parámetros cinéticos. En efecto, al normalizar los datos de velocidades se debe dividir por Vmax, e igualmente hace falta dividir por [S]50 al normalizar las concentraciones de substrato. En resumen, hace falta conocer Vmax y Kd para calcular n, que quizás es el parámetro más sencillo de calcular. Además, los valores obtenidos (con [S] bajas o no) no son correctos, pues se alejan de n = 3.

6. CONCLUSIONES

La gráfica de Michaelis-Menten no permite un cálculo exacto de los parámetros, pues depende del valor que decidamos dar a la Vmax. Este valor viene improvisado, y dependiendo de él, los valores que se calculan de Kd y n pueden ser muy diferentes.

Con todos los datos del problema, el método de Eadie-Scatchard es el más incorrecto, y además solamente permite obtener el valor de n.

El método de las dobles recíprocas presenta errores elevados en las [S] bajas, y pueden llevar a cálculos de los parámetros cinéticos muy

erróneos. En este trabajo se han tenido que eliminar algunos valores bajos para poder determinar los parámetros cinéticos correctos.

El mejor método de regresión lineal es el que se obtiene a partir de las gráficas logarítmicas. Sin embargo, el método de regresión no-lineal es el mejor de todos los métodos utilizados.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Los autores pertenecemos al grupo de innovación docente consolidado QuiMet (Metabolismo en el Grado de Química) (GINDOC-UB/180) y agradecemos a RIMDA, Universitat de Barcelona, por el reconocimiento de nuestro trabajo. Agradecemos también a RIMDA, Universitat de Barcelona, la financiación de nuestro proyecto "Escape-room de Bioquímica para el autoaprendizaje: hidratos de carbono, aminoácidos, lípidos, enzimas, transportadores y receptores (2022PMD-UB/020).

8. REFERENCIAS

Adair, G. S. (1925). The hemoglobin system vi. The oxygen dissociation curve of haemoglobin. *Journal of Biological Chemistry*. 63, 529-545.

Centelles J.J., Moreno E., de Atauri P. y Imperial S. (2023). Ponencia S02-30. Aprendizaje basado en problemas para la asignatura Reconocimiento e Interacciones Moleculares del grado de Bioquímica. En *Propuestas educativas y docentes desde la innovación y la transferencia de conocimiento a la sociedad* (Coordinadores: Belén Puebla Martínez, Raquel Vinader Segura) pp. 145-147, Editorial Egregius. ISBN 978-84-1177-007-1.

Centelles J.J., Moreno E., de Atauri P. y Imperial S. (2023). Capítulo 29. Aprendizaje basado en problemas para la asignatura Reconocimiento e Interacciones Moleculares del grado de Bioquímica. En *Avances para la innovación docente en Salud y Comunicación* (Olga Serrano Villalobos, Lilian Velasco Furlong, Aroa Arcos Rodríguez, Coords). Colección Conocimiento Contemporáneo, Nº 131, pp. 523-542. Editorial Dykinson. ISBN 978-84-1170-297-3.

Dixon, M.; Webb E.C. y Thorne, C.J.R. y Tipton, K.F. (1979). *Enzymes*. Academic Press.

Hill, A. V. (1910). The possible effects of aggregation of the molecules of haemoglobin on its dissociation curve. *Proceedings of the Physiological Society*, 40, iv-vii.

Hill, A. V. (1965). *Trails and trials in physiology*. London: Edward Arnold.

Michaelis, L. y Menten, M.L. (1913). Die Kinetik der Invertinwirkung. *Biochem. Z.* 49, 333-369.

Monod, J.; Wyman, J. y Changeux, J. P. (1965). On the nature of allosteric transitions: a plausible model. *Journal of Molecular Biology*, 12, 88-118.

Muirhead, H. y Perutz, M. (1963) Structure of haemoglobin. A three-dimensional Fourier synthesis of reduced human haemoglobin at 55 a Resolution. *Nature*, 199, 633-639.

Nonlinear least squares curve fitting. Equation: (ax)/(b+x) https://www.colby.edu/chemistry/PChem/scripts/lsfitpl.html

Nonlinear least squares regression (Curve fitter). https://statpages.info/nonlin.html

Perutz, M. (1942). X-ray analysis of hæmoglobin. *Nature*, 149, 491-494.

Segel, I. H. (1975). *Enzyme Kinetics*. Wiley, New York.

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN CUESTIONARIO SOBRE ACTITUDES Y MOTIVACIÓN HACIA LA FÍSICA Y QUÍMICA EN ESTUDIANTES DE MAGISTERIO. UN ANÁLISIS COMPARADO

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE
GENINA CALAFELL I SUBIRÀ
NOËLLE FABRE MITJANS
CARLOS HERAS PANIAGUA
Grupo de Innovación Docente Consolidado EduCiTS
y Grupo de Investigación EMA
(Entornos y Materiales para el Aprendizaje)
Universitat de Barcelona

1. INTRODUCCIÓN

La educación en ciencias representa un pilar esencial en la formación integral de los estudiantes. La habilidad de interpretar y comprender nuestro entorno mediante disciplinas como la física y la química es vital para forjar una sociedad crítica e informada. Para que esta comprensión sea efectiva, no solo basta con una adecuada metodología y un contenido educativo pertinente, sino que también es necesario considerar también la actitud, la motivación y la confianza de los docentes encargados de trabajar estos contenidos con su alumnado. En este sentido, un elemento clave para el éxito académico del alumnado, incluso en educación primaria, es que el profesorado fomente tanto una actitud positiva como un conocimiento profundo de la ciencia (Rennie et al., 2001). Asimismo, algunos desafíos asociados al aprendizaje de las ciencias en la educación primaria tienen su origen en la confianza, actitud y conocimientos del profesorado (Keys, 2006).

Diversos estudios han evidenciado que una actitud positiva hacia las ciencias está correlacionada con un mayor éxito académico y una mayor predisposición para el aprendizaje (Osborne et al., 2003). No

obstante, se ha identificado una desmotivación y actitudes negativas hacia las ciencias, especialmente hacia la física y la química, entre los futuros docentes (Osborne et al., 2003). De hecho, Brígido, Borrachero et al. (2013) observaron emociones positivas hacia Biología y Geología, pero emociones negativas hacia Física y Química en la formación inicial de los docentes de primaria. Esta situación puede tener consecuencias significativas en la calidad de la enseñanza y, por ende, en el aprendizaje de los estudiantes.

A pesar de la existencia de instrumentos para evaluar la actitud o motivación hacia las ciencias, como el "Science Motivation Questionnaire", SMQ (Glynn y Koballa, 2006) o el cuestionario The Relevance of Science Education, ROSE (Schreiner y Sjøberg, 2004), detectamos una falta de herramientas específicas que consideren la física y la química por separado de otras disciplinas, y que, al mismo tiempo, tengan en cuenta las particularidades de la formación docente en educación primaria. Ante este panorama, la presente investigación emerge como una contribución en el ámbito educativo al proponer un instrumento específico para evaluar las actitudes y motivación de futuros docentes hacia la física y la química, con el objetivo de ofrecer perspectivas valiosas que puedan guiar la formación docente y las intervenciones pedagógicas en estas áreas. Para ello, la investigación se ha situado en un contexto específico de formación inicial de docentes: el grado de magisterio de Educación Primaria (GMEP)

2. OBJETIVOS

Este estudio se propone alcanzar los siguientes objetivos:

- Objetivo 1: Explorar y describir las actitudes y motivaciones de los estudiantes de magisterio hacia la física y la química y su enseñanza-aprendizaje.
- Objetivo 2. Identificar posibles diferencias en actitudes y motivaciones entre estudiantes de segundo y cuarto curso de un mismo curso académico.

– Objetivo 3. Examinar las diferencias en actitudes y motivaciones en función del género.

– Objetivo 4. Construir y validar un cuestionario para evaluar la actitud y motivación de futuros docentes de educación primaria hacia la física y la química y su enseñanza-aprendizaje.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo adopta un enfoque metodológico cuantitativo, orientado a medir y analizar variables relacionadas con las actitudes y motivaciones de los estudiantes de magisterio hacia la física y la química y su enseñanza-aprendizaje. A través de la recopilación de datos numéricos y su posterior análisis estadístico, se ha buscado identificar patrones, correlaciones y diferencias significativas en función de variables demográficas como el curso y el género.

La investigación se ha caracterizado por ser de tipo descriptivo, ya que se ha centrado en describir y documentar las características y percepciones actuales de los participantes sin manipular variables o condiciones. Aunque el estudio ha comparado las respuestas de estudiantes de segundo y cuarto curso, no se trata de un diseño longitudinal, ya que no se ha seguido a los mismos estudiantes a lo largo del tiempo, sino que se han comparado grupos diferentes en momentos específicos del mismo curso académico.

La elección de este enfoque cuantitativo y descriptivo ha permitido obtener una instantánea clara y objetiva de las actitudes y motivaciones de los estudiantes de magisterio en relación con la física y la química, proporcionando datos concretos y medibles que pueden ser útiles para futuras intervenciones educativas o investigaciones en el área.

3.1. Participantes

La muestra de participantes está formada por 65 estudiantes (49 mujeres, 16 hombres), cuyas edades oscilan entre los 19 y los 29 años (edad media: 21,3 años), matriculados en el GMEP de la Universitat de Barcelona. De ellos, 30 están matriculados en segundo curso y 35 están

matriculados en cuarto curso. Nueve de los estudiantes habían cursado el bachillerato científico con anterioridad al grado. Se trata de una muestra de conveniencia, debido a su facilidad de acceso y proximidad.

Se destaca que los estudiantes de segundo curso completaron el cuestionario poco antes de comenzar la única asignatura obligatoria sobre didáctica de la física y química del GMEP, programada en el cuarto cuatrimestre de la titulación: "Didáctica de la materia, la energía y la interacción" (DMEI). Esta temporalidad es crucial porque sus respuestas reflejan sus percepciones y actitudes hacia la física y la química sin haber recibido todavía formación específica en didáctica de estas dos disciplinas. En cambio, los estudiantes de cuarto curso ya han cursado DMEI, la mayor parte de ellos dos años antes, lo cual brinda una perspectiva a medio plazo sobre el impacto y cambio de actitud y motivación hacia la física y la química después de cursar una asignatura específica en estas didácticas.

3.2. Instrumento

La actitud y motivación de los participantes hacia la física y la química, así como su enseñanza y aprendizaje, han sido analizadas mediante un cuestionario diseñado específicamente. Este instrumento se ha confeccionado a partir de la selección y adaptación de ítems provenientes de dos cuestionarios previamente validados sobre actitudes y motivaciones estudiantiles hacia las ciencias (SMQ y ROSE) y que han sido adaptados para abordar específicamente la física y la química, considerando el proceso de enseñanza-aprendizaje y el contexto particular de los participantes. La utilización de ítems de cuestionarios ya validados constituye en sí misma una estrategia de validación, asegurando una base sólida y confiable para el instrumento resultante (DeVellis, 2016; Nunnally y Bernstein, 1995).

El primero de los instrumentos de referencia, SMQ, diseñado para explorar la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de la ciencia, comprende seis dimensiones de la motivación, a saber: motivación intrínseca, motivación extrínseca, relevancia del aprendizaje científico para las metas personales, responsabilidad (autodeterminación) para el aprendizaje de la ciencia, confianza (autoeficacia) en el aprendizaje de

la ciencia y ansiedad respecto a la evaluación científica. Está estructurado en 30 ítems, a los cuales los estudiantes responden utilizando una escala Likert de 5 puntos que varía desde 1 (nunca) hasta 5 (siempre). Esta estructura permite una evaluación matizada de las seis anteriores dimensiones de la motivación que impactan en el aprendizaje científico. Aunque inicialmente fue diseñado para estudiantes universitarios, ha demostrado confiabilidad y validez en diversos contextos. Se han propuesto modificaciones, como la de Barak et al. (2011), quienes redujeron el número de ítems y los adaptaron para estudiantes de Educación Primaria, además de reconfigurar la estructura del cuestionario. Aguilera y Perales-Palacios (2019) han traducido y validado la versión en español del cuestionario de Barak et al. (2011).

El segundo instrumento considerado, ROSE, se centra en las actitudes y aspiraciones juveniles respecto a la ciencia y su educación y proporciona información valiosa para quienes buscan renovar y mejorar la enseñanza científica. Este cuestionario examina cómo los estudiantes perciben la relevancia de diversos temas científicos en su vida diaria y en sus futuras profesiones, así como sus intereses y prioridades científicas. A lo largo del tiempo, se han realizado diversas adaptaciones según el contexto o la población objetivo, como las propuestas por Mazas y Bravo (2018) y Vázquez y Manassero (2007). Para nuestro estudio, adoptaremos la versión traducida al español por Rivadulla-López et al. (2021).

Para crear nuestro cuestionario sobre actitud y motivación de futuros docentes de Educación Primaria hacia la física y la química y su enseñanza-aprendizaje, se seleccionaron 22 ítems de entre los cuestionarios propuestos por Aguilera y Perales-Palacios (2019) y por Rivadulla-López et al. (2021) y se distribuyeron en tres dimensiones en las que se presentó el cuestionario a los participantes: pasado, presente y futuro. La estructuración del cuestionario en estas tres dimensiones responde a un diseño metodológico intencionado que busca contextualizar y orientar las respuestas de los participantes dentro de un marco temporal claro. Esta organización no solo permite una comprensión más estructurada y sistemática de las actitudes y motivaciones de los estudiantes en relación con la física y la química, sino que también facilita la

reflexión por parte de los encuestados al situar sus respuestas en distintas etapas de su experiencia educativa.

Al centrarse en la dimensión "pasado", se espera que los estudiantes rememoren y evalúen sus experiencias previas con la física y la química, ofreciendo una perspectiva retrospectiva sobre su formación anterior. La dimensión "presente" permite evaluar sus percepciones actuales, como miembros activos de la sociedad y como estudiantes universitarios. Por último, la dimensión "futuro" proyecta su visión hacia adelante, considerando su papel inminente como docentes de Educación Primaria. Esta tripartición temporal no solo aporta claridad y cohesión al instrumento, sino que también enfatiza la evolución y continuidad de las actitudes y motivaciones a lo largo del tiempo. Esta estructura invita, por tanto, a los participantes a contemplar su relación con la física y la química desde una perspectiva holística, que abarca desde sus primeras interacciones en la educación secundaria hasta sus futuras responsabilidades como educadores de la próxima generación.

Como en otras versiones de los cuestionarios SMQ y ROSE, algunos de los ítems del cuestionario fueron reformulados, para adaptarse al objetivo del estudio (se sustituyó “ciencia” por “física y química”, por ejemplo), del alumnado (se incluyeron referencias a la enseñanza, como futuros maestros y maestras, de la física y la química en la Educación Primaria) o a la realidad actual de los participantes (se incluyeron referencias a las redes sociales o Youtube en un ítem que originalmente hacía referencia únicamente a la televisión o a los diarios como fuente de información sobre fenómenos físicos y químicos, por ejemplo). La tabla 1 presenta los ítems del cuestionario, así como el origen de cada uno de ellos. Los ítems 1 al 8 corresponden a la dimensión “pasado”, los ítems 9 a 16, a la dimensión “presente” y los ítems 17 a 22, a la dimensión “futuro”. En cada dimensión hay, al menos, un ítem redactado en forma inversa, señalado con un asterisco en la tabla 1, con el objetivo de controlar el sesgo de consentimiento o aquiescencia, es decir, la tendencia de algunos encuestados a responder afirmativamente sin considerar el contenido del ítem (Woods, 2006). Un panel formado por tres expertos en didáctica de las ciencias experimentales validó finalmente el contenido del cuestionario y la estructura tridimensional

del mismo, confirmando la adecuación y coherencia de los ítems dentro de las tres dimensiones propuestas (DeVellis y Thorpe, 2021).

***TABLA 1**. Ítems que conforman la versión final del cuestionario sobre actitud y motivación de futuros docentes de Educación Primaria hacia la física y la química y su enseñanza-aprendizaje.*

ID	Afirmación	Fuente
1	En clase de física y química obtenía respuestas a preguntas que me intrigaban	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 2]
2	En clase de física y química podía expresar mis propias ideas	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 3]
3	Podía obtener buenas notas en física y química sin la ayuda del docente de la asignatura	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 4]
4	Las clases de física y química me fascinaban	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 7]
5	Las lecciones de física y química eran fáciles de estudiar	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 10]
6	Me divertía aprendiendo física y química	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 11]
7	La física y la química me permitieron entender fenómenos cotidianos	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 13]
8*	Para mí, era difícil aprender física y química	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 19]
9*	La física y la química no tienen conexión con mi vida	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 20]
10	La comprensión de la física y la química es importante para todos	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 18]
11	Me gusta leer e informarme de temas sobre física o química a través de redes sociales, Youtube u otros medios de comunicación	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 16]
12	Pienso que la física y la química son interesantes	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 1]
13	Me interesan las explicaciones de los fenómenos físicos y químicos.	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 17]
14	La física y la química hacen nuestra vida más saludable, más fácil y más cómoda	Adap. de Rivadulla-López et al. (2021) [ítem 2]
15	Los beneficios de la física y la química son mayores que los efectos perjudiciales que podrían tener	Adaptado de Rivadulla -López et al. (2021) [ítem 3]
16	La física y la química pueden resolver los problemas del medio ambiente	Adap. de Rivadulla-López et al. (2021) [ítem 21]
17*	No se deberían trabajar contenidos de física y química en la escuela de Primaria	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 10]
18	Se debería aumentar el tiempo dedicado a la física y la química en la escuela de Primaria	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 6]

19*	Creo que explicar contenidos de física y química a niños y niñas de educación primaria debe de ser aburrido	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 8]
20	Los contenidos de física y química que pueda aprender son importantes para mi futuro profesional como maestro/a de Educación Primaria	Adap. de Aguilera y Palacios (2019) [ítem 9]
21	Me siento capaz de explicar contenidos de física y química a niños y niñas de educación primaria	Adap. de Rivadulla-López et al. (2021) [ítem 24]
22	Considero que tengo los conocimientos suficientes para la enseñanza de los contenidos de física y química del currículum de Educación Primaria	Adap. de Rivadulla-López et al. (2021) [ítem -25]

3.3. Procedimiento

Durante el curso académico 2021-22, se administró el cuestionario especificado en la tabla-1 a la muestra descrita. Los estudiantes de segundo curso, pertenecientes a diferentes grupos de la asignatura obligatoria "Enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales", programada en el tercer cuatrimestre de la titulación, lo completaron en la última semana de docencia de la asignatura, unos dos meses antes de empezar DMEI.

Por otro lado, los estudiantes de cuarto año, que pertenecen al único grupo de la asignatura optativa "Ciencia cotidiana y recreativa en la escuela", rellenaron el cuestionario en la primera clase de la asignatura. Esta asignatura se encuentra en el séptimo cuatrimestre del plan de estudios. El docente responsable de la materia verificó que todo el alumnado había cursado y aprobado previamente la asignatura DMEI, la mayoría de ellos dos cursos atrás.

3.4. Análisis de datos

Los datos recopilados se analizaron utilizando el software SPSS en su versión 27. Como primer paso en nuestro análisis, se llevó a cabo la prueba de Shapiro-Wilk con el propósito de evaluar si las respuestas del cuestionario se distribuían de manera normal. Al no seguir una distribución normal (ver apartado 4.2), los datos fueron tratados con estadística no paramétrica.

4. RESULTADOS

4.1. Evaluación de la coherencia interna del cuestionario

Para alcanzar el objetivo de construir y validar un cuestionario que evalúe la actitud y motivación de futuros docentes de educación primaria hacia la física y la química y su enseñanza-aprendizaje, se llevaron a cabo diversas fases de validación. Como se detalló en el apartado 3.2, la primera de ellas consistió en una validación de contenido basada en una revisión bibliográfica exhaustiva y en el juicio de un panel de expertos.

Con los datos recogidos de los participantes, se avanzó a una segunda fase de validación del cuestionario, enfocada en evaluar su fiabilidad mediante el estudio de su coherencia interna. En primer lugar, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach que refleja la consistencia interna de un conjunto de ítems. En el ámbito de las ciencias sociales, un valor superior a 0,7 es considerado como indicativo de una coherencia interna aceptable (Nunnally y Bernstein, 1995). Los valores obtenidos para el cuestionario fueron los siguientes: 0,888 para el instrumento completo, 0,851 para la dimensión "pasado", 0,827 para la dimensión "presente" y 0,792 para la dimensión "futuro".

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de correlación ítem-total corregido (r_{it}) para determinar la coherencia de cada ítem en relación con su dimensión correspondiente (DeVellis y Thorpe, 2021). Se considera que valores superiores a 0,3 indican una adecuada coherencia interna de un ítem con su dimensión (Cristóbal et al., 2007; Field, 2018; Nunnally y Bernstein, 1995). Los resultados de este análisis para cada ítem se presentan en la tabla 2, y todos ellos superan el umbral establecido de 0,3.

***TABLA 2**. Coeficientes de correlación ítem-total corregidos para los ítems del cuestionario, agrupados en las dimensiones a las que pertenecen.*

Dimensión "pasado"		Dimensión "presente"		Dimensión "futuro"	
Ítem	rit	Ítem	rit	Ítem	rit
1	0,616	9	0,404	17	0,650
2	0,517	10	0,558	18	0,610
3	0.537	11	0,644	19	0,659
4	0,739	12	0,674	20	0,581
5	0,584	13	0,681	21	0,429
6	0,761	14	0,648	22	0.365
7	0,469	16	0,475		
8	0,541	16	0,487		

4.2. Resultados del cuestionario

En primer lugar, se evaluó la normalidad de la distribución de los datos a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Dicha prueba señaló que los datos no se ajustan a una distribución normal ($p<0,05$), con lo que los análisis siguientes, tanto descriptivos, de comparaciones entre distintos grupos y de correlaciones entre ítems, se han basado en técnicas no paramétricas. Los resultados globales para cada uno de los 22 ítems, incluyendo los datos por género y curso, se muestran en la tabla 3, así como los datos comparativos por género y por curso.

***TABLA 3**. Resultados globales y desglosados por género y curso (mediana, M, y rango intercuartílico, IQR) para los 22 ítems del cuestionario. También se indica el nivel de significación, p, obtenido de las pruebas U de Mann-Whitney para evaluar las diferencias entre grupos. Las diferencias significativas están marcadas con un asterisco.*

Ítem	Global (M IRQ)	Hombres (M IRQ)	Mujeres (M IRQ)	U Mann-Whitney género (p)	2º curso (M IRQ)	4º curso (M IRQ)	U Mann-Whitney curso (p)
1	3 1	3 1	3,5 1	0,361	3 1	3 2	0,628
2	3 2	3 2	3 2	0,760	3 2	3 2	0,635
3	3 2	3 2	3 2	0,943	3 2	3 1	0,438
4	3 2	3 1	3 2	0,512	3 1	3 2	0,638

5	2 1	2 1	3 1	0,289	2 1	2 1	0,484
6	3 2	3 2	3 2	0,874	3 2	3 1,8	0,743
7	4 1	4 1	4 1,2	0,294	4 1	4 1	0,766
8	4 1	4 1	3 2	0,178	4 1	3 1	0,513
9	2 3	2 1	2 2,2	0,462	2 3	2,5 2	0,935
10	4 1	4 1	4,5 1	0,408	4 1	4 1	0,453
11	3 1	3 2	4 2	0,029*	3 1,5	3 1	0,338
12	4 1	4 1	4 2	0,142	4 1	4 1,5	0,239
13	4 1	4 1	4,5 1,2	0,011*	3 1	4 0,8	0,023*
14	4 2	4 1	5 1	0,027*	4 1	4 1	0,010*
15	4 1	3 1	4 2	0,084	4 1	4 1	0,870
16	4 1	4 1	5 1	0,022	4 1	4,5 1	0,230
17	1 1	1 1	1 0	0,105	1 1	1 0	0,318
18	3 1	3 1	3,5 1	0,142	3 1	3 1	0,608
19	2 1	2 1	2 1	0,737	2 0,5	1 1	0,028*
20	4 1	4 1	4 1	0,784	4 1,5	5 1	0,020*
21	3 1	2 1	3 2	0,180	3 1,5	2,5 1	0,666
22	2 1	2 1	2 1	0,237	2 1	2 1	0,558

Respecto a sus experiencias pasadas en la enseñanza de física y química (ítems 1-8), los datos obtenidos de los participantes revelan una postura predominante de neutralidad hacia la mayoría de los aspectos evaluados (ver tabla 3). A pesar de esta tendencia neutral, se identificaron algunas áreas en las que los participantes manifestaron percepciones más

definidas. Por un lado, evidenciaron ciertas dificultades en su aprendizaje de estas disciplinas, como lo muestra la mediana de 4 en el ítem 8 sobre la complejidad percibida en el estudio de la física y química. De manera similar, la percepción sobre la facilidad para estudiar estas materias se inclinó hacia el desacuerdo (ítem 5, M=2). Sin embargo, también reconocieron de forma positiva el valor práctico de estas ciencias, destacando su utilidad para comprender eventos y fenómenos cotidianos (ítem 7, M=4). Es importante notar que, en estos tres ítems específicos, la dispersión de las respuestas fue menor, lo que sugiere un consenso más firme entre los estudiantes en estos puntos que en el resto de los ítems de esta dimensión.

En relación con sus percepciones actuales sobre la física y la química, (ítems 9-16) los datos sugieren que los estudiantes de magisterio tienen una opinión en general más uniforme en comparación con sus recuerdos de la enseñanza previa de estas materias y reflejan una valoración positiva de la física y la química por parte estos estudiantes. Contrariamente a la percepción de que la física y la química no tienen conexión con su vida cotidiana (ítem 9, M=2), los estudiantes reconocen ampliamente la relevancia y el impacto positivo de ambas disciplinas en la sociedad. Así, consideran que comprender la física y la química es esencial para todos (ítem 2, M=4), lo que denota un reconocimiento del valor educativo y aplicado de estas ciencias. Aunque su interés por informarse sobre temas de física o química a través de medios digitales como redes sociales o YouTube es neutral (ítem 11, M=3), esto no disminuye su interés general hacia estas disciplinas. En efecto, los estudiantes manifestaron un claro interés por la física y la química, considerándolas como materias interesantes (ítem 12, M=4,) y mostrando curiosidad por las explicaciones de fenómenos físicos y químicos (ítem 13, M=4). Respecto a la aplicabilidad de estas ciencias, existe un acuerdo entre los participantes sobre la contribución positiva de la física y la química en mejorar la calidad de vida, haciendo nuestra existencia más saludable, fácil y cómoda (ítem 14, M=4). Además, destacan que los beneficios de estas ciencias superan cualquier posible efecto adverso (ítem 15, M=4), y que tienen un potencial significativo para abordar y resolver problemas medioambientales (ítem 16, M=4).

En la perspectiva futura (ítems 17-22), los estudiantes de magisterio exhiben una postura más positiva hacia la enseñanza y aprendizaje de la física y la química, siendo esta la dimensión con mayor acuerdo entre los participantes, como se evidencia por los bajos rangos intercuartílicos de 1,0 en todos los ítems. En conjunto, estos hallazgos reflejan una actitud generalmente positiva hacia la física y la química en el contexto futuro de su práctica docente, aunque matizada por ciertas inseguridades personales respecto a su capacidad para enseñar estos contenidos. En concreto, los datos revelan un rechazo contundente a la idea de omitir la enseñanza de la física y la química en la educación primaria (ítem 17, M=1), si bien no son tan partidarios de aumentar el tiempo dedicado a estas disciplinas en el currículum de Educación Primaria (ítem 18, M=3). Se observa una incertidumbre moderada en cuanto a su propia preparación para enseñar estos contenidos. La percepción de no estar lo suficientemente capacitados para enseñar física y química (ítem 21, M=3), y la de no creer poseer los conocimientos necesarios para hacerlo (ítem 22, M=2), reflejan una inseguridad que podría estar arraigada en sus experiencias educativas previas. A pesar de esta inseguridad, se inclinan hacia el desacuerdo en que explicar contenidos de física y química a niños y niñas de primaria podría ser aburrido (ítem 19, M=2) y destacan la importancia de los conocimientos de física y química para su futuro profesional (ítem 20, M=4).

Habiendo analizado las perspectivas de los estudiantes en tres etapas distintas con respecto a la física y la química, es pertinente ahora explorar cómo estas perspectivas podrían estar interrelacionadas entre sí. Un enfoque valioso para entender estas posibles conexiones es examinar las correlaciones entre los ítems de las diferentes dimensiones. Utilizando el coeficiente de Spearman, se ha generado una matriz de correlaciones que revela las siguientes correlaciones significativas entre los ítems ($p<0,05$):

- la capacidad de obtener buenas notas en física y química sin la ayuda del docente parece estar positivamente correlacionada con la percepción de que los temas de física y química eran fáciles de estudiar.

- el interés y fascinación por las clases de física y química tiene una fuerte correlación positiva con la diversión al aprender física y química.
- aquellos que sienten que la física y la química no tienen conexión con sus vidas tienden a creer que estos temas no son interesantes.
- la percepción de que la física y la química son interesantes está fuertemente correlacionada con el interés en las explicaciones de los fenómenos físicos y químicos.
- la percepción de ser capaz de explicar contenidos de física y química a niños de primaria está positivamente correlacionada con la creencia de tener conocimientos suficientes para enseñar física y química en el currículo de educación primaria

Estas correlaciones nos ofrecen una visión de cómo las experiencias y percepciones pasadas de los estudiantes pueden influir en sus actitudes y confianza actuales. Por ejemplo, aquellos que encontraron la física y la química fáciles de estudiar en el pasado pueden sentirse más confiados en su capacidad para enseñar estos temas en el futuro. Del mismo modo, aquellos que encontraron las clases de física y química fascinantes y divertidas en el pasado tienen más probabilidades de ver la relevancia y el interés de estas materias en el presente.

El análisis estadístico de U de Mann-Whitney revela ciertas discrepancias en las percepciones de hombres y mujeres en relación con la física y la química. Resulta notable que las mujeres tienden a mostrar un interés significativamente mayor por informarse sobre temas científicos a través de medios digitales, como redes sociales o YouTube ($p=0,029$). Además, expresan un mayor interés por las explicaciones de fenómenos físicos y químicos en comparación con sus compañeros masculinos ($p=0,011$). Este patrón se refuerza con la percepción de que la física y la química contribuyen positivamente a nuestra vida, haciendo que sea más saludable y cómoda ($p=0,027$). Finalmente, las mujeres también destacan en su creencia de que estas disciplinas tienen un papel crucial en la resolución de problemas medioambientales ($p=0,022$).

También se ha realizado el análisis U de Mann-Whitney para averiguar si hay diferencias significativas entre cursos. El análisis revela que, en lo que respecta a la dimensión "pasado", no se encontraron diferencias significativas entre los estudiantes de segundo y cuarto curso. Esta ausencia de variación es especialmente interesante considerando que, para los estudiantes de cuarto, su experiencia en la asignatura obligatoria de didáctica de la física y la química (DMEI) ya forma parte de su pasado educativo y se ha evaluado en la dimensión “pasado”. Esto podría sugerir que, para estos estudiantes, dicha asignatura no marcó una diferencia palpable en cuanto a su percepción retrospectiva, equiparándola, en términos de impacto emocional o cognitivo, a sus experiencias previas en la educación secundaria. Sin embargo, en la dimensión presente, los estudiantes de cuarto manifestaron un mayor interés por las explicaciones de fenómenos físicos y químicos ($p=0,0232$) y reconocieron más ampliamente el valor y utilidad de estas disciplinas en la vida diaria ($p=0,0102$). Estas diferencias sugieren que, a pesar de que sus experiencias pasadas no se vieron alteradas significativamente, la formación recibida en DMEI ha podido influir en su percepción y valoración actual de la física y la química. En cuanto a la perspectiva "futura", los estudiantes de cuarto reflejaron una actitud más comprometida hacia la enseñanza de la física y la química en la educación primaria, evidenciando una percepción más clara de la relevancia de estos contenidos para su futuro profesional ($p=0,0196$) y mostrando menor inclinación a considerar aburrido explicar estos contenidos a niños de primaria ($p=0,0276$). Estos hallazgos subrayan la influencia que puede tener la formación universitaria en la construcción de una visión profesional y en la valoración de las disciplinas científicas en el contexto educativo.

5. DISCUSIÓN

Las percepciones de los estudiantes de magisterio hacia la física y la química, vistas a través del prisma temporal del pasado, presente y futuro, ofrecen una imagen compleja y matizada de sus actitudes y anticipaciones. En su retrospectiva, se observa una postura generalmente neutral, influenciada quizás por experiencias educativas mixtas durante su formación anterior. Uno de los hallazgos más significativos es que las

experiencias pasadas de los estudiantes, relacionadas con la física y química, no reflejan diferencias sustanciales entre el segundo y el cuarto año. A primera vista, esto podría sugerir que la formación específica en didáctica no logra alterar significativamente las percepciones basadas en experiencias previas. Sin embargo, los estudiantes de cuarto cursaron DMEI de forma telemática, debido a las restricciones sanitarias derivadas de la pandemia sanitaria del covid-19, lo que pudo haber reducido el impacto positivo esperado de dicha formación. La falta de interacciones en persona, la imposibilidad de poder realizar experiencias prácticas en el laboratorio y la menor interacción colaborativa entre estudiantes que caracterizan a las clases presenciales de esta asignatura, podría haber contribuido a la persistencia de actitudes y percepciones preexistentes hacia la física y la química entre los estudiantes de magisterio.

Varios estudios han abordado los retos y las limitaciones de la educación en línea en comparación con la modalidad presencial en el contexto de la enseñanza de las ciencias, como respuesta a las restricciones sanitarias impuestas por la pandemia del covid-19. Por ejemplo, Calisir y Calisir (2023) descubrieron que las clases prácticas de química en línea fueron percibidas como menos efectivas en comparación con las clases prácticas tradicionales. Además, hallaron que la enseñanza en línea no fue vista como una alternativa favorable frente a la enseñanza presencial para incrementar el conocimiento de los estudiantes, sus habilidades prácticas de laboratorio y sus habilidades sociales. Subrayaron la importancia de la experiencia práctica presencial en la educación química, y sugirieron que debería garantizarse la exposición tradicional en el laboratorio para los estudiantes de pregrado, complementándola con enseñanza en línea efectiva en la medida de lo posible en el futuro.

De manera similar, Shidiq et al. (2021) destacan cómo los docentes de química intentaron utilizar diversas plataformas tecnológicas para llevar a cabo la enseñanza telemática durante el confinamiento por el covid-19, aunque se enfrentaron con notables dificultades para organizar las actividades prácticas de laboratorio. Algunos docentes intentaron recurrir a recursos multimedia durante las restricciones del covid-19 para simular las prácticas de laboratorio en lugar de realizar actividades prácticas reales; sin embargo, estas soluciones multimedia, en general, no lograron

que los estudiantes adquirieran habilidades prácticas esenciales. Las experiencias prácticas son cruciales para promover una comprensión profunda y un interés sostenido en las ciencias (Abrahams y Millar, 2008). Sin estas experiencias, los estudiantes podrían no haber logrado conectar la teoría con la práctica, lo que podría haber contribuido a mantener actitudes negativas o neutrales hacia la física y la química.

La neutralidad de la perspectiva pasada contrasta con sus percepciones actuales, que, aunque todavía presentan ciertas reservas, muestran una mayor cohesión en la forma en que los estudiantes ven la relevancia de estas disciplinas en su vida diaria. Pero es en la perspectiva futura donde se manifiesta un cambio más optimista y pronunciado hacia una mayor motivación y mejores actitudes hacia la física y la química: a pesar de las inseguridades percibidas en su capacidad para enseñar física y química, los estudiantes reconocen de manera clara la relevancia de estas ciencias en la educación primaria y descartan de manera contundente la idea de omitirlas. Esta transición de una postura neutral o reservada a una más positiva y comprometida hacia el futuro sugiere que, aunque las experiencias previas pueden haber dejado ciertas inseguridades, hay una clara conciencia de la importancia de estas disciplinas en su futura labor docente.

En el ámbito de las diferencias de género, los datos obtenidos presentan una tendencia alentadora: las mujeres mostraron actitudes ligeramente más positivas hacia ciertos aspectos de la física y la química. Este hallazgo resuena con los cambios recientes en la educación científica que abogan por una inclusión y equidad de género robustas en el campo científico (Brotman y Moore, 2008). La evolución positiva en las actitudes de las mujeres hacia las ciencias es un indicativo prometedor de los avances hacia una mayor equidad de género en estos dominios. Además, este fenómeno ha sido corroborado por otros estudios que destacan cómo las intervenciones educativas y los enfoques pedagógicos inclusivos pueden contribuir a mitigar las brechas de género en las ciencias. Por ejemplo, Cheryan et al. (2017) resaltan la importancia de crear entornos educativos inclusivos y desafiar los estereotipos de género tradicionales que a menudo están asociados con el ámbito científico. Asimismo, la evolución de las actitudes positivas de las mujeres hacia las ciencias también puede verse reflejada en la diversificación de los

campos científicos y una representación más equitativa de género en las carreras STEM. Ceci et al. (2014) argumentan que las intervenciones tempranas en la educación, que desafían los estereotipos de género y promueven la equidad, pueden tener un impacto significativo en la percepción y participación de las mujeres en las ciencias.

Por último, al examinar las respuestas entre los estudiantes de segundo y cuarto curso en las percepciones del presente y futuro, se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, lo que sugiere que, aunque las reminiscencias del pasado puedan resistir la modificación, la formación en didáctica posee el potencial de moldear, al menos en cierta medida, la manera en que los estudiantes aprecian la relevancia y aplicabilidad de la física y la química en contextos contemporáneos y en su proyección profesional. Los resultados en las dimensiones "presente" y "futuro" concuerdan con los de van Aalderen y van der Molen (2015), quienes encontraron que un curso de capacitación influyó positivamente en la actitud profesional de los docentes de primaria hacia la enseñanza de las ciencias, además de mejorar la actitud personal de los docentes hacia las ciencias, disminuyendo la ansiedad y mejorando las creencias sobre la relevancia y autoeficacia en su enseñanza. Estos resultados resaltan la eficacia de un enfoque centrado en la actitud para modificar las actitudes y comportamientos de enseñanza de los docentes en el ámbito de las ciencias.

5.1. Limitaciones y posibles líneas futuras de investigación

Como en toda investigación, este estudio presenta ciertas limitaciones. En primer lugar, la modalidad de enseñanza virtual derivada de las restricciones sanitarias derivadas de la pandemia del covid-19 pueden haber influido en las percepciones y experiencias "pasadas" de la mayor parte de los estudiantes de cuarto curso. La falta de sesiones presenciales y prácticas de laboratorio podría no reflejar la experiencia habitual de los estudiantes de DMEI en circunstancias normales.

En segundo lugar, el estudio es transversal y no longitudinal. Esto implica que se compara a diferentes cohortes de estudiantes en lugar de seguir a la misma cohorte a lo largo del tiempo. Los cambios observados

entre el segundo y el cuarto año podrían deberse a diferencias entre cohortes y no necesariamente a la formación didáctica recibida.

Desde la perspectiva de investigaciones futuras, sería valioso realizar un estudio longitudinal que siga a una misma cohorte de estudiantes desde el segundo hasta el cuarto año, para evaluar cómo evolucionan sus actitudes y motivaciones hacia la física y química a lo largo del tiempo y en respuesta a la formación didáctica específica. También sería relevante analizar el impacto de la enseñanza práctica y presencial sobre estas actitudes. Otra línea interesante sería explorar más a fondo las diferencias de género observadas en este estudio, profundizando en las causas y consecuencias de estas diferencias y diseñando intervenciones para promover la equidad de género en la educación científica.

6. CONCLUSIONES

- El cuestionario desarrollado proporciona una evaluación estructurada y contextualizada de las actitudes y motivaciones de los estudiantes hacia la física y la química, segmentando las respuestas en tres dimensiones temporales: pasado, presente y futuro. La coherencia interna del cuestionario, evidenciada por los valores de alfa de Cronbach y los coeficientes de correlación ítem-total respaldan su fiabilidad.

- Los resultados globales revelan poco entusiasmo hacia la física y la química en la perspectiva pasada. Las actitudes y motivación hacia la física y la química mejoran ligeramente en las perspectivas presente y futura.

- Los estudiantes de cuarto curso mostraron algunas diferencias significativas en sus actitudes y motivaciones hacia la física y la química en las dimensiones “presente” y “futuro”, pero no en la dimensión “pasado”, en comparación con los estudiantes de segundo año, lo que sugiere un impacto limitado de la formación específica en didáctica de la física y la química, influenciado por la docencia virtual de la asignatura, por las restricciones sanitarias derivadas del covid-19.

– Se identificaron diferencias significativas entre géneros en relación con ciertas actitudes y motivaciones hacia la física y la química. Las mujeres mostraron, en promedio, actitudes más positivas hacia la utilidad y relevancia de estos campos en la vida cotidiana y su futura práctica docente en comparación con los hombres.

7. AGRADECIMIENTOS

El presente texto nace en el marco del proyecto de investigación "Análisis y valoración de la gamificación estructural en la motivación hacia el aprendizaje de las ciencias de los maestros en formación inicial. Una contribución a la educación para los ODS" (REDICE22-3080) de la Universitat de Barcelona.

8. REFERENCIAS

Abrahams, I. y Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. https://doi.org/10.1080/09500690701749305

Aguilera, D. y Perales-Palacios, F.J. (2019). Actitud hacia la Ciencia: desarrollo y validación structural del School Science Attitude Questionaire (SSAQ). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3103

Barak, M., Ashkar, T. y Dori, Y.J. (2011). Learning science via animated movies: its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education*, 56(3), 839-846. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.025

Brígido, M., Borrachero, A. B., Bermejo, M. L. y Mellado, V. (2013). Prospective primary teachers' self-efficacy and emotions in science teaching. *European Journal of Teacher Education,* 36(2), 200–217. https://doi.org/10.1080/02619768.2012.686993

Brotman, J. S. y Moore, F. M. (2008). Girls and science: A review of four themes in the science education literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 971-1002. https://doi.org/10.1002/tea.20241

Calisir, F. y Calisir, F. (2023). Online Learning and Lab Courses vs. Traditional Ones in Chemistry During the COVID-19 Pandemic: The Comparative Perceptions of the Undergraduate Students. En F. Calisir y M. Durucu (Edss*), Industrial Engineering in the Covid-19 Era. GJCIE 2022. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25847-3_8

Ceci, S. J., Ginther, D. K., Kahn, S. y Williams, W. M. (2014). Women in Academic Science: A Changing Landscape. *Psychological Science in the Public Interest*, 15(3), 75-141. https://doi.org/10.1177/1529100614541236

Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K. y Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others? *Psychological Bulletin,* 143(1), 1-35. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/bul0000052

Cristobal, E., Flavian, C. y Guinaliu, M. (2007). Perceived e-service quality (PeSQ) Measurement validation and effects on consumer satisfaction and web site loyalty. *Managing service quality: An international journal,* 17(3), 317-340.

DeVellis, R. F y Thorpe, C. T. (2021). *Scale development: Theory and applications* (5ª ed). Sage publications.

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (5ª ed). SAGE.

Glynn, S.M. y Koballa, T.R. (2006). Motivation to learn in college science. En J.J. Mintzes y W.H. Leonard (Eds), *Handbook of college science teaching* (pp. 25-32). National Sciences Teachers Association Press.

Keys, P. (2006). Are teachers walking the walk or just talking the talk in science education? *Teachers and Teaching*, 11(5), 499–516. https://doi.org/10.1080/13540600500238527

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

Nunnally, J. C. y Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3ª ed.). McGraw Hill.

Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079. https://doi.org/10.1080/0950069032000032199

Rennie, L. J., Goodrum, D. y Hacking, M. (2001). Science teaching and learning in Australian schools: Results of a national study. Research in Science Education, 31(4), 455–498. https://doi.org/10.1023/A:1013171905815

Rivadulla-López, J.C., Rodríguez, M. y González, O. (2021). Actitudes hacia las Ciencias de la Naturaleza de los maestros en formación y en ejercicio de Educación Primaria. *Revista Complutense de Educación*, 32(4), 581-591. https://dx.doi.org/10.5209/rced.70856

Schreiner, C. y Sjøberg, S. (2004). ROSE: The Relevance of Science Education. Sowing the seeds of ROSE. *Acta Didactica*, 4.

Shidiq, A.S., Permanasari, A., Hernani y Hendayana, S. (2021). Chemistry teacher responses to learning in the COVID-19 outbreak: Challenges and opportunities to create innovative lab-work activities. *Journal of Physics: Conference Series,* 1806, 012195. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012195

Van Aalderen, S. y van der Molen, J. (2015). Improving primary teachers' attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of Research in Science Teaching,* 52(5), 710-734. https://doi.org/10.1002/tea.21218

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.

Woods, C. M. (2006). Careless responding to reverse-worded items: Implications for confirmatory factor analysis. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment,* 28(3), 186-191. https://doi.org/10.1007/s10862-005-9004-7

INDAGAPP: UN NUEVO RECURSO PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS POR INDAGACIÓN

IRAYA YÁNEZ PÉREZ
Universidad de Burgos

RADU BOGDAN TOMA
Universidad de Burgos

1. INTRODUCCIÓN

La indagación científica es un método de enseñanza que implica al alumnado en el desarrollo y la evaluación de explicaciones científicas del mundo natural, al tiempo que participa en prácticas científicas, generan e interpretan datos y aplican la lógica y las evidencias desarrolladas para explicar algún fenómeno natural (Crawford, 2014). Por lo tanto, es una metodología de enseñanza considerada de tipo activo, al igual que lo son otras metodologías como el aprendizaje basado en problemas (ABP) o la metodología invertida (*Flipped Classroom*). Mediante el uso de esta metodología se pretende que el alumnado imite el quehacer de los científicos al tener que formular preguntas, diseñar experimentos, recolectar y analizar datos, y extraer conclusiones en base a lo que han observado (Osborne, 2014).

Esta metodología para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias se viene promoviendo desde hace décadas en los distintos currículos y reformas educativas en todo el mundo (Abd-El-Khalick et al., 2004; NGSS Lead States, 2013). En España, contexto de este estudio, la ley educativa en vigor LOMLOE (2020) demanda que el profesorado adopte esta metodología desde etapas elementales para el desarrollo de la nueva Competencia Matemática y Competencia en Ciencia, Tecnología e Ingeniería (competencia STEM, por sus siglas en inglés). Además, el uso en el aula de esta estrategia pedagógica está intensamente respaldado por la investigación que se ha llevado a cabo en el ámbito

de la didáctica de las ciencias durante las últimas décadas (de Jong et al., 2023; Rönnebeck et al., 2016).

Entre las múltiples ventajas que se le atribuyen a la indagación destacan la mejora del aprendizaje del alumnado y el aumento del interés por la ciencia (Aguilera & Perales-Palacios, 2020; Toma, 2022b). De igual manera, la indagación podría favorecer experiencias de aprendizaje notorias entre varias disciplinas debido a que puede servir de guía para relacionar contenidos del currículo (Roehrig et al., 2021; Toma & Greca, 2018). No obstante, esta estrategia pedagógica también cuenta con algunas limitaciones que impiden una adecuada implementación y un uso frecuente en las aulas de ciencias de Educación Primaria y Secundaria (Correia & Harrison, 2019; García-Carmona et al., 2018; Toma et al., 2017), como son la falta de recursos, el tiempo de preparación que conlleva y el limitado conocimiento pedagógico del profesorado tanto en nuevas metodologías como en herramientas digitales (Baroudi & Helder, 2019; Fang, 2020).

Por otro lado, actualmente existen muchos recursos TIC que pueden utilizarse para impartir contenidos de ciencias (Silva-Díaz et al., 2022). Por ejemplo, los profesores pueden utilizar simulaciones como PHET Colorado, laboratorios virtuales como Labster y aplicaciones móviles como Lab4Physics. El uso de estas herramientas por parte del profesorado ha demostrado resultados favorables tanto en estudiantes de Educación Primaria como de Secundaria y universidad (Roll et al., 2018). Sin embargo, tras realizar una revisión exhaustiva de los recursos didácticos existentes se ha llegado a la conclusión de que estos recursos educativos están descontextualizados de una situación problemática y se enfocan únicamente en la simulación experimental, prescindiendo de algunas fases importantes a la hora de aplicar la metodología de indagación, como la formulación de preguntas e hipótesis o la identificación de variables.

Por consiguiente, en este capítulo se presenta el recurso educativo IndagApp, se comentan sus implicaciones educativas y se expone un ejemplo de uso didáctico del mismo. Esta aplicación (app) se ha diseñado específicamente con el objetivo de potenciar el uso de la metodología de indagación en las aulas de ciencias de las etapas de Educación

Primaria y Secundaria. Gracias a ella, los profesores de dichos niveles educativos puedan llevar a cabo indagaciones virtuales en 3D utilizando un smartphone, una Tablet o un PC, lo que reduce la limitación de la falta de recursos. IndagApp se ha desarrollado bajo el marco de un proyecto coordinado por la Universidad de Burgos y financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España (MINECO) y pretende dotar de recursos al profesorado de Educación Primaria y Secundaria. De esta manera, se busca mejorar la enseñanza de las ciencias y adaptarla a las actuales exigencias del plan de estudios.

2. DESCRIPCIÓN DE INDAGAPP

La aplicación IndagApp es un recurso gratuito que se puede descargar tanto en dispositivos móviles (Smartphones y Tablets) con Android versión 5.0 o superior como en ordenadores con sistema operativo Windows 7 o posteriores. La versión Android está disponible en Google Play Store, mientras que la versión PC se puede conseguir contactando vía correo electrónico con los autores de este capítulo. Además, se puede utilizar la aplicación accediendo como usuario invitado o previo registro en la misma. En esta segunda opción se guardan los progresos realizados en cada indagación, de manera que se puede continuar desde donde se había quedado previamente.

Esta herramienta digital consta de diez indagaciones basadas en contenidos comunes de las asignaturas de ciencias (Física, Química, Biología y Geología) en Educación Primaria y Secundaria en España. Las diez unidades indagatorias se denominan crecimiento de las plantas, formación de cristales, fuerza, inundaciones, crecimiento bacteriano, fotosíntesis, flotabilidad, formación de valles, refracción de la luz y vuelo en globo. Las indagaciones desarrolladas para la aplicación tienen diferente nivel de dificultad, aunque todas siguen la misma estructura. Dicha estructura está basada en los principios principales de la indagación científica y en las fases del ciclo indagatorio propuestas en la literatura científica (Pedaste et al., 2015; Zacharia et al., 2015). No obstante, se adaptó la terminología para hacerla accesible tanto para el alumnado como para el docente.

Además, IndagApp cuenta con efectos de sonido (p. ej., lluvia) para hacerla más atractiva y captar más fácilmente la atención del alumnado, aunque estos efectos pueden desactivarse desde la propia aplicación en caso de necesidad. Igualmente, la app cuenta con estrategias de andamiaje, tanto en formato texto como en formato vídeo para ayudar al alumnado en caso de que no sepa cómo continuar mientras está utilizando la aplicación. Finalmente, la app viene acompañada de cuadernos del alumno con fichas que se pueden descargar e imprimir para ir completando a la misma vez que se realiza la indagación. Dichas fichas están disponibles de manera gratuita en la web del proyecto (http://www.webciencia.es/).

Por último, la aplicación se ha probado en distintos estudios piloto con profesorado universitario experto en la temática indagatoria, con profesorado en activo y en formación inicial y con alumnado de Educación Primaria. En concreto, se han realizado estudios piloto de usabilidad de la app con alumnado de 5º curso de Educación Primaria, así como con alumnado de 2º y 4º curso del Grado en Educación Primaria. Asimismo, durante la fase de desarrollo de la misma, la aplicación fue probada y validada tanto por profesorado universitario como por profesorado de Educación Primaria y Secundaria. En cualquier caso, los resultados de usabilidad obtenidos fueron buenos, lo que nos indica que la app es un recurso educativo apto para utilizarse en las aulas de ciencias de los diferentes niveles educativos.

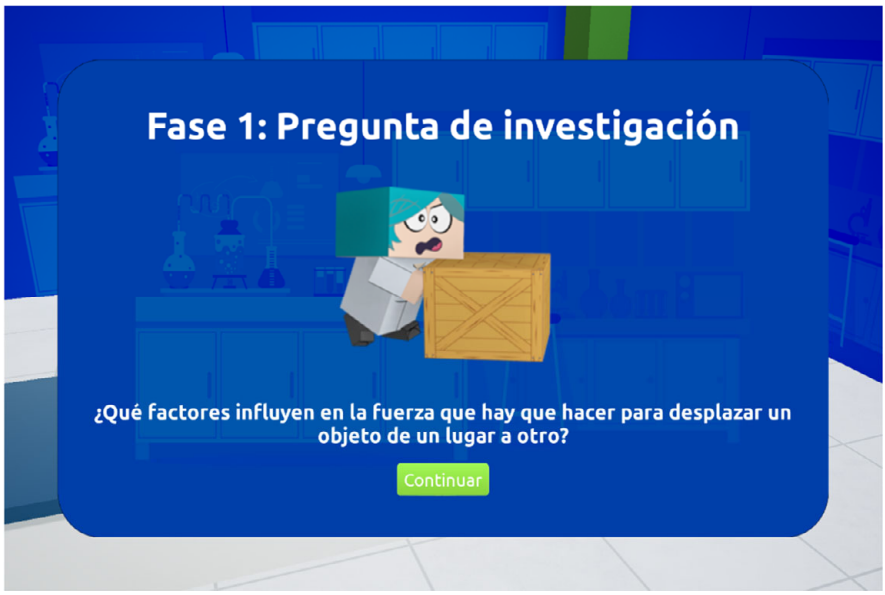
2.1. Estructura de las unidades indagatorias de la app

Tal como se comentó anteriormente, las indagaciones se diseñaron en base a las fases del ciclo indagatorio propuesto por Pedaste et al. (2015). A continuación, se explica en qué consiste cada una de las etapas de las que consta cada indagación.

La primera fase de la indagación, denominada *fase de planteamiento de la situación problematizadora*, consiste en contextualizar una situación de aprendizaje y formular una pregunta de investigación relacionada con el problema objeto de estudio (figura 1). Esta fase tiene por objetivo que el alumnado aprenda a realizar preguntas adecuadas sobre un tema concreto. Para ello, se orienta al alumnado para que formule preguntas

científicas concretas y claras sobre algún tema que sea capaz de captar su atención. Dichas preguntas deben poder responderse mediante la realización de investigaciones científicas de corte experimental.

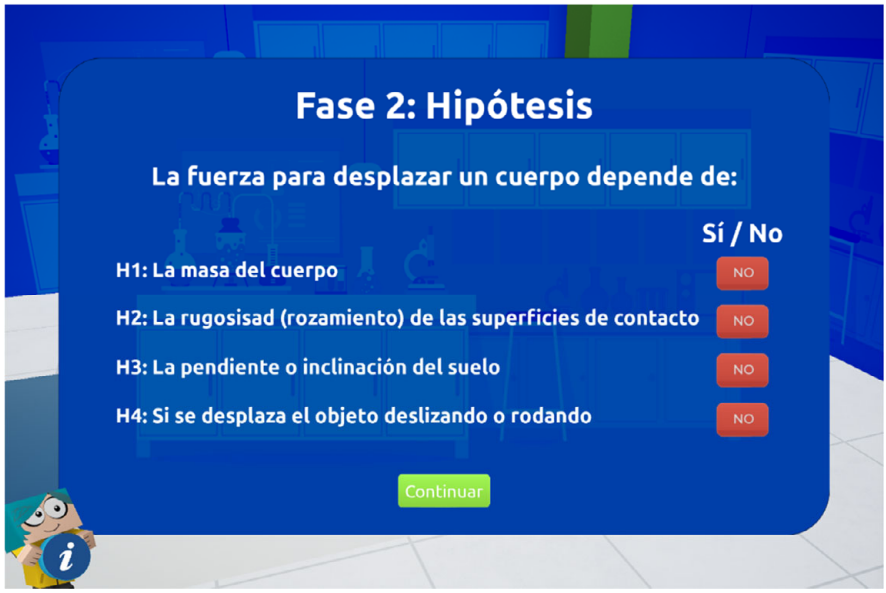
FIGURA 1. *Primera fase del ciclo indagatorio en IndagApp*



Durante la segunda fase del ciclo indagatorio, el alumnado sugiere posibles respuestas para la pregunta de investigación propuesta anteriormente. Esta fase del proceso se conoce como la *formulación de hipótesis* y, en ella, el alumnado debe confirmar si está de acuerdo o no con cada una de las cuatro hipótesis que plantea la aplicación (figura 2).

En la fase de *planificación y diseño experimental*, que es la tercera etapa del ciclo indagatorio, se intenta buscar la respuesta a la pregunta de investigación planteada en la primera fase. Para ello, el alumnado debe diseñar un plan de investigación (seleccionar los materiales a utilizar, desarrollar paso a paso el procedimiento a seguir, estudiar posibles dificultades a la hora de llevarlo a cabo, …) basándose en las hipótesis planteadas y reflexionar, previamente a su realización, en los resultados que puede obtener.

FIGURA 2. *Segunda fase del ciclo indagatorio en IndagApp*



En el caso concreto de realizar indagaciones mediante IndagApp, esta fase se simplifica y consiste, en primer lugar, en seleccionar la hipótesis que queremos comprobar. Posteriormente, se identifican cuáles son la variable independiente, la variable dependiente y las variables de control del experimento a simular en la app (figura 3). Por último, con el objetivo de averiguar si la hipótesis planteada anteriormente se confirma o se rechaza, se modifican en la aplicación los valores de la variable independiente y se observa que es lo que ocurre con la variable dependiente.

La cuarta fase del proceso indagatorio consiste en representar los resultados obtenidos durante la fase de experimentación tanto en tablas de resultados como en gráficos, así como en interpretar dichos resultados. A esta fase del ciclo de indagación se le denomina *recolección de datos e interpretación*. En este caso, al finalizar todas las simulaciones virtuales correspondientes a una hipótesis determinada, la aplicación muestra directamente al alumnado los datos experimentales obtenidos en las simulaciones en una tabla de resultados. Asimismo, la app

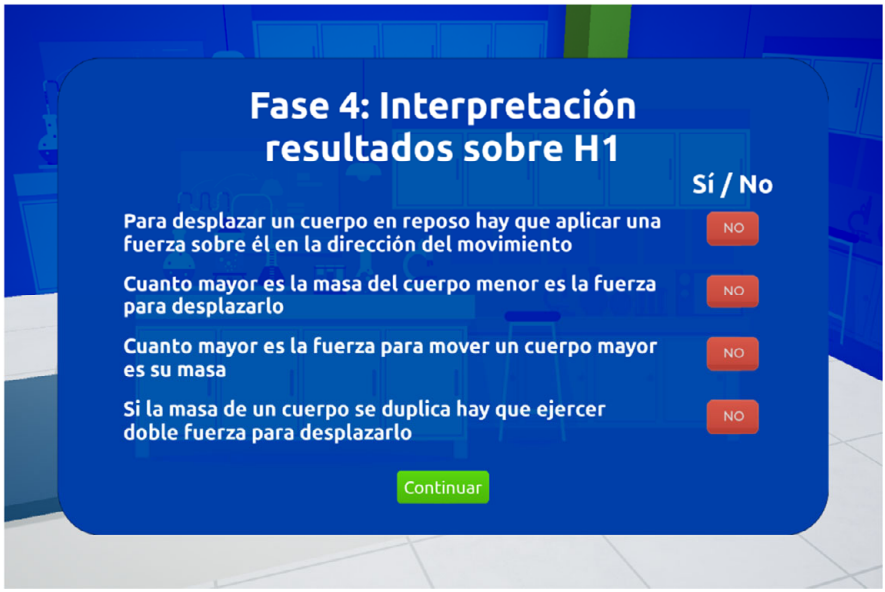
también muestra la gráfica correspondiente, aunque en la propia aplicación se recomienda hacer previamente la gráfica en el cuaderno antes de acceder a ella. De esta manera, se pretende conseguir que el alumnado asimile e interprete con mayor facilidad los resultados. Finalmente, en esta fase la aplicación también cuenta con unas preguntas dicotómicas, de verdadero y falso, que sirven de guía al alumnado en la interpretación de los resultados (figura 4).

FIGURA 3. *Tercera fase del ciclo indagatorio en IndagApp: Selección de variables*



Finalmente, la indagación termina con la fase de *conclusiones*. En ella, el alumnado debe extraer conclusiones relacionadas con la investigación realizada y exponerlas de forma clara y concisa mediante informes escritos, posters científicos o presentaciones orales. No obstante, debido a que en la aplicación no se puede llevar a cabo la parte de comunicación de resultados, se han añadido unas preguntas de afianzamiento y de aplicación (figura 5) relacionadas con los contenidos tratados en cada indagación. De este modo, el profesorado puede percatarse si el alumnado ha adquirido los conocimientos esperados y si es capaz de aplicarlo a nuevas situaciones de aprendizaje.

FIGURA 4. *Cuarta fase del ciclo indagatorio en IndagApp: preguntas dicotómicas*

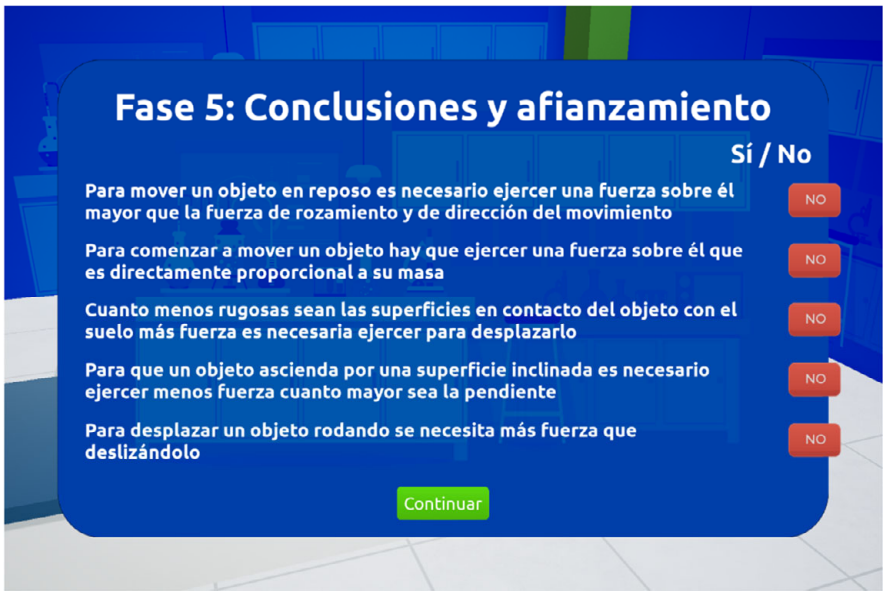


Se considera esencial comentar que el ciclo de indagación utilizado en IndagApp difiere ligeramente del propuesto por Pedaste et al. (2015) debido a que este último separa la recogida de datos de su interpretación e incluye la comunicación de los resultados en la fase final de conclusiones. No obstante, la recomendación de un panel de expertos nos ha llevado a la decisión de combinar las etapas de recogida de datos e interpretación de resultados para facilitar la comprensión del alumnado y evitar que la fase de experimentación se convierta en un simple juego. De esta manera, dado que cada indagación plantea cuatro hipótesis independientes, se evita desplazar la interpretación de los resultados de cada una de las hipótesis al final de la unidad.

Por otro lado, dadas las características de la aplicación, no ha sido posible implementar un procedimiento virtual para la comunicación de los datos, por lo que la fase final consiste en contestar algunas preguntas de afianzamiento y aplicación de conocimientos. No obstante, el profesorado puede seguir utilizando en el aula los procedimientos tradicionales para la comunicación de resultados, como las explicaciones del

alumnado o la elaboración de un póster científico. Además, también se puede solicitar al alumnado que realice una exposición de resultados de forma oral, de forma que desarrolle la habilidad de hablar en público y las habilidades relacionadas con la comunicación de resultados científicos. Todos estos aspectos se señalan y potencian en los cuadernos del alumnado, mencionados con anterioridad.

FIGURA 5. *Quinta fase del ciclo indagatorio en IndagApp*



2.2. Estrategias de andamiaje

De acuerdo con la literatura especializada sobre la adecuada implementación de la indagación científica (Toma, 2022a; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019; Zacharia et al., 2015), el recurso educativo IndagApp contiene numerosos apartados de ayuda que actúan a modo de andamiaje. Estos andamiajes se realizan mediante el personaje protagonista de la historia, que acompaña al alumnado durante el desarrollo de cada indagación científica ofreciendo indicaciones y aclaraciones. Estas explicaciones son de dos tipos: en formato texto o video. Así, por ejemplo, en el menú principal y antes de la selección de la indagación objeto de

estudio, se ha incluido un breve video en el que se explica, empleando un lenguaje sencillo, el proceso indagatorio. El segundo video aparece al comenzar la tercera fase y está enfocado en explicar al alumnado el significado de las variables dependiente, independiente y control, proporcionando un ejemplo fácil y pertinente a su desarrollo cognitivo. El resto de las ayudas se proveen en formato texto. Por ejemplo, en la segunda fase (hipótesis), aparecen las instrucciones y; en la tercera fase (planificación y diseño), se indica al alumnado los pasos a seguir para el control y la manipulación de las variables del experimento (figura 6).

FIGURA 6. *Ejemplo de estrategia de andamiaje en formato texto*



3. IMPLICACIONES EDUCATIVAS DE INDAGAPP

La aplicación IndagApp se diseñó con el objetivo de animar al profesorado a emplear la metodología de indagación con mayor regularidad en las aulas de ciencias. La idea inicial del equipo investigador en relación con el uso de la app era que se utilizase en las aulas como un recurso principal para el desarrollo de investigaciones científicas con alumnado de 10 a 14 años de edad. No obstante, la aplicación también puede

utilizarse, en momentos puntuales, como complemento a una explicación teórica para ayudar al alumnado a afianzar conceptos, o incluso para motivarlos en caso de que el concepto a trabajar sea difícil de visualizar. Por este motivo, IndagApp se podría convertir en un recurso imprescindible tanto para el alumnado como para el profesorado encargado de la enseñanza de las ciencias de diferentes niveles educativos. Además, esta aplicación se puede utilizar tanto en las aulas de ciencias como en tutorías, clases de apoyo académico, actividades extracurriculares e incluso en proyectos científicos a exponer en ferias de ciencias.

En segundo lugar, este recurso educativo proporciona un método práctico, estimulante y atractivo de trabajar contenidos científicos, por lo que podría promover también la participación activa del alumnado (Liou, 2021). Igualmente, mediante el uso de esta aplicación también se podría impulsar el aprendizaje autónomo por parte del alumnado. IndagApp se puede utilizar fuera del ámbito académico sin problema debido a que contiene instrucciones claras y estrategias de andamiaje para guiar a los potenciales usuarios de la app (Duschl & Bybee, 2014). No obstante, no se recomienda el uso independiente de esta herramienta en niveles educativos elementales porque la metodología de indagación conlleva asociada una dificultad intrínseca. Un estudio piloto que hemos realizado revela que, al menos, se requiere una introducción de la metodología de indagación para que el alumnado de Educación Primaria adquiere un aprendizaje significativo cuando utiliza este recurso de manera autónoma; de lo contrario, la curva de aprendizaje podría dificultar que se utilice de manera apropiada o con la finalidad para la que ha sido diseñado.

Por otro lado, IndagApp promueve el aprendizaje interdisciplinar teniendo en cuenta los niveles de integración curricular propuestos por Gresnigt et al., (2014). En concreto, la app se basa en un tipo de integración multidisciplinar, en la que dos o más áreas temáticas se organizan en torno a un mismo tema o problema de la vida real o en un proyecto. Aunque cada disciplina mantiene sus objetivos específicos, el contenido y el contexto de la enseñanza se adaptan para satisfacer las demandas de las disciplinas involucradas. Por ejemplo, la aplicación fomenta el aprendizaje interdisciplinar mediante la recopilación y

representación de los datos en tablas y gráficos. Gracias a ello, el alumnado puede aplicar conceptos y destrezas matemáticas para analizar, presentar e interpretar los datos obtenidos en diversas investigaciones (LOMLOE, 2020; NGSS Lead States, 2013). Además, las indagaciones presentes en la aplicación están relacionadas con temas sociales relevantes, por lo que tratan también las implicaciones sociales y culturales de la ciencia.

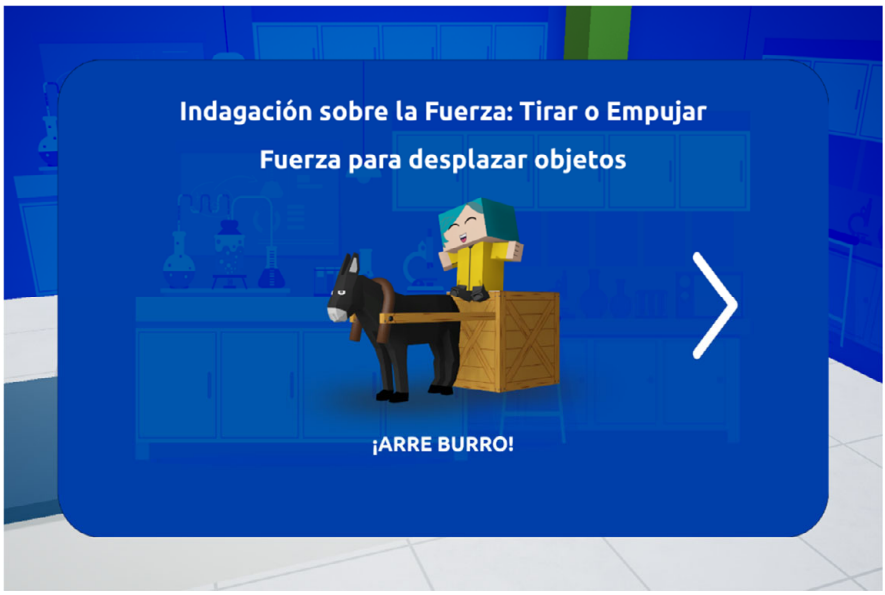
Por último, para llevar a cabo indagaciones con este recurso educativo es necesario disponer de smartphones, tablets o PC. Por consiguiente, el uso de IndagApp podría favorecer el desarrollo de habilidades TIC en el ámbito educativo (Silva-Díaz et al., 2022). El alumnado usuario de esta aplicación debe, de manera individual, usar y dirigir este recurso, lo que podría ayudar a la mejora de sus habilidades digitales. Además, mediante el uso de esta aplicación se pretende que el alumnado aprenda a utilizar herramientas digitales para su aprendizaje, es decir, con fines educativos. Por tanto, se considera que el uso de IndagApp también está en línea con las nuevas reformas curriculares, que enfatizan la importancia de la tecnología en la educación (LOMLOE, 2020).

4. EJEMPLO DE UNIDAD INDAGATORIA

En este apartado, se va a utilizar la unidad indagatoria sobre el concepto de Fuerza (figura 7) como ejemplo de uso de la aplicación IndagApp para realizar una indagación virtual. Mediante el desarrollo de esta unidad indagatoria se pretende conseguir que el alumnado del último ciclo de Educación Primaria (5º-6º EPO) y primeros cursos de Educación Secundaria (1º y 2º ESO) adquiera conocimientos relacionados con los distintos factores que influyen en la fuerza necesaria para desplazar un objeto. Igualmente, al utilizar la aplicación el alumnado trabaja las distintas etapas del ciclo de indagación y el concepto de variable, al tener que seleccionar en cada hipótesis las variables independiente, dependiente y de control de cada experimento. Por último, se pretende que, gracias a la aplicación, el alumnado mejore sus habilidades indagatorias (formular preguntas de investigación e hipótesis científicas, identificar

variables, diseñar experimentos, interpretar resultados y establecer patrones y conclusiones) y desarrolle habilidades tales como el pensamiento crítico y la capacidad para resolver problemas.

FIGURA 7. *Unidad indagatoria sobre la Fuerza*



A continuación, se explica detalladamente cada una de las fases de las que consta la indagación mencionada anteriormente.

4.1. Pregunta de investigación

En primer lugar, se introduce la indagación a realizar con la situación problematizadora *¡Arre burro!* La historia que el alumnado lee en la aplicación es la siguiente:

> "Desde hace mucho tiempo, los seres humanos han utilizado a distintos animales en el transporte de productos y personas, en la agricultura y en otras muchas ocupaciones. Por ejemplo, mover carros o arrastrar trineos por la nieve.

Los animales emplean su energía para desplazar o mover objetos, ejerciendo fuerza sobre ellos.

Investigarás sobre los factores que influyen en la fuerza que se requiere para mover objetos"

Una vez planteada la situación problematizadora, el alumnado debe proponer algunas preguntas de investigación relacionadas con el tema a trabajar. Algunas serán susceptibles de ser investigables y otras no. Esta primera fase del ciclo indagatorio concluye al consensuar con el alumnado la pregunta de investigación, que en este caso es:

"¿Qué factores influyen en la fuerza que hay que hacer para desplazar un objeto de un lugar a otro?"

4.2. Hipótesis

En la segunda fase del ciclo el alumnado debe proponer posibles respuestas para la pregunta de investigación objeto de estudio, es decir, factores que ellos que creen que pueden afectar a la fuerza que hay que aplicar a la hora de mover un objeto, por ejemplo, una caja. La aplicación propone cuatro hipótesis (figura 2), que el alumno debe confirmar marcando SI o rechazar marcando NO.

4.3. Diseño experimental

A la hora de realizar el diseño de experimentos, el alumno debe primero seleccionar las variables del experimento y luego llevar a cabo las simulaciones oportunas para responder a la hipótesis seleccionada.

4.3.1. Selección de variables

Como se comentó anteriormente, la identificación de variables de un experimento es un aspecto importante a trabajar con la aplicación IndagApp. En la tabla 1 se muestran las variables dependiente, independiente y de control de las cuatro hipótesis de las que consta la indagación de Fuerza. Como puede observarse, la variable dependiente es en todos los casos la fuerza, que es la variable que "medimos" en la indagación.

***TABLA 1**. Variables dependiente, independiente y de control para cada uno de los factores que influyen en la fuerza que se requiere para mover objetos*

HIPÓTESIS	VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLES DE CONTROL
H1: Masa del cuerpo	Fuerza para desplazar el objeto	Masa del objeto	Rozamiento entre las superficies, pendiente o inclinación del suelo y el objeto rueda o se desliza
H2: La rugosidad de la superficie de contacto	Fuerza para desplazar el objeto	Rozamiento entre las superficies	Masa del objeto, pendiente o inclinación del suelo y el objeto rueda o se desliza
H3: La pendiente o inclinación del suelo	Fuerza para desplazar el objeto	Pendiente o inclinación del suelo	Masa del objeto, rozamiento entre las superficies y el objeto rueda o se desliza
H4: Si se desplaza deslizando o rodando	Fuerza para desplazar el objeto	El objeto rueda o se desliza	Masa del objeto, rozamiento entre las superficies y pendiente o inclinación del suelo

4.3.2. Simulaciones

Una vez seleccionadas las variables del experimento, se procede a realizar las simulaciones virtuales que ayudarán al alumno a contrastar cada una de las hipótesis. Por ejemplo, para investigar si la fuerza depende de la masa del objeto se modifica la masa y se mide la fuerza aplicada en Newtons (N). IndagApp permite elegir entre cinco posibles opciones (50, 100, 150, 200 y 250 kg) y muestra cuánta fuerza es necesario aplicar para desplazar el objeto. Además, se ve como el personaje protagonista va desplazando los objetos (figura 8).

Para estudiar la rugosidad de la superficie de contacto, las opciones seleccionables son 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1. Para estudiar la pendiente los valores que se pueden escoger son 0, 5, 10, 15 y 20 grados de inclinación. En última instancia, se va a investigar si hay que hacer más fuerza al desplazar el objeto rodándolo o deslizándolo, por lo que las opciones a elegir en la aplicación son Rueda o Desliza.

FIGURA 8. *Simulación virtual de la hipótesis H1 de la indagación Fuerza*



4.4 Resultados obtenidos e interpretación

Una vez que el alumnado ha llevado a cabo todas las simulaciones de la hipótesis objeto de estudio, IndagApp le muestra los resultados de las variables independiente y dependiente (que en nuestro caso es la fuerza medida en N) tanto en tablas de resultados como en gráficos. Así, se facilita al alumnado la comprensión e interpretación de los datos obtenidos.

La tabla de resultados obtenida en la simulación de la primera hipótesis planteada en la unidad indagatoria Fuerza, así como su gráfica correspondiente, se puede ver en la figura 9. Asimismo, las afirmaciones que se proponen de guía para la interpretación de los resultados de dicha hipótesis, con sus respuestas correctas marcadas, se muestran en la figura 10. El alumnado debe decidir si estas afirmaciones son verdaderas (SI) o falsas (NO). En caso de que las respuestas marcadas no sean correctas, la aplicación no deja al alumnado continuar con la indagación.

FIGURA 9. *Resultados de IndagApp de la hipótesis H1 de la indagación Fuerza*

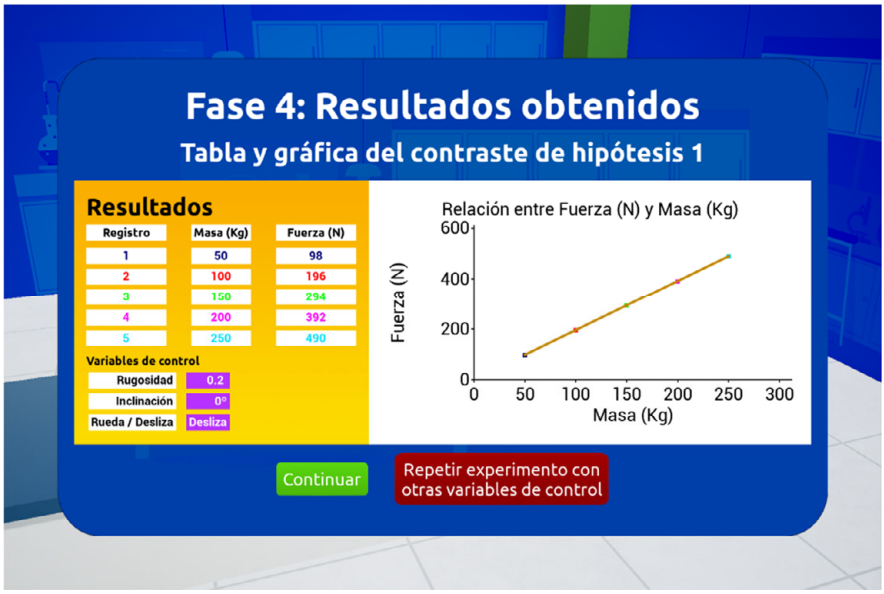
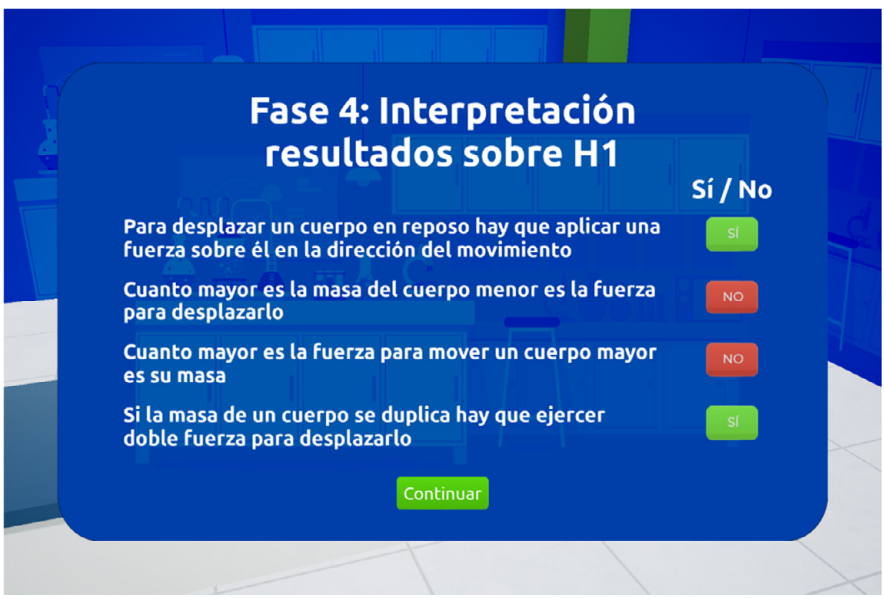


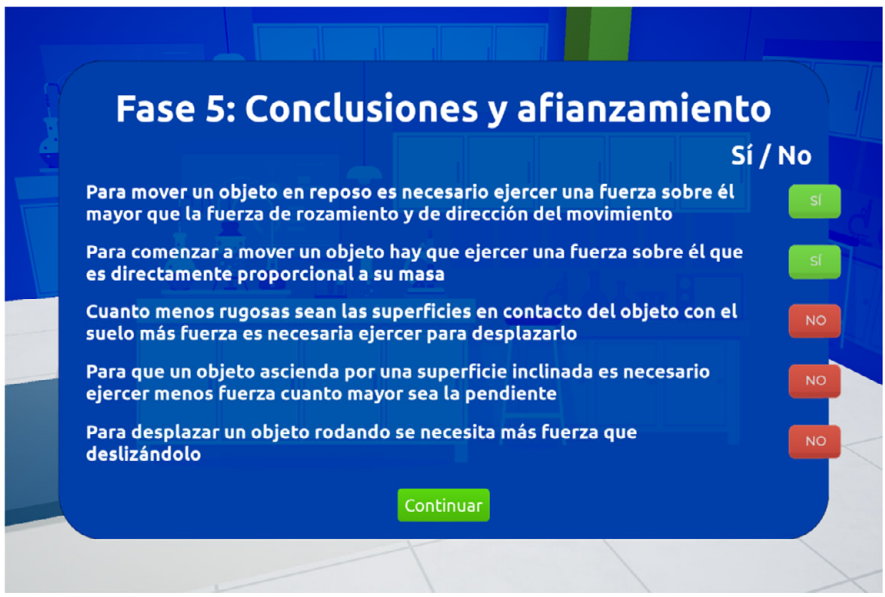
FIGURA 10. *Afirmaciones de la hipótesis H1 de la indagación Fuerza*



4.5. Conclusiones y afianzamiento

La unidad indagatoria termina con la fase de conclusiones y afianzamiento. En IndagApp, esta fase consta de cinco preguntas de afianzamiento relacionadas con los contenidos trabajados en la indagación y de cuatro preguntas de aplicación de conocimientos. Las afirmaciones de afianzamiento ayudan también al alumnado a establecer conclusiones y, al igual que en la fase anterior, se debe marcar SÍ si se cree que son verdaderas o NO en caso de que se considere que son falsas. Las afirmaciones de la fase de conclusión de la indagación Fuerza, así como sus respuestas, se pueden observar en la figura 11.

FIGURA 11. *Preguntas de afianzamiento de la hipótesis H1 de la indagación Fuerza*



Respecto a las preguntas de aplicación de conocimientos, simplemente hay que seleccionar una de las dos posibles opciones de respuesta (figura 12). Las preguntas de aplicación de la unidad indagatoria Fuerza son las siguientes:

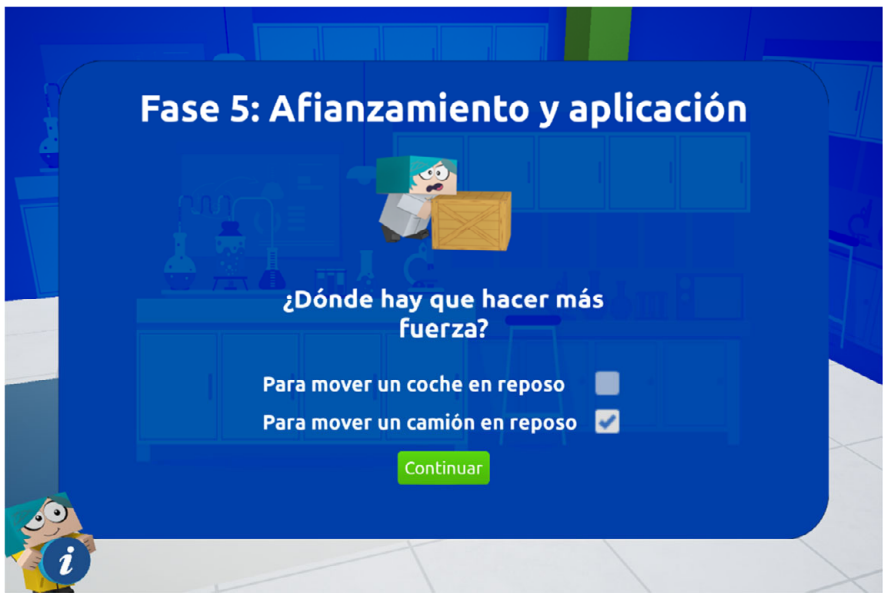
– ¿Hay que hacer más fuerza para mover un coche en reposo o un camión en reposo?

– ¿Hay que hacer más fuerza para empujar una carretilla de 10 kg o una caja de 10 kg?

– ¿Hay que hacer más fuerza para subir una carretilla por una rampa de 20º o por una rampa de 10º?

– ¿Hay que hacer más fuerza para mover un coche por un camino de tierra o por asfalto?

FIGURA 12. *Pregunta de aplicación de la hipótesis H1 de la indagación Fuerza*



5. CONCLUSIONES

La falta de recursos y el tiempo de preparación son las razones comunes por las que la metodología de indagación no se utiliza con regularidad en la enseñanza de las ciencias (Correia & Harrison, 2019; Fang, 2020; Toma et al., 2017), a pesar de los múltiples beneficios que se le asocian a esta estrategia pedagógica (Aguilera & Perales-Palacios, 2020; de Jong et al., 2023; Toma, 2022b). Para superar estas limitaciones, se ha desarrollado IndagApp, una aplicación educativa mediante la cual el alumnado puede realizar investigaciones virtuales empleando

Smartphones, tabletas digitales u ordenadores, eliminando así la barrera de la falta de recursos. Por lo tanto, IndagApp integra de forma significativa las TIC en la enseñanza de las ciencias, lo que podría alentar al profesorado a adoptar la indagación más frecuentemente. Además, esta aplicación tiene potencial para llenar el vacío existente en la literatura al proporcionar un recurso específicamente diseñado para implementar esta metodología de indagación en las aulas de ciencias de Educación Primaria.

Por otro lado, dado el declive de las vocaciones científicas (Carrasquilla et al., 2022; Toma, 2022c) y los bajos resultados de los países iberoamericanos obtenidos en pruebas de evaluación internacionales como PISA o TIMMS, el uso de herramientas digitales en la enseñanza de las ciencias se ha convertido en una necesidad. Por ello, IndagApp es un recurso muy pertinente y útil para el profesorado ante la necesidad de adoptar y aplicar la metodología de indagación escolar. Asimismo, facilita la tarea de aprender mediante situaciones de aprendizaje que promueven la interdisciplinariedad. A diferencia de los recursos existentes, como PhET Colorado, IndagApp no solo incluye la simulación científica o el laboratorio virtual, sino que permite abordar todas las fases del ciclo indagatorio. Esto ayuda al alumnado a acercarse a las distintas prácticas científicas y a explorar conceptos de forma dinámica, lo que, en última instancia, podría mejorar su motivación y rendimiento académico (Reeves & Crippen, 2021; Scalise et al., 2011; Silva-Díaz et al., 2022).

Por último, se está realizando un esfuerzo considerable para desarrollar una versión en inglés y una versión en portugués de la aplicación, de modo que se pueda utilizar también en otros países y contextos. Además, se están planificando estudios de usabilidad a mayor escala, es decir, con mayor muestra y también en otros países de habla hispana, con el objetivo de ampliar el alcance del estudio de la aplicación descrita en este capítulo de libro. Igualmente, se está investigando el impacto de IndagApp en distintas variables de interés como, por ejemplo, el desarrollo competencial. Se tratan, por tanto, de avenidas para futuras investigaciones muy prometedoras y fundamentales, en tanto que responden a las demandas actuales de aportar evidencias sobre la efectividad del uso de recursos tecnológicos en la educación científica.

6. AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación de España (PID2020-117348RB-I00 - 10.13039/501100011033).

7. REFERENCIAS

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Avi Hofstein, R. M.-N., Niaz, M., Treagust, D. y Tuan, H.-L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education, 88*(3), 397–419. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.10118

Aguilera, D. y Perales-Palacios, F. J. (2020). What effects do didactic interventions have on students' attitudes towards science? A meta-analysis. *Research in Science Education, 50*(2), 573–597. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9702-2

Baroudi, S. y Helder, M. R. (2019). Behind the scenes: Teachers' perspectives on factors affecting the implementation of inquiry-based science instruction. *Research in Science and Technological Education*, 1–22. https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1651259

Carrasquilla, O. M., Pascual, E. S. y Roque, I. M. S. (2022). The gender gap in STEM Education. *Revista de Educación, 2022*(396), 149–172. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396-533

Correia, C. F. y Harrison, C. (2019). Teachers' beliefs about inquiry-based learning and its impact on formative assessment practice. *Research in Science and Technological Educati*on, 38(3), 1–22. https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1634040

Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. En N. G. Lederman y S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, Volume II* (pp. 515–541). Routledge.

de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K. y Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review, 39*(November 2022), 100536. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536

Duschl, R. A. y Bybee, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: An entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education, 1*(12), 1–9. https://doi.org/10.1186/s40594-014-0012-6

Fang, S. C. (2020). Towards scientific inquiry in secondary earth science classrooms: Opportunities and realities. *International Journal of Science and Mathematics Education, 19,* 771-792. https://doi.org/10.1007/s10763-020-10086-6

García-Carmona, A., Criado, A. M. y Cruz-Guzmán, M. (2018). Prospective primary teachers' prior experiences, conceptions, and pedagogical valuations of experimental activities in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 16*(2), 237–253. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9773-3

Gresnigt, R., Taconis, R., van Keulen, H., Gravemeijer, K. y Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: A review of integrated curricula. *Studies in Science Education, 50*(1), 47–84. https://doi.org/10.1080/03057267.2013.877694

Liou, P. Y. (2021). Students' attitudes toward science and science achievement: An analysis of the differential effects of science instructional practices. *Journal of Research in Science Teaching, 58*(3), 310–334. https://doi.org/10.1002/tea.21643

LOMLOE. (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020.

NGSS Lead States. (2013). *The Next Generation Science Standards: For states, by states.* The National Academies Press. https://doi.org/10.1016/j.endm.2015.07.014

Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. En N. G. Lederman y S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education*, Volume II (pp. 579–599).

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. y Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47–61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A. y Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 3*(1). https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y

Roll, I., Butler, D., Yee, N., Welsh, A., Perez, S., Briseno, A., Perkins, K. y Bonn, D. (2018). Understanding the impact of guiding inquiry: The relationship between directive support, student attributes, and transfer of knowledge, attitudes, and behaviours in inquiry learning. I*nstructional Science, 46*(1), 77–104. https://doi.org/10.1007/s11251-017-9437-x

Rönnebeck, S., Bernholt, S. y Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education, 52*(2), 161–197. https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351

Silva-Díaz, F., Fernández-Ferrer, G., Vásquez-Vilchez, M., Ferrada, C., Narváez, R. y Carrillo-Rosúa, J. (2022). Emerging technologies in STEM education. A bibliometric analysis of publications in Scopus & WoS (2010-2020). *Bordon. Revista de Pedagogia, 74*(4), 25–44. https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.94198

Toma, R. B. (2022a). Confirmation and structured inquiry teaching: Does it improve students' achievement motivations in school science? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 22*(1), 28–41. https://doi.org/10.1007/s42330-022-00197-3

Toma, R. B. (2022b). Effect of confirmation and structured inquiry on attitudes toward school science. *School Science and Mathematics, 122*(1), 16–23. https://doi.org/10.1111/ssm.12505

Toma, R. B. (2022c). Elementary school students' interests and attitudes towards biology and physics. *Journal of Biological Education,* 1–12. https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2147208

Toma, R. B. y Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 14*(4), 1383–1395. https://doi.org/10.29333/ejmste/83676

Toma, R. B., Greca, I. M. y Meneses-Villagrá, J. Á. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 14*(2), 442–457. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.11

Vorholzer, A. y von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction–an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education, 41*(11), 1562–1577. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124

Zacharia, Z. C., Manoli, C., Xenofontos, N., de Jong, T., Pedaste, M., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Mäeots, M., Siiman, L. y Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: A literature review. *Educational Technology Research and Development, 63*(2), 257–302. https://doi.org/10.1007/s11423-015-9370-0

PROMOVIENDO LA FLEXIBILIDAD REPRESENTACIONAL EN UN CONTEXTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN EDUCACIÓN PRIMARIA: IMPLEMENTACIÓN Y POTENCIAL DE UNA TAREA NUMÉRICA

MÓNICA RAMÍREZ-GARCÍA
Centro Universitario La Salle (UAM)

FRANCISCO JAVIER ORTEGA-MUÑOZ
Centro Universitario La Salle (UAM)

SILVIA RODRÍGUEZ-ALONSO
Centro Universitario La Salle (UAM)

JAVIER HERRERO-MARTÍN
Centro Universitario La Salle (UAM)

1. INTRODUCCIÓN

La constante preocupación por encontrar formas más adecuadas para facilitar el aprendizaje del alumnado y su formación integral ha llevado a los centros educativos La Salle a diseñar e implementar un Nuevo Contexto de Aprendizaje (NCA). Tras el diseño, en 2019 se comenzó la implementación en todos los centros del distrito ARLEP (que comprende a España y Portugal). Para asegurar la calidad del proceso de la implementación de la innovación educativa diseñada, se está llevando a cabo un plan estratégico, definiendo líneas concretas de evaluación multi-escala y multi-nivel de la implantación NCA de forma que sirva para identificar, corregir y asegurar el funcionamiento de la nueva metodología, así como detección de necesidades de formación, con el propósito de generar ciclos iterativos de mejora continua y adaptación a las distintas realidades.

La metodología del Nuevo Contexto de Aprendizaje (NCA) ha sido diseñada por un equipo compuesto por distintos perfiles, desde maestros en ejercicio con experiencia variada y formación en menciones diferentes, así como psicopedagogos y hasta investigadores-formadores de maestros, todos implicados profesionalmente en Educación. La definición de la innovación educativa parte de 5 principios pedagógicos, a partir de los cuales se han desarrollado los marcos competenciales para todas las etapas y áreas, y se materializan en diferentes ámbitos o entornos de aprendizaje. Entre los ámbitos de aprendizaje para Educación Primaria están los seminarios, donde se trabaja competencias específicas de las diferentes áreas. Además, la metodología incluye otros entornos donde se trabaja de manera más integrada y transversal, como pueden ser los proyectos o talleres.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación para asegurar el uso adecuado de los recursos proporcionados a los educadores de los centros educativos La Salle para llevar a cabo los seminarios de matemáticas. En concreto, ponemos el foco en una tarea de los seminarios de matemáticas del primer ciclo de Educación Primaria. El interés está en la práctica de los educadores en el aula a la hora de utilizar las guías de actividades y recursos materiales, para promover la competencia matemática de los estudiantes. Pretendemos encontrar conjuntamente características de la gestión del profesor al implementar las tareas que sean ricas en el desarrollo de la práctica matemática y poder compartirlas con el resto del profesorado, además de ayudar a mejorar los materiales base para el trabajo diario del profesorado.

1.1. Diseño de los seminarios de matemáticas

En el NCA se ha pretendido lanzar una metodología que atienda a resultados de investigación e innovación en el campo de Educación Matemática. En el diseño de los seminarios de matemáticas se pretende realizar propuestas actualizadas alineadas con las propuestas y recomendaciones curriculares internacionales basadas en la innovación e investigación, unido al modelo pedagógico propio del NCA. Esto nos permitirá realizar posibles aportaciones al mundo de la innovación e indagación sobre la educación matemática en esta etapa.

En los seminarios se plantean tareas llamadas "*Retos*", "*Resolución de problemas*" y "*Conversaciones de números*" que siguen el enfoque de resolución de problemas. Baroody, Cibulskis, Lai y Li (2004) describen este enfoque como una forma de trabajar en el que las matemáticas son consideradas como una forma de pensar, un proceso de investigación, o como la búsqueda de regularidades con el fin de resolver problemas, y que es rica en el desarrollo de las capacidades fundamentales que conforman la competencia matemática (NCTM, 2000; OCDE, 2017) y se fundamentan en los principios pedagógicos de NCA.

La identificación de los contenidos matemáticos importantes y su articulación a lo largo del currículo forma parte de los principios sobre la competencia matemática del NCA. Las *grandes ideas matemáticas* son contenidos centrales y coherentes con el aprendizaje de habilidades estructuradas de las matemáticas básicas (Brownell, Chen, & Ginet, 2014). Estas ideas son consistentes con el pensamiento del alumnado, se construyen a partir de su conocimiento informal y su conocimiento diario matemático, promoviendo la comprensión científica de conceptos básicos matemáticos y el desarrollo del pensamiento matemático lógico. Además, son base del aprendizaje futuro, generativas de nuevos conocimientos. El desarrollo de estas ideas matemáticas se organiza de tal manera, que proporciona el andamiaje al alumnado para construir su propio conocimiento.

Unido a las grandes ideas matemáticas, el constructo didáctico denominada *trayectorias de enseñanza- aprendizaje de un contenido matemáticos* (Clements y Sarama, 2009) permite conocer los distintos niveles de pensamiento de un estudiante sobre un contenido y las tareas que se pueden plantear en la instrucción en el aula para ayudarle a evolucionar en su aprendizaje. Este constructo es un instrumento desarrollado a partir de múltiples investigaciones con el que se detalla la secuencia de aprendizaje del alumnado de un contenido concreto y la secuencia de enseñanza para ayudar a desarrollar ese conocimiento. Así una trayectoria incluye tres aspectos: el objetivo de aprendizaje, las progresiones de desarrollo del pensamiento y aprendizaje, y las secuencias de tareas instruccionales. Las trayectorias de enseñanza-aprendizaje para

objetivos de aprendizaje matemáticos servirán, por un lado, como instrumento de diseño de tareas secuenciadas e implementación en el aula. Por otro lado, permite describir cualitativamente el momento en el que se encuentra el alumnado en el camino de aprendizaje para cada contenido en concreto, ya que estos itinerarios esbozan los niveles de pensamiento por los que pasan los estudiantes para llegar a un conocimiento matemático. En los primeros cursos de Educación Primaria se continúan los caminos de aprendizaje y enseñanza que fueron base de los seminarios en Educación Infantil. Esta herramienta ayuda a definir las tareas y su secuenciación, adaptarla a las diferentes realidades del aula, describir cualitativamente en qué nivel de pensamiento se encuentra cada estudiante para una idea matemática y así, poder adaptar las tareas a cada individuo para asegurar su aprendizaje.

Los recursos proporcionados a los docentes para llevar a cabo los seminarios de NCA consisten en una *carta náutica* que explica la fundamentación y organización de los seminarios, la unidad didáctica con la justificación curricular, la guía de actividades, donde se explica cómo gestionar cada sesión y, además, se proporcionan los recursos materiales para poder llevar a cabo las tareas. Al comenzar la implementación del NCA, se lleva a cabo una formación inicial donde se explica el uso de los nuevos materiales y detalle de cómo gestionar sesiones para que las tareas sean matemáticamente ricas en competencia matemática, es decir, incidir no solo en el aprendizaje de contenidos, sino que los procesos matemáticos y prácticas matemáticas, tal como las definen los *Common Core State Standars for Mathematics* (Flynn, 2017; CCSSO, 2020). Estas prácticas matemáticas se refieren entre otras a dar sentido a la resolución de problemas y perseverar en su resolución, razonar y construir argumentos viables y criticar los de los compañeros, representar ideas matemáticas, reconocer estructuras y regularidades. Las tareas propuestas en el seminario poseen un gran potencial para desarrollar estas prácticas, pero el aprovechamiento último depende de la gestión del profesor.

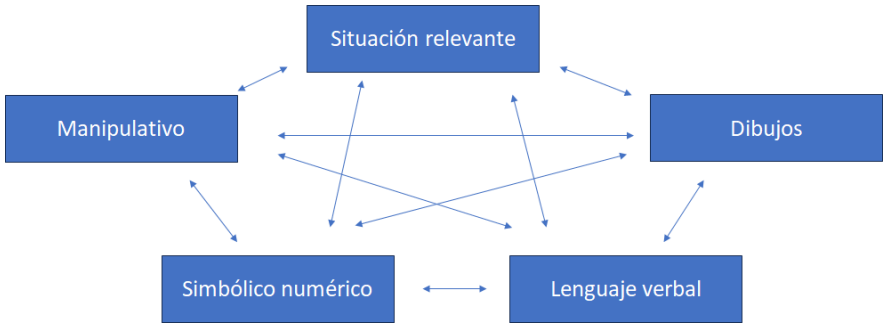
1.2. Representación matemática y Flexibilidad Representacional

Los seminarios de matemáticas en Educación Infantil y primeros cursos de Educación Primaria se plantean con una metodología fundamentalmente experimental y manipulativa. Junto con ello, damos una importancia esencial a la comunicación en clave matemática, es decir, se promueve la expresión e interacción que facilite procesos de comprensión y razonamiento compartido y contrastado entre iguales y con los educadores. Ambos elementos contribuyen a la personalización y adecuación a distintos ritmos y niveles de dominio de aquello que se está trabajando.

La representación se define como el estándar de procesos matemáticos para "crear y utilizar representaciones para organizar, registrar y comunicar ideas matemáticas; seleccionar, aplicar y traducir representaciones matemáticas para resolver problemas; y usar representaciones para modelizar e interpretar fenómenos físicos, sociales y matemáticos (NCTM, 2003, P.71)". La representación permite observar el pensamiento matemático del alumnado, lo que suministra información sobre la comprensión del contenido matemático. Las recomendaciones del NCTM (2003) indican que "los alumnos deben tener a su alcance materiales y los maestros deben animar al alumnado a utilizar una amplia serie de estrategias" (p. 124), así como pedirles que expliquen sus soluciones pictóricas y escritas para ayudarles a articular su pensamiento y a hacerlo más preciso.

Lesh et al. (1987) indica cinco registros de representación que se utilizan en las primeras edades: una situación relevante, manipulativos, dibujos, lenguaje verbal y simbólico numérico. Este autor asegura que el trabajo de una misma idea matemática en varios registros, realizando conversiones de unos a otros en paralelo, ayuda a comprenderla.

FIGURA 1. *Registros de representación y conversiones entre ellas (Lesh et al., 1987)*

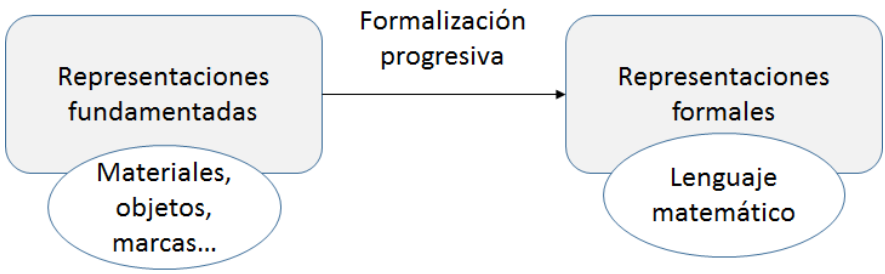


Fuente: adaptado de Lesh et al. (1987)

La flexibilidad representacional en educación matemática es una habilidad que requiere de procesos cognitivos complejos para desarrollarse y permite al alumnado representar una misma idea matemática en distintos registros de representación (Heinze et al., 2009). En el aula se suele comenzar por registros más concretos (situación real y sistema manipulativo) que ayuda a representar las ideas matemáticas en un primer momento, y más concretamente, en las primeras edades.

Tras una etapa concreta se realizan conversiones hacia sistemas más abstractos y simbólicos, que permiten iniciar la práctica de modelización matemática a través de un proceso de *formalización progresiva* (Braithwaite y Goldstone, 2013). El paso de las *representaciones fundamentadas* a las representaciones formales ha sido denominado *formalización progresiva* (ver Figura 2) que describe la instrucción basada en representaciones concretas, como representaciones perceptivas o de contextos reales con objetos u otros materiales, para introducir conceptos que más tarde se tratarán con representaciones formales, que pertenecen a sistemas con reglas explícitas como pueden ser los números naturales (Braithwaite y Goldstone, 2013). Una instrucción basada en ambas representaciones, empezando con las representaciones concretas y realizando una transición gradual hacia representaciones formales, podría favorecer el aprendizaje con comprensión de los niños.

FIGURA 2. *Proceso de Formalización progresiva (Braithwaite y Goldstone, 2013)*



Fuente: Ramírez (2015) basado en naturales (Braithwaite y Goldstone, 2013)

Estos cambios de registros de representación de una misma idea matemática ayuda al desarrollo de la capacidad simbólica, así como para impulsar la comprensión matemática y su razonamiento (Kuntze et al., 2015). Así, el impulso hacia la pérdida de literalidad de las representaciones utilizadas juega un papel fundamental en la identificación y representación de la matemática de las situaciones aditivas de la vida cotidiana, en la modelización, práctica matemática por excelencia (Lesh, 1997; Flynn, 2017).

En este trabajo vamos a observar a un profesor implementando una tarea desde un enfoque didáctico en el que utiliza distintos registros de representación en paralelo y conversiones entre ellos.

2. OBJETIVOS

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación creado para evaluar el impacto del diseño e implementación del Marco Competencial de las Matemáticas en todas sus dimensiones. El objetivo de este proyecto es analizar el uso y aprovechamiento de los recursos proporcionados a los educadores para implementar las tareas de los seminarios de matemáticas del Nuevo Contexto de Aprendizaje. Esta comunicación se complementa con otra realizada (Ramírez-García et al, en prensa), en la que se muestra un estudio de la evolución del conocimiento especializado de los maestros de Educación Primaria tras una experiencia que les ayuda a desarrollar la competencia profesional

noticing, utilizando como detonantes videos sobre la práctica de maestros implementando tareas de los seminarios de matemática NCA.

En el presente artículo vamos a analizar desde la flexibilidad representacional un video sobre la práctica matemática de un educador de La Salle implementando una tarea de los seminarios de matemáticas. Más concretamente, pretendemos:

- Identificar aspectos de la gestión del maestro que promueven la competencia matemática en una tarea numérica.
- Identificar posibles gestiones alternativas para describir y rediseñar la tarea aprovechando su máximo potencial de cara a desarrollar dicha práctica matemática con los estudiantes.

3. METODOLOGÍA

Con el objetivo de seguir indagando sobre cómo mejorar la implementación de los seminarios de matemáticas NCA en los primeros cursos de Educación Primaria, desde un paradigma interpretativo (Bassey, 1999) abordamos esta meta mediante el análisis de un vídeo de un maestro de Educación Primaria, de 8 minutos de duración, que recoge una fracción de una sesión donde lleva a la práctica una tarea numérica con un grupo de 24 estudiantes de segundo de Educación Primaria. El foco de la investigación está en la gestión de la sesión del educador, que cuenta con más de 20 años de experiencia en los Centros Educativos La Salle. En concreto, se buscan evidencias de buenas prácticas de cara al desarrollo de los estándares de proceso de la competencia matemática y, sobre todo, para promover la flexibilidad matemática. El profesorado ha recibido formación inicial sobre los recursos manipulativos y sobre cómo desarrollar las prácticas matemáticas como la representación matemática.

Para el proyecto hemos obtenido evaluación positiva por el Comité de Bioética del Centro Universitario la Salle. Tanto el informante como los adultos responsables del alumnado dieron su consentimiento para la recogida de datos y difusión de resultados de la investigación.

3.1. Descripción de la tarea

En el video analizado se puede observar la gestión del educador de un episodio de 8 minutos mientras implementa una tarea numérica denominada *conversaciones de números* (Parrish, 2010). En este tipo de tarea, el profesor muestra un problema numérico y anima a los estudiantes a explicar sus estrategias y a descubrir relaciones numéricas. El profesor promueve el desarrollo de procesos matemáticos como la comunicación y representación de ideas matemática, así como el razonamiento, la justificación y la argumentación matemática.

El material utilizado es la rejilla aritmética o *rekenrek* (Blanke, 2008). Este material posee una estructura basada en grupos de 5 y de 10. Se utiliza en los itinerarios de enseñanza del número y cálculo en las primeras edades en metodologías con la Educación Matemática Realista (Treffers et al., 2001). La configuración de las cantidades en el rekenrek permite reconocer cantidades inmediatamente sin contar, capacidad denominada *subitización*. Clements y Sarama (2009) ponen de manifiesto que el aprendizaje del número en las primeras edades se completa trabajando varias trayectorias de enseñanza y aprendizaje con objetivos de aprendizaje concretos: el desarrollo de la subitización, la adquisición y elaboración de la secuencia de numerales y el conteo, la comparación y orden numérico, la aritmética y, por último, la composición y descomposición numérica. En esta tarea toma especial importancia la subitización y la composición numérica por el uso de la configuración puntual que posee el rekenrek.

Además de trabajar el contenido de la descomposición numérica, el objetivo es el proceso de comunicar ideas matemáticas, ayudándose de los registros representación que cada estudiante necesite. El maestro guiará el debate utilizando distintos registros de representación para favorecer la comprensión matemática y la flexibilidad representacional del alumnado.

La consigna que da el maestro es: “Tenéis que poner en vuestro rekenrek la misma cantidad que he puesto yo en el mío”. Tras observar que el alumnado ha representado la misma cantidad en el rekenrek indica lo siguiente: “Queremos que compartáis cómo habéis sabido lo que teníais que poner”.

4. RESULTADOS: DESCRIPCIÓN DEL EPISODIO

El educador proporciona un rekenrek a cada uno de los estudiantes. El grupo clase se sienta en el centro del aula formando una "U", mirando hacia la pizarra. El educador muestra en el rekenrek la cantidad de 9 bolas (4 arriba y 5 abajo) y da la consigna: "quiero que pongáis esta misma cantidad en vuestro rekenrek y que me expliquéis cómo habéis sabido". Como se puede observar en la figura 3, representar una cantidad mostrada por otra persona en el rekenrek supone no tener que contar. Fijándonos en la configuración de las bolas, hay 5 bolas rojas y 5 bolas blancas en cada fila del rekenrek. El colocar todas las bolas rojas hacia la izquierda del rekenrek supone haber movido 10 bolas, y quitar una roja, serán 9. No es necesario contar de una en una las bolas para saber que hay 9, la configuración ayuda a representar y reconocer las cantidades utilizando al subitización.

FIGURA 3. *Cantidad representada por el educador en la sesión.*



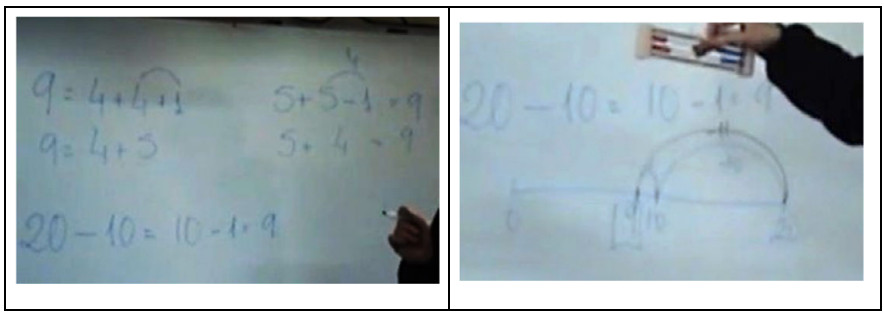
Fuente: imagen construida con mathsbot.com/manipulatives/

Los estudiantes forman esa colección en su rekenrek y cuando todos ya lo han terminado, el educador comienza a preguntar "cómo lo han hecho". Un estudiante explica oralmente que "ha puesto 4 arriba y 4 abajo, y uno más son 9". El educador siguiendo su razonamiento, escribe en la pizarra mientras más repitiendo oralmente que 9 = 4 + 4 + 1. Además, el educador pregunta "cuántos son 4 + 1" y escribe mientras enuncia oralmente 9 = 4 + 5.

El educador pregunta a otro estudiante que explica "ha puesto 5 arriba, 5 abajo y luego ha quitado 1, son 9". El educador repite oralmente lo que ha dicho mientras escribe en la pizarra "5 + 5 - 1 = 9", e indica que "5 – 1 = 4 y, por lo tanto, 5 + 4 = 9". Otro estudiante explica que "ha puesto las 20 bolas, luego ha quitado 10, 5 de arriba y 5 de abajo, y

luego ha quitado 1 de arriba, y le han quedado 9". El educador repite oralmente mientras escribe "20-10 = 10 – 1 = 9".

FIGURA 4. *Imágenes de la pizarra durante la sesión.*



Fuente: fotografías propias

Después utiliza un registro de representación gráfico: dibuja una recta vacía marcando el 10 y el 20, y repite oralmente lo que ha dicho el tercer estudiante mientras hace un salto desde el 20 hasta el 10, en la recta vacía, y luego un salto de una unidad hasta el 9. Finalmente, anima a todos los estudiantes a hacer estos pasos en el rekenrek: "ponemos todas las bolas a la izquierda, ahora quitamos 10, 5 de arriba y 5 de abajo y, por último, quitamos una de arriba, ¿cuántas nos quedan?... 9".

La sesión continua catorce minutos más en los que trabajar otras dos cantidades, 14 y 7, siguiendo una gestión similar, por lo que se decide analizar solo una de las cantidades trabajadas. En este trabajo utilizamos la primera parte de la sesión, solo cuando representa el 9.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

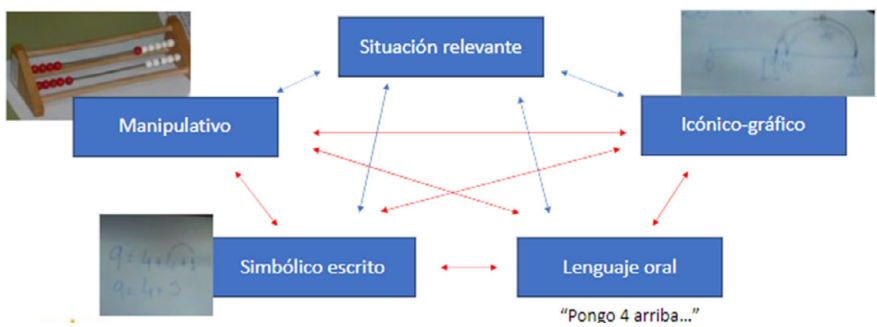
Para realizar el análisis vamos a identificar, en primer lugar, buenas prácticas evidenciadas en la gestión que realiza el maestro de la tarea. A continuación, proponemos gestiones alternativas para mejorar la implementación de la tarea y aprovechar su máximo potencial.

Desde el punto de vista de la flexibilidad representacional, se puede identificar que el educador utiliza varios registros de representación. El uso de un material manipulativo (rekenrek) en el que se trabaja la

representación de una cantidad en una estructura que permite identificar la cantidad sin contar (subitización). A lo largo de toda la sesión, los estudiantes justifican verbalmente su estrategia y el educador repite y explica verbalmente de nuevo las estrategias propuestas por los niños, así como en los momentos en los que realiza una conversión a registros simbólico-matemático o gráfico con la recta vacía. Se puede observar que las conversiones que realiza son desde un registro manipulativo a registros más abstractos como la recta numérica y el lenguaje matemático, pero también vuelve de nuevo hacia la representación en el rekenrek para representar la tercera estrategia.

Por lo tanto, la sesión se puede considerar que es rica en el uso y conversión de registros de representación en paralelo. La formalización progresiva suele darse desde registros más concretos a más abstractos y simbólico. Según Braithwaite y Goldstone (2013) y Lesh (1997) en momentos de falta de comprensión puede regresarse desde un registro más abstracto a uno más concreto para ayudar a que los estudiantes comprendan (Muñoz-Catalán et al., en prensa). En la figura 5 se puede observar las conversiones que realiza de unos registros a otros, en rojo.

FIGURA 5: *Registros de representación y conversiones entre ellos que ha realizado el informante en la sesión.*



Fuente: Elaboración propia, adaptada de Lesh et al. (1987)

El educador promueve el desarrollo de las prácticas matemáticas: realiza preguntas para promover la justificación de la estrategia por parte del alumnado y se ayuda de los distintos registros de representación

para completar la comprensión sobre el contenido, al igual que se muestra en Muñoz-Catalán et al. (en prensa).

Aunque el análisis inicial se realiza desde la promoción de la representación, se ha identificado que el educador aprovecha las explicaciones de los estudiantes para explicitar propiedades de la suma, como la conmutativa y la asociativa. Estas propiedades se ven reflejadas en el registro simbólico en la pizarra, mientras el educador plantea preguntas a los estudiantes para que identifiquen las relaciones numéricas que remarca. Al escribir las sentencias numéricas, utiliza sentencias no estándares, es decir, habitualmente se escribe una operación, seguida del signo igual, y finalmente, el resultado ("4 + 5 = 9"). El educador en esta sesión escribe sentencias en las que aparece primero el resultado, seguido del signo igual y, por último, la operación ("9 = 4 + 5"). Según los trabajos de Molina (2009) son evidencias de la intención del educador de promover el pensamiento relacional, que forma parte del pensamiento algebraico temprano.

En este punto, e iniciando la discusión sobre posibles gestiones alternativas, utiliza el signo igual con un significado de operador en una ocasión "20 – 10 = 10 – 1 = 9". (Ramírez et al., 2011). En este caso, el signo igual no se utiliza con su significado relacional, es decir, que las expresiones que hay siempre a ambos lados del signo igual son equivalentes en cantidad, lo que está clasificado como un uso operacional del signo igual. Para promover el pensamiento algebraico temprano, se puede desglosar esa sentencia en "20 – 10 = 10; 10 – 1 = 9", de esta manera, las dos expresiones que aparecen a ambos lados del signo igual implican misma cantidad.

Por último, se puede observar que la sesión se realiza en gran grupo lo que dificultad al educador escuchar los razonamientos de todos los niños. Promover el razonamiento y poder evaluarlo forma parte de los principios pedagógicos NCA, que conllevan poder realizar una evaluación cualitativa gracias a la especificación de los niveles de pensamiento de las Trayectorias de Enseñanza-Aprendizaje (Clements y Sarama, 2020). Aunque en las guías de las sesiones de los seminarios de matemáticas del NCA se indica dividir en pequeños grupos para que el profesor trabaje con un grupo reducido, hemos observado que el

profesorado de Educación Primaria tiene cierta resistencia a esta forma de trabajo. El hecho de dividir el grupo clase en pequeños grupos tienen como objetivo poder escuchar y observar las estrategias y los razonamientos de todos los niños, para poder acompañarlos de manera más individualizada en su aprendizaje. Además, se fomenta la autonomía de los estudiantes que no están trabajando directamente con el profesor.

Por lo anterior, se han tomado acciones para revisar aspectos de gestión de las tareas para promover las competencias matemáticas en el alumnado relacionados con el agrupamiento que van más allá de la propia gestión del profesorado. En el diseño de la tarea, hay que tener en cuenta quién debe tener la responsabilidad de la validación de la tarea, cuál debe ser el papel del profesorado y cuál debe ser el papel del alumnado.

6. CONCLUSIONES

La observación de la implementación por parte de los educadores de las sesiones diseñadas para los seminarios de matemática NCA nos está ayudando a identificar aspectos a mejorar, que no solo han surgido de seguir investigando en la innovación del área, sino de las buenas prácticas de los participantes observados al llevar a cabo las sesiones de los materiales proporcionados. Estos profesionales tienen una gran experiencia en el aula y las decisiones que toman al implementar las tareas de los seminarios de matemática, que inicialmente están diseñadas con un gran potencial para desarrollar competencia matemática en los estudiantes, complementan la mejora y elaboración de los recursos proporcionados a los maestros.

Este trabajo nos ha servido para seguir formando a los educadores de los centros educativos (Ramírez-García et al., en prensa) y seguir rediseñando las sesiones de los seminarios de matemáticas para promover la competencia matemática. En este trabajo hemos puesto el foco en la flexibilidad representacional, pero surgen aspectos didácticos a tener en cuenta como la promoción del pensamiento algebraico temprano y la mejora de la evaluación del razonamiento del alumnado. Con todo ello, se están creando recursos que apoyen al profesorado para mejorar la implementación en el aula de las tareas para aprovechar al máximo su potencial.

7. AGRADECIMIENTOS

La presente investigación ha sido financiada a través del programa de financiación interno de programas y proyectos de investigación de La Salle Campus Madrid (CSEU La Salle-UAM), con el código asignado 2021B12003.

8. REFERENCIAS

Baroody, A.J., Cibulskis, M., Lai, M.-L. y Li, X. (2004). Comments on the use of learning trajectories in curriculum development and research. Mathematical Thinking and Learning, 6(2), 227-260.

Bassey, M. (1999). Case study research in educational settings. Open university press.

Blanke, B. (2008). Using the rekenrek as a visual model for strategic reasoning in mathematics. The Math Learning Center, Salem.

Braithwaite, D.W. y Goldstone, R.L. (2013). Integrating formal and grounded representations in combinatorics learning. Journal of Educational Psychology, 105(3), 666-682.

Brownell, J. O. N., Chen, J. Q., & Ginet, L. (2014). Big ideas of early mathematics: What teachers of young children need to know. Pearson.

Charles, R. (2005). Big ideas and understandings as the foundation for elementary and middle school mathematics. Journal of Education Leadership, 7(3), 9-24.

Clements, D. H., & Sarama, J. (2009). Learning and teaching early math: The learning trajectories approach. Routledge.

Council of Chief State School Officers. (2020). Common core state standards initiative. Preparing america's students for college & career. http://www.corestandards.org/

Flynn, M. (2017). Beyond Answers: Exploring Mathematical Practices with Young Children. Stenhouse publishers.

Heinze, A., Star, J.R. y Verschaffel, L. Flexible and adaptive use of strategies and representations in mathematics education. ZDM Mathematics Education, 41, 535–540 (2009). https://doi.org/10.1007/s11858-009-0214-4

Kuntze, S., Dreher, A. y Friesen, M. (2015). Teachers' resources in analysing mathematical content and classroom situations –The case of using multiple representations. In K. Krainer, & N. Vondrová (Eds.), Proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (p. 3213-3219). Faculty of Education and ERME.

Lesh, R., Post, T. y Behr, M. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. En C. Janvier (Ed.), Problems of representation in the teaching and learning of mathematics (33–40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Lesh, R. (1997). Matematización: la necesidad "real" de la fluidez en las representaciones. Enseñanza de las Ciencias, 15(3), 377-391.

Molina, M., Castro, E., Molina, J.L., y Castro, E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. Enseñanza de las Ciencias, 29(1), 75–88.

Muñoz-Catalán, M.C; Joglar-Prieto, N.; Ramírez, M. y Codes, M. (2022). El modelo MTSK desde la perspectiva del profesor de Educación Infantil: foco en el dominio matemático. En Carrillo, J.; Montes, M.A y Climent, N. (Eds.), Investigación sobre conocimiento especializado del profesor de matemáticas (MTSK), (p. 235-250). Dykinson, S.L.

Muñoz-Catalán, M.C., Ramírez-García, M., Joglar-Prieto, N. y Carrillo-Yáñez, J. (2021), Early childhood teachers' specialised knowledge to promote algebraic thinking as from a task of additive decomposition. Journal for the Study of Education and Development, 45(1), 37-80. https://bit.ly/3F2KKMT

Muñoz-Catalán, M. C., Liñán-García, M. M., Joglar-Prieto, N. y Ramírez-García, M. (2023). Conocimiento especializado de una maestra de Educación Infantil: la descomposición aditiva del número 6. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo, E. y P. Ivars (Eds.), Investigación en Educación Matemática XXVI (pp. 403–410). SEIEM.

National Council of Teachers of Mathematics NCTM (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: Author.

NCTM (2003). Principios y Estándares para la Educación Matemática. Sevilla: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.

OCDE. (2017). Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias. Versión preliminar. OECD Publishing.

Parrish, S. D. (2011). Number talks build numerical reasoning. Teaching children mathematics, 18(3), 198-206.

Ramírez, M. y Rodríguez, P. (2011). Interpretaciones del signo igual. Un estudio de libros de texto. Unión, 26, 41-56. ISSN: 1815-0640.

Ramírez, M. (2015). Desarrollo de conocimientos matemáticos informales a través de resolución de problemas aritméticos verbales en primer curso de educación primaria. Tesis doctoral de la Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: https://bit.ly/3LJSmHB.

Ramírez-García, M., Herrero-Martin, J., Rodríguez-Alonso, S. y Labajo González, I. (en prensa). Uso del video para la formación de maestros de Educación Primaria sobre la competencia matemática. En Nuevos caminos en las prácticas innovadoras docentes del ecosistema educativo. Dykinson S.L

Schneider, M., Rittle-Johnson, B., y Star, J. R. (2011). Relations between conceptual knowledge, procedural knowledge, and procedural flexibility in two samples differing in prior knowledge. Developmental Psychology, 47(6), 1525-1538.

Siemon, D., Bleckly, J., & Neal, D. (2012). Working with the big ideas in number and the Australian Curriculum: Mathematics. Engaging the Australian National Curriculum: Mathematics–Perspectives from the Field. Online Publication: Mathematics Education Research Group of Australasia, 19-45.

Treffers, A. y Buys, K. (2001). Part I-Lower Grades Primary School. En M. Van den Heuvel-Panhuizen, (Ed.), Children Learn Mathematics: A learning-teaching trajectory with intermediate attainment targets for calculation with whole numbers in primary school (pp. 25-92). Utrecht, the Netherlands: Utrecht University.

IMPORTANCIA DEL APRENDIZAJE EN LA NATURALEZA COMO METODOLOGÍA MULTIDISCIPLINAR E INNOVADORA EN LA FORMACIÓN DE MAESTROS DE EDUCACIÓN INFANTIL

CRISTINA VALARES MASA
Universidad de Extremadura

1. INTRODUCCIÓN

La etapa infantil es crucial para el desarrollo de los niños, ya que adquieren habilidades a través de experiencias activas y significativas, convirtiéndose en protagonistas de su aprendizaje. Por ello, en esta etapa se requiere la incorporación al aula de actividades que fomenten un aprendizaje significativo complementario a la enseñanza tradicional y metodologías más activas y participativas.

El outdoor learning, también conocido como "aprendizaje en el exterior" o "aprendizaje en la naturaleza", es una metodología educativa basada en el uso de los entornos naturales como espacios de aprendizaje, promoviendo la exploración, experimentación y el descubrimiento. Esta forma de aprendizaje ha demostrado proporcionar una serie de beneficios para el desarrollo cognitivo, emocional y social de los niños (Waite et al, 2013; Chawla, 2015; Bølling et al., 2019; Yildirim et al., 2017), mejora la atención, creatividad, desarrollo intelectual, motricidad y aprendizaje de las ciencias (Kellert, 2005; Dettweiler et al., 2015). Además, el contacto con la naturaleza tiene un impacto positivo en la salud y el bienestar emocional de los niños y niñas, reduciendo el estrés, la ansiedad y la depresión (Wells and Evans, 2003), fortalece el sistema inmunológico y previenen las recaídas, las alergias, la miopía (Lingham, 2021) y enfermedades cardiovasculares, contribuyendo a la

promoción de la salud infantil, la gestión del estrés y el desarrollo psicomotor (Malone y White, 2016; White et al., 2019). De esta forma, se busca desarrollar en los infantes habilidades y competencias a través de la interacción con el entorno natural, fomentando su curiosidad, creatividad y capacidad de resolución de problemas, a través de un enfoque interdisciplinario donde se pueden abordar diferentes objetivos en áreas de aprendizaje diversas, como lengua, matemáticas, artes plásticas, música y educación física (Wauquiez et al., 2021).

En este sentido, los educadores deben ser capaces de diseñar y proporcionar ambientes de aprendizaje estimulantes y seguros que fomenten la curiosidad, la creatividad y la experimentación, y que promuevan el desarrollo integral de los niños, proponiendo así secuencias de aprendizajes que requieran una conexión global entre distintos contenidos incluidos en diferentes áreas de conocimiento. Actualmente los métodos pedagógicos utilizados en las aulas de educación infantil se basan principalmente en la enseñanza tradicional, lo que limita las oportunidades de participación de los alumnos en la enseñanza de las diversas materias. Actualmente existe constancia de que muchos profesores de educación infantil reconocen que realizan pocas actividades prácticas donde los alumnos tengan un papel activo en la enseñanza de las diferentes disciplinas. Estudios realizados con profesores (Rojo-Ramos et al., 2021; Mañanas-Iglesias et al., 2023) consideran que no poseen la formación adecuada para realizar actividades en la naturaleza y determinan la importancia de recibir formación específica en este tipo de prácticas durante su carrera universitaria. Así, uno de los aspectos que más influyen en las oportunidades de aprendizaje es la preparación de los profesores, especialmente en la etapa de formación como futuros maestros (Bravo, 2022).

En consecuencia, es necesario implementar en el aula metodologías más activas y participativas que se aparten del aprendizaje pasivo y fomenten el aprendizaje de contenidos multidisciplinares, mediante actividades en entornos naturales como recurso complementario a las clases tradicionales (Fernández-Oliveras et al., 2016; Gómez-Motilla y Ruiz-Gallardo, 2016; Cruz-Guzmán et al., 2017; Yildirim y Akamca, 2017, Bravo, 2022). En este sentido, el medio natural ofrece un entorno

rico en estímulos sensoriales y experiencias auténticas que pueden favorecer el aprendizaje integral en la etapa de infantil (Wauquiez et al., 2021). Dado que las salidas al medio natural han demostrado ser una metodología efectiva tanto desde una perspectiva cognitiva como emocional (Costillo et al., 2014; Aguilera, 2018; Kervinen et al., 2020), es esencial aumentar su aplicación como recurso pedagógico entre los docentes. Este enfoque podría desempeñar un papel fundamental en la mejora del aprendizaje en áreas específicas y en el estímulo de la motivación de los estudiantes hacia dichas materias. Es de suma importancia que los profesores en formación adquieran conocimientos sobre las ventajas que ofrecen las metodologías activas en el proceso de aprendizaje de los niños en sus primeras etapas educativas, así como en el desarrollo de sus habilidades. Por lo tanto, es relevante que los profesores en formación experimenten de manera activa y práctica la metodología en entornos naturales, con el propósito de que consideren que la naturaleza es una herramienta de aprendizaje multidisciplinario que permite la integración de contenidos de diversas áreas.

Así, el objetivo principal del estudio fue mostrar a los futuros maestros de Educación Infantil metodologías más activas y participativas, metodologías de aprendizaje al aire libre (outdoor learning), y considerar la importancia de utilizar estas metodologías activas como una herramienta pedagógica para mejorar el aprendizaje en diversas áreas y las habilidades de los estudiantes en etapas tempranas, con el objeto final de que estos métodos sean considerados para sus futuras intervenciones en las aulas.

2. METODOLOGÍA

2.1. Participantes

El presente estudio se llevó a cabo utilizando una muestra de estudiantes matriculados en la asignatura "Conocimiento del Medio Natural en Educación Infantil" de la Facultad de Formación del Profesorado, en la Universidad de Extremadura, ubicada en Cáceres (Extremadura, España), durante el año académico 2021-2022. Esta asignatura es de carácter obligatorio y forma parte del sexto semestre del programa de

Grado en Educación Infantil, correspondiente al tercer curso. La muestra incluyó a un total de 115 estudiantes, de los cuales el 89% eran mujeres (n=102) y el 11% restante eran hombres (n=13). La edad promedio de los participantes fue de 21.6 años, con una desviación estándar de 1.9 años.

2.2. Procedimiento de la intervención educativa

La intervención educativa se realizó en dos sesiones de dos horas, repartidas en dos semanas. Los alumnos fueron distribuidos en dos grupos para mejorar el desarrollo de las sesiones.

2.2.1. Primera sesión

En la sesión inicial del estudio, el docente delineó los objetivos de investigación y abordó el tema de la educación al aire libre / en la naturaleza y las metodologías activas, con una duración de 45 minutos. Durante esta sesión, los estudiantes, divididos en grupos de 3 a 5 miembros, fueron encargados de elaborar actividades al aire libre destinadas a la etapa de educación infantil, en un lapso de 45 minutos. Estas actividades se basaron en un manual titulado "La Escuela a Cielo Abierto"[2], que presenta un catálogo de 200 propuestas de actividades que abarcan diversas áreas curriculares de la educación infantil y se utiliza como recurso de consulta educativa para apoyar a los estudiantes.

Las actividades debían llevarse a cabo en el entorno del Campus de la Facultad de Formación del Profesorado y se debían enfocar en áreas específicas identificadas como "Lengua, Idiomas y Literatura", "Matemáticas", "Ciencias Naturales y Medio Ambiente", "Ciencias Humanas y Sociales", "Artes Plásticas", "Música" y "Cuerpo, Movimiento y Educación Física", de acuerdo con las pautas proporcionadas en el manual. A continuación, se llevó a cabo una visita exploratoria en el entorno de la facultad, con una duración de media hora, con el fin de identificar los diversos lugares y la disponibilidad de materiales naturales (piñas,

[2] Wauquiez, S., Barras N., Henzi M. y Fundación Silviva (2021). La escuela a cielo abierto: 200 actividades para educar al aire libre. La Traviesa ediciones.

piedras, ramas, flores, plantas, hojas, palos…) para el diseño y desarrollo de las actividades planificadas en la sesión posterior.

El espacio que rodea la Facultad de Formación del Profesorado se encuentra dentro del entorno del Parque del Arroyo el Cuartillo, ubicado en la zona sur de Cáceres, Extremadura. Este parque se caracteriza por ser una extensa área verde que alberga una variedad de ecosistemas naturales (castañar, pinar, bosque de ribera, pastizal, monte mediterráneo, encinar y alcornocal). Su creación se llevó a cabo con el propósito de mejorar el entorno del arroyo y establecer diversos ecosistemas que representan la biodiversidad de la región de Extremadura (Figuras 1, 2, 3 y 4).

FIGURA 1. *Localización del desarrollo de las actividades (Parque del Arroyo el Cuartillo): zona de alcornoques*



Fuente: Miguel Ángel Barrantes Cortés. Blog: Conoce Cáceres

FIGURA 2. *Localización del desarrollo de las actividades (Parque del Arroyo el Cuartillo): zona de pastizal*



Fuente: Miguel Ángel Barrantes Cortés. Blog: Conoce Cáceres

FIGURA 3. *Localización del desarrollo de las actividades (Parque del Arroyo el Cuartillo): zona de merenderos*



Fuente: Miguel Ángel Barrantes Cortés. Blog: Conoce Cáceres

FIGURA 4. *Localización del desarrollo de las actividades (Parque del Arroyo el Cuartillo): zona de pinar*



Fuente: Miguel Ángel Barrantes Cortés. Blog: Conoce Cáceres

2.2.2. Segunda sesión

En la segunda sesión de la intervención, se procedió a la implementación de las actividades previamente diseñadas por los propios alumnos. Estas actividades se llevaron a cabo en los alrededores de la facultad, lo que proporcionó un entorno cercano y familiar para los estudiantes.

Durante esta etapa de implementación, se evidenció un elevado nivel de motivación y colaboración entre los estudiantes. La participación activa en la planificación y ejecución de las actividades pareció generar un sentido de apropiación y responsabilidad entre los alumnos, lo que se tradujo en un mayor grado de compromiso por parte de los mismos. Asimismo, se observó un notable interés por el entorno natural en el que se desarrollaron las actividades, lo que podría indicar un despertar de la conciencia ambiental entre los estudiantes, aspecto de gran relevancia en el contexto de la educación y la sensibilización ambiental.

Para concluir la segunda sesión, se realizó una discusión en una zona de comederos (Figura 3). Este ambiente al aire libre y relajado brindó un escenario propicio para reflexionar sobre la experiencia y compartir ideas. Durante esta fase de conversación, se identificaron oportunidades

de mejora, se generaron nuevas ideas y se consideraron posibles ajustes que podrían implementarse en las sesiones posteriores de la intervención. En resumen, la segunda sesión se tradujo en una experiencia educativa enriquecedora que estimuló la participación de los estudiantes y aumentó su interés por el entorno natural.

2.3. Instrumento de investigación

Una plataforma virtual colaborativa e interactiva denominada Padlet (www.padlet.com) fue empleada para recopilar todas las actividades diseñadas y las contribuciones de los estudiantes, tras siete días después de la intervención. Padlet es una herramienta que promueve la participación y colaboración entre estudiantes y docentes, con un impacto positivo en la motivación y el rendimiento académico. Investigaciones previas realizadas por Zhi y Su (2015) han demostrado que la utilización de Padlet puede complementar eficazmente las actividades de enseñanza y aprendizaje, alentar la participación activa de los estudiantes y contribuir a mejorar su motivación y desempeño académico. Además, el uso de Padlet puede contribuir a reducir la ansiedad, fomentar la interacción entre los miembros de la clase y el docente, y mejorar la precisión lingüística mediante el aprendizaje entre pares (Rashid et al., 2019).

Dentro de la plataforma Padlet, fue creado un tablón para esta intervención y se organizó cada grupo de trabajo, compuesto por 3-4 estudiantes, con la responsabilidad de agregar información de forma asincrónica relacionada con las actividades que habían diseñado e implementado (Figura 5). En la información aportada se incluían elementos como texto, imágenes, vídeos y enlaces. Cada grupo debía proporcionar un resumen detallado de cada actividad, destacando sus objetivos, estructura y enfoque educativo. Además, los grupos compartieron imágenes o vídeos que documentaban la implementación práctica de sus actividades en el entorno natural, lo que permitió una comprensión visual de su aplicación.

FIGURA 5. *Tablón colaborativo virtual (www.padlet.com) con las actividades de los maestros en formación (grupo 1)*



Fuente: elaboración propia a partir de www.padlet.com

Además de los aspectos prácticos, los estudiantes también compartieron las motivaciones que habían impulsado la creación de cada actividad. Esto brindó una visión enriquecedora de los fundamentos y las metas detrás de cada propuesta. Además, los estudiantes reflexionaron sobre la utilidad y las lecciones aprendidas a través de la aplicación de esta metodología en el contexto de su futura carrera como docentes, destacando cómo esta experiencia podría influir en sus enfoques pedagógicos y prácticas educativas futuras. En conjunto, esta plataforma Padlet sirvió como un espacio interactivo y colaborativo para la presentación y discusión de las actividades, enriqueciendo la experiencia educativa de los estudiantes y fomentando la reflexión crítica sobre sus prácticas docentes.

2.4. Análisis estadístico: procesado de datos

El procesamiento de datos nominales se llevó a cabo con un enfoque meticuloso para obtener una perspectiva cuantitativa de la información proporcionada por los maestros en formación. En primer lugar, se recopiló y examinó detenidamente toda la información proporcionada por estos maestros para garantizar su coherencia y relevancia. Los datos

nominales recopilados fueron transformados adecuadamente para facilitar su análisis cualitativo (Flores, 2003).

En el análisis, se consideraron todas las actividades presentadas en el Padlet por los distintos grupos de maestros en formación, así como la información complementaria relacionada con estas actividades y que respondía a las preguntas planteadas. Con el objetivo de simplificar y organizar esta información, se procedió a la creación de categorías que agruparan respuestas similares o relacionadas. Este proceso de categorización permitió estructurar la información de manera más manejable y comprensible. Una vez que las categorías fueron definidas, cada respuesta proporcionada por los maestros en formación fue etiquetada según la categoría a la que pertenecía. Esto facilitó la asignación precisa de cada respuesta a su respectiva área temática, lo que a su vez simplificó el análisis y la referencia futura de los datos recopilados. Para determinar la frecuencia de ocurrencia de respuestas en cada categoría, se realizó el cálculo de frecuencias relativas, es decir, se determinó el porcentaje de respuestas que pertenecían a cada categoría con respecto al total de respuestas evaluadas. Esta métrica brindó una visión cuantitativa de cómo estaban distribuidas las respuestas en diferentes áreas temáticas.

Para llevar a cabo este proceso de análisis cuantitativo y calcular las frecuencias relativas, se empleó la aplicación de hojas de cálculo Microsoft Excel. Esta herramienta resultó fundamental para organizar los datos, realizar cálculos precisos y generar gráficos representativos que facilitaron la visualización clara y efectiva de los resultados obtenidos.

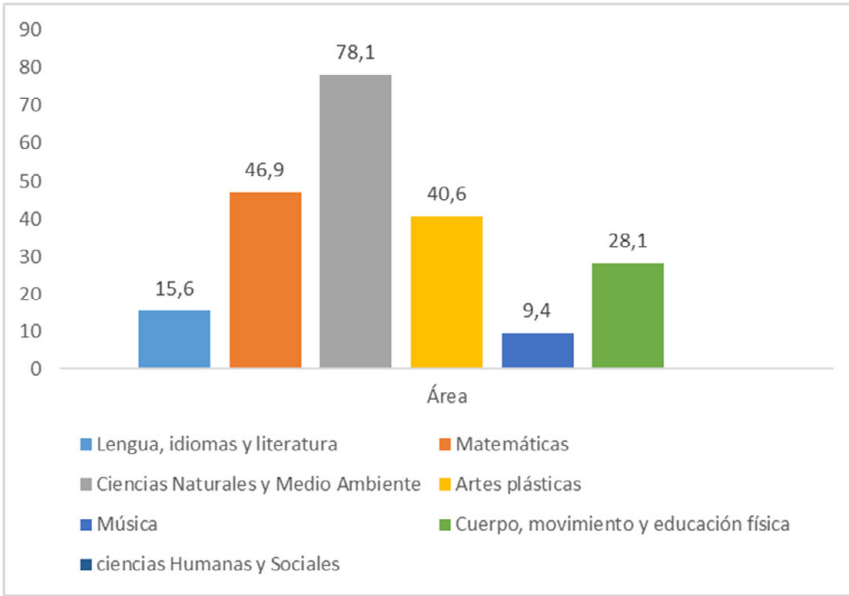
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Áreas destacadas e integración (multidisciplinaridad)

Según los datos analizados, se puede destacar que ciertas áreas han sido selectivamente priorizadas para la incorporación en el diseño de las 32 actividades, evidenciando una significativa disparidad en su representación en comparación con otras áreas que muestran una menor

incidencia en las actividades. En concreto, "Ciencias Naturales y Medio Ambiente" ostenta la mayor inclusión en las actividades al aire libre, alcanzando un 78,1%. Le sigue en orden "Matemáticas" con un 46,9% y "Artes plásticas" con un 40,6%. Asimismo, "Cuerpo, movimiento y Educación Física" y "Lengua, idiomas y literatura" registran una representación intermedia en este diseño, con porcentajes de 28,1% y 15,6%, respectivamente. No obstante, "Ciencias Humanas y Sociales" no muestra presencia alguna (0%), mientras que "Música" obtiene una representación escasa del 9,4% (Gráfico 6).

***GRÁFICO 6**. Áreas elegidas para el diseño de actividades en la naturaleza por los maestros en formación.*



Fuente: elaboración propia

En el análisis del diseño de actividades, fue observado la existencia de una notable tendencia hacia la integración de múltiples áreas en las propuestas de actividades. Precisamente, el 62,5% de las actividades examinadas presentan la inclusión de al menos dos áreas, lo que subraya la relevancia de la interdisciplinariedad en el enfoque educativo. Asimismo, un porcentaje del 18,3% de las actividades demuestra una integración más amplia, abarcando tres áreas diferentes, lo que evidencia

un esfuerzo por fomentar la conexión y sinergia entre diversas materias. Por otro lado, un 12,5% de las actividades se encuentran circunscritas a una única área específica, lo cual refleja que, aunque la interdisciplinariedad es frecuente, aún existe un porcentaje sustancial de actividades que se centran en el enriquecimiento de un campo particular del conocimiento. Además, se identificó que un 6,3% de las actividades presentan una integración excepcional, involucrando hasta cuatro áreas distintas. Esta cifra representa un indicador positivo sobre la promoción de enfoques holísticos y multidimensionales en la planificación de actividades, lo que contribuye a potenciar una formación integral en los educandos. Con estos resultados se subraya la prevalencia de la integración de áreas en las actividades, mostrando la creciente valoración de la interdisciplinariedad como estrategia para un aprendizaje más completo y contextualizado en el medio natural.

3.2. Motivación en el diseño de actividades.

El estudio ha identificado cinco categorías que explican las motivaciones subyacentes al diseño de actividades educativas al aire libre por parte de maestros en formación de educación infantil. Estas categorías se describen a continuación:

- Cambio en la metodología educativa tradicional y aumento de la motivación estudiantil (26,1%): Esta categoría engloba la intención de introducir cambios en las prácticas pedagógicas tradicionales, con el propósito de estimular una mayor motivación y compromiso por parte de los estudiantes.

- Promoción del valor y la importancia del entorno natural para la sociedad y su sostenibilidad (26,1%): donde se subraya la importancia de concienciar a los estudiantes acerca del valor del entorno natural y su contribución a la sostenibilidad de la sociedad en general.

- Refuerzo de contenidos (21,7%): Esta categoría implica el diseño de actividades al aire libre con la finalidad de consolidar y complementar los contenidos curriculares establecidos.

- Mejora del desarrollo de niños en la etapa infantil (21,7%): Aquí se focaliza en la intención de los maestros en formación de crear actividades que promuevan el desarrollo integral de los niños en la etapa infantil, abarcando aspectos emocionales, cognitivos y sociales.
- Importancia multidisciplinar (4,3%): donde se reconoce la relevancia de abordar las actividades desde una perspectiva multidisciplinar, integrando contenidos y enfoques de diversas áreas educativas.

Tras analizar las reflexiones acerca de la motivación que ha impulsado a los maestros en formación en el diseño de las actividades desarrolladas, se puede concluir que se aprecia una necesidad de aplicar una educación más práctica en el aula en la etapa de infantil, con menos teoría. Es considerado que esta metodología de enseñanza fomenta el aprendizaje y la comprensión de contenidos del medio natural, a través de la interacción con el entorno y el uso de materiales naturales. Los estudiantes destacan la importancia de la participación activa en estas actividades manipulativas y participativas, que contribuyen a mejorar su creatividad, motivación, habilidades de predicción y razonamiento, y su familiarización con el medio natural. También señalan la necesidad de un mayor enfoque en la educación emocional y social, crucial para fomentar el trabajo en equipo y las habilidades de comunicación y el entendimiento de las emociones, promoviendo así un ambiente de aprendizaje más positivo y colaborativo. En resumen, consideran que es una forma innovadora de descubrir elementos de la naturaleza que estimulan al alumnado, fomenta el trabajo cooperativo, mejora la comprensión de los contenidos del medio natural y refuerzo de contenidos de diversas áreas, así como destacar la importancia del medio natural y su conservación para el desarrollo de la sociedad.

3.3. Reflexiones sobre la utilidad de la metodología outdoor learning

En general, las reflexiones sobre la utilidad de esta metodología desarrollada para la práctica futura docente se centran en la importancia de

utilizar el medio natural como herramienta pedagógica (31.3%) y fuente de enriquecimiento para el aprendizaje de los niños (21%). Esta metodología es percibida como interesante e innovadora (21%). Se destaca la necesidad e importancia de salir de la rutina del aula y ofrecer actividades innovadoras que permitan a los niños interactuar con el entorno, mejorar su socialización (5.3%), participación, motivación y trabajo en equipo (21.1%). También se resalta la visión práctica y multidisciplinaria (21.1%) que ofrece el medio natural para trabajar diversos contenidos, y la importancia de fomentar la creatividad (26.3%) y la interdisciplinaridad. En resumen, los maestros en formación consideran a la naturaleza como un recurso educativo muy valioso que puede mejorar significativamente la calidad de la educación infantil y la salud. Resultados similares han sido observados en el estudio de Ernst y Tornabene (2012), donde maestros en formación expresaron su consideración de utilizar entornos naturales al aire libre como oportunidades educativas para sus futuros estudiantes de educación infantil. Entre las principales motivaciones se destacaron el aprendizaje práctico, experiencial y alternativo, así como los beneficios físicos y para la salud, y el fomento del aprecio por la naturaleza, entre otras.

Fernández-Palma (2018) afirma que el modelo de educación al aire libre es una opción eficaz que puede satisfacer las necesidades de los niños en la etapa de infantil y garantizar una educación feliz en contacto con la naturaleza, por lo que beneficiaría su salud. Así, es fundamental tener en cuenta que los niños son individuos únicos con experiencias y necesidades distintas, y aunque muchos pueden experimentar beneficios emocionales al participar en programas de educación al aire libre, no se puede garantizar que todos los niños tengan la misma experiencia positiva (Bixler and Floyd, 1999; Rojo-Ramos et al, 2021). Así, es necesario orientar los planes de estudio y los enfoques pedagógicos hacia este modelo de educación, mejorando también la formación del profesorado en este ámbito e implicando a las familias y a la comunidad. En estudios realizados por Lambrinos (2002, p 549–555.), el requisito más necesario para una educación al aire libre exitosa es un nuevo plan de estudios que respalde un aula al aire libre y proporcione condiciones seguras para los niños y los profesores.

Como se ha comentado con anterioridad, las valoraciones de los maestros de formación revelaron que esta metodología de educación al aire libre, más activa y participativa era positiva para el aprendizaje de los niños en la etapa de infantil en relación a las metodologías tradicionales llevadas a cabo en el aula tan frecuentemente en esta etapa. Esto se refleja en los estudios de (Fägerstam y Blom, 2013) con estudiantes de secundaria suecos los cuales recibían parte de las clases de biología y matemáticas al aire libre. En este estudio, uno de los temas más destacados por los alumnos fue el sentimiento de placer al variar la enseñanza en el interior, que consistía sobre todo en leer y escribir.

Las oportunidades de participar en formas de aprendizaje más prácticas e interactivas fueron destacadas también cuando los alumnos analizaron la educación al aire libre. Por todo ello, la enseñanza y el aprendizaje al aire libre puede ser un complemento apreciado y eficaz de la enseñanza tradicional en el aula. En este entorno, los niños experimentan un enfoque más dinámico y práctico para adquirir conocimientos y habilidades. Es ampliamente reconocido entre el profesorado que existe una considerable desinformación en torno a las metodologías de educación al aire libre. Por lo tanto, es esencial proporcionar formación a los profesores en este campo a través de programas de formación tanto inicial como continua. Además, la educación al aire libre debería ser integrada en los planes de estudios de formación del profesorado (Yildirim y Akamca, 2017), con el propósito de preparar a los docentes para aplicar esta metodología en sus futuras clases en las escuelas. La utilización de la naturaleza como aula, combinada con la metodología experiencial, fomenta la participación activa de los estudiantes y puede permitir una comprensión más profunda de los contenidos, lo que a su vez puede mejorar la retención del conocimiento y, en última instancia, tener un impacto positivo en los procesos educativos.

En última instancia, es digno de destacar que la interacción con el entorno natural y la naturaleza circundante ejerce una influencia significativa en el desarrollo integral de los niños, estimulando sus sentidos y fomentando la expresión de su creatividad, autonomía y un profundo interés en el entorno que los rodea. La inclusión de la naturaleza en los

entornos educativos proporciona una diversidad de oportunidades para la enseñanza y el aprendizaje, presentando posibilidades multidisciplinares. El aprendizaje al aire libre se configura como un mecanismo crucial para conectar a los estudiantes con su entorno natural y desempeña un papel central en la promoción de actitudes positivas, como la empatía, la sensibilidad, el respeto hacia todas las formas de vida y la conciencia ambiental. En esta perspectiva, la naturaleza facilita tanto actividades pedagógicas guiadas como la exploración autodirigida, fomentando la curiosidad y la creatividad, y permitiendo la aplicación efectiva de diversas áreas de estudio.

4. CONCLUSIONES

El estudio realizado tenía como objetivo principal determinar las valoraciones de los maestros en formación con respecto a las metodologías activas, con un enfoque específico en el aprendizaje al aire libre (outdoor learning) para niños en la etapa de educación infantil. El propósito era identificar la viabilidad de utilizar entornos naturales en el proceso de aprendizaje en esta etapa, así como identificar las oportunidades educativas, las motivaciones y las barreras relacionadas con este enfoque. En términos generales, la intervención tuvo un impacto positivo en la percepción de los beneficios de las actividades educativas al aire libre en entornos naturales por parte de los maestros en formación. Después de la intervención, se observaron valoraciones más positivas en relación con el aprendizaje de los niños en la etapa de educación infantil. A continuación, se resumen las principales conclusiones derivadas de este estudio.

- La elección de áreas para las actividades al aire libre, fue diversa y heterogénea, se observa una clara priorización de áreas como "Ciencias Naturales y Medio Ambiente," "Matemáticas," y "Artes plásticas," mientras que "Ciencias Humanas y Sociales" y "Música" tuvieron una representación limitada en las actividades.

- Los maestros en formación consideran que el uso de entornos naturales al aire libre puede servir como herramienta educativa multidisciplinar. El análisis revela que la mayoría de las actividades

(el 81,3%) han involucrado al menos dos o tres áreas (62,5% y 18,3% respectivamente). Estos hallazgos resaltan la importancia de la interdisciplinariedad en la planificación educativa.

- La metodología de aprendizaje en el medio natural se considera innovadora para estimular el interés de los estudiantes, fomentar la cooperación y mejorar la comprensión de contenidos de diversas áreas en la etapa de infantil. También es considerada esta metodología como beneficiosa para la salud de los niños ya que consideran que su implementación fomenta la motivación, autoestima y autonomía del alumnado.

- Los maestros en formación con el diseño de sus actividades buscan una educación práctica en la etapa de infantil, destacando la importancia de la interacción con el entorno y el uso de materiales naturales. Además, valoran el enfoque en la educación emocional y social para mejorar habilidades de comunicación y trabajo en equipo, considerando esta metodología innovadora y que puede ser complementaria a la metodología tradicional del aula.

- La educación al aire libre ofrece un enfoque práctico y complementario a la enseñanza en el aula, pero la desinformación entre los profesores requiere formación inicial y continua. Introducir esta metodología en los planes de estudio del profesorado fomenta la participación activa de los estudiantes, mejora la comprensión de los contenidos y potencia la valoración del entorno natural. Esto preparará a los futuros maestros para aplicar estas prácticas en el aula, mejorando así la calidad del aprendizaje de sus alumnos en etapa de infantil.

Entender las limitaciones de estudios que involucran actividades al aire libre (outdoor learning) como metodología para la formación de maestros es esencial para evaluar la efectividad y aplicabilidad de esta estrategia educativa. Cabe destacar que los participantes en el estudio compartían un contexto homogéneo, caracterizado por una procedencia geográfica similar, una formación académica análoga y la participación en el mismo programa de formación, factores que podrían restringir la

generalización de los resultados. Además, es relevante mencionar que el estudio se sustentó en un diseño cuantitativo, cuyas apreciaciones se obtuvieron en un marco temporal limitado y en un entorno específico, aunque variable. Para una mayor validez y generalización de las conclusiones, investigaciones futuras podrían considerar la inclusión de una muestra más amplia de participantes, explorar diversos entornos educativos y contemplar la participación de estudiantes de diversas localizaciones en nuestra región y fuera de ella.

7. REFERENCIAS

Aguilera, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 15(3), 3103–3117. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103.

Bixler, R.D. y Floyd, M.F. (1999) Hands on or hands off? Disgust sensitivity and preference for environmental education activities. J. Environ. Educ. 30, 4–11.

Bølling, M., Pfister, G. U., Mygind, E. y Nielsen, G. (2019). Education outside the classroom and pupils' social relations? A one-year quasi-experiment. International Journal of Educational Research, 94, 29-41.

Bravo E., Costillo E., Bravo J.L., Mellado V. y Conde M.d.C. (2022). Analysis of prospective early childhood education teachers' proposals of nature field trips: An educational experience to bring nature close during this stage. Science Education, 106, 172–198. https://doi.org/10.1002/sce.21689

Chawla, L. (2015). Benefits of nature contact for children. Journal of planning literature, 30(4), 433-452.

Cruz-Guzmán, M., García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2017). An analysis of the questions proposed by elementary pre-service teachers when designing experimental activities as inquiry. International Journal of Science Education, 39(13), 1755-1774.

Costillo, E., Borrachero, A. B., Villalobos, A. M., Mellado, V. y Sánchez, J. (2014). Utilización de la modelización para trabajar salidas al medio natural en profesores en formación de educación secundaria. Revista Bio-Grafía Escritos Sobre La Biología y Su Enseñanza, 7(13), 165. https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia165.175

Dettweiler, U., Ünlü, A., Lauterbach, G., Becker, C. y Gschrey, B. (2015). Investigating the motivational behavior of pupils during outdoor science teaching within self-determination theory. Frontiers in psychology, 6, 125.

Ernst, J. y Tornabene, L. (2012). Preservice early childhood educators' perceptions of outdoor settings as learning environments. Environmental Education Research, 18(5), 643-664.

Fägerstam, E. y Blom, J. (2013). Learning biology and mathematics outdoors: effects and attitudes in a Swedish high school context. Journal of Adventure Education & Outdoor Learning, 13(1), 56-75.

Fernández-Oliveras, A., Molina Correa, V. y Oliveras, M. L. (2016). Estudio de una propuesta lúdica para la educación científica y matemática globalizada en infantil. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 13 (2), 373–383.

Fernández Palma, I. (2018) Hijos de Los Árboles: La Importancia de la Educación al Aire Libre. [Trabajo de Grado. Universidad de Sevilla]. Disponible online: https://hdl.handle.net/11441/81808

Flores, J. G. (2003). La estadística en la investigación educativa. Revista de investigación educativa, 21(1), 231-248.

Gómez-Motilla, C. y Ruiz-Gallardo, J. R. (2016). El rincón de la ciencia y la actitud hacia las ciencias en educación infantil. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 13 (3), 643–666, 2016

Kellert, S. R. (2005). Nature and childhood development. Building for Life: Designing and Understanding the Human-Nature Connection. Island Press, Washington DC.

Kervinen, A., Uitto, A. y Juuti, K. (2020). How fieldwork-oriented biology teachers establish formal outdoor education practices. Journal of Biological Education, 54(2), 115–128. https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1546762

Lambrinos, N. (3-6 de octubre de 2002, 3) Teachers' point of view on the current and future status of Geography in the Greek elementary school. In Proceedings of the 6th Pan-Hellenic Geographical Conference, Thessaloniki, Greece,

Lingham, G., Yazar, S., Lucas, R. M., Milne, E., Hewitt, A. W., Hammond, C. J., MacGregor S., Rose K., Chen F., He M., Guggenheim J., Clarke M., Saw S. Williams C., Coroneo M. Straker L. y Mackey, D. A. (2021). Time spent outdoors in childhood is associated with reduced risk of myopia as an adult. Scientific Reports, 11(1), 6337.

Malone, K. y Waite, S. (2016). Student Outcomes And Natural Schooling. Plymouth: Plymouth University. Available online: http://www.plymouth.ac.uk/research/oelres-net

Mañanas-Iglesias, C., Galán-Arroyo, C., Rojo-Ramos, J. y Carmelo Adsuar, J. (2023). Análisis de la formación del profesorado hacia las prácticas educativas al aire libre. Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación, 49.

Rashid, A. A., Yunus, M. M. y Wahi, W. (2019). Using Padlet for collaborative writing among ESL learners. Creative Education, 10(3), 610-620.

Rojo-Ramos, J.; Manzano-Redondo, F.; Barrios-Fernandez, S.; García-Gordillo, M.A. Adsuar, J.C. (2021) Early childhood education teachers' perception of outdoor learning activities in the Spanish region of extrema dura. Sustainability, 13, 8986.

Yıldırım, G. y Akamca, G. Ö. (2017). The effect of outdoor learning activities on the development of preschool children. South African journal of education, 37(2).

Waite, S., Rogers, S. y Evans, J. (2013). Freedom, flow and fairness: exploring how children develop socially at school through outdoor play. Journal of Adventure Education & Outdoor Learning, 13(3), 255-276.

Wauquiez, S., Barras N., Henzi M. y Fundación Silviva (2021). La escuela a cielo abierto: 200 actividades para educar al aire libre. La Traviesa ediciones.

Wells, N.B. y Evans, G.W. (2003). Nearby Nature: A buffer of life stress among rural children. Environment and Behavior, 35(3), 311-330.

White, M. P., Alcock, I., Grellier, J., Wheeler, B. W., Hartig, T., Warber, S. L. & Fleming, L. E. (2019). Spending at least 120 minutes a week in nature is associated with good health and wellbeing. Scientific reports 9(1), 1-11. https://doi.org/10.1038/s41598-019-44097-3

Zhi, Q. & Su, M. (agosto, 2015). Enhance collaborative learning by visualizing process of knowledge building with Padlet. Proceedings-2015 International Conference of Educational Innovation Through Technology, EITT 2015, 1, 221–225. Wuhan, China ISBN: 978-1-4673-8038-6. doi: 10.1109/EITT.2015.1

CAPÍTULO 12

LA COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA INDAGACIÓN CIENTÍFICA EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA: EL CASO DE CHILE

JUAN P. JIMÉNEZ PAVEZ
Facultad de Ciencias de la Educación
Universidad de Talca, Chile

GUSTAVO A. CARREÑO PARRA
Facultad de Ciencias de la Educación
Universidad de Talca, Chile

RADU BOGDAN TOMA
Facultad de Educación
Universidad de Burgos, España

1. INTRODUCCIÓN

La naturaleza de la Indagación Científica (NOSI en inglés) ha sido promovida durante mucho tiempo como un objetivo educativo importante en la educación científica y se ha incluido en múltiples documentos curriculares (por ejemplo, National Research Council [NRC], 1996; National Science Teaching Association [NSTA], 2020; Next Generation Science Standards [NGSS], 2013). Además, la inclusión de la NOSI ha sido reconocida desde hace mucho tiempo como un componente crítico de la alfabetización científica (Akerson & Bartels, 2023; Roberts & Bybee, 2015). Por otra parte, se han realizado varios esfuerzos para enseñar la NOSI a estudiantes desde el jardín de infantes hasta la universidad y la amplia literatura indica que los estudiantes de diferentes edades pueden aprender e identificar de manera efectiva los aspectos de la NOSI (Lederman & Lederman, 2004). Sin embargo, aunque se reconoce la importancia de comprender los aspectos de la NOSI como un componente clave en la educación científica, no se ha trabajado suficiente para evaluar la comprensión de NOSI en la escuela primaria (Lederman & Lederman, 2020). En la revisión de la literatura se ha

encontrado cierta evidencia del impacto y la comprensión de la NOSI (Bartels & Lederman, 2022; Leblebicioglu et al., 2017); sin embargo, problemas con los instrumentos utilizados en las investigaciones y problemas con los diseños de investigación hacen que las conclusiones no sean confiables (Lederman et al., 2014). El objetivo de este estudio es proporcionar evidencia sobre qué tanto comprenden los estudiantes de tercer grado de primaria sobre la NOSI.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La Indagación Científica (SI en inglés) desempeña un papel esencial en la promoción de la adquisición de conocimientos científicos (Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Crawford, 2014; National Research Council [NRC], 2012; Next Generation Science Standards [NGSS], 2013). Por otra parte, la indagación científica se refiere a los enfoques sistemáticos utilizados por los científicos en un esfuerzo por responder a preguntas científicas (Lederman, 2009). De hecho, la indagación científica incluye los procesos científicos tradicionales, pero también se refiere a la combinación de estos procesos con el conocimiento científico, el razonamiento científico y el pensamiento crítico para desarrollar el conocimiento científico. Aunque la indagación científica ha estado presente en los documentos de reforma de la educación científica, los educadores en ciencias continúan debatiendo el lugar de la indagación científica en la enseñanza de las ciencias (Duschl et al., 2007; Toma, 2022).

La literatura define la indagación científica como una tríada: hacer indagación científica, comprender la indagación científica o la Naturaleza de la Indagación Científica (NOSI) y la indagación científica como un enfoque pedagógico para el aula de ciencias (Akerson & Hanuscin, 2007; Crawford, 2014; Minner et al., 2010; NRC, 2000). Aunque los estándares NGSS (2013) se refieren a las prácticas científicas en contraposición a la indagación científica, estos consideran que las "prácticas" van mucho más allá de la simple participación en los procesos científicos (Osborne, 2014). En resumen, los estudiantes deberían ser capaces de "hacer" indagación científica y "comprender" la indagación científica.

Enseñar a los estudiantes a “hacer” indagación científica implica involucrarlos en la formulación de preguntas científicas, el diseño y la realización de investigaciones, la interpretación de datos, el desarrollo de modelos y explicaciones, y la comunicación y el uso de argumentos para defender estas explicaciones (Crawford, 2014).

Enseñar a los estudiantes a "comprender" la indagación científica significa que los estudiantes deben desarrollar una comprensión informada de lo siguiente aspectos: (1) Todas las investigaciones científicas comienzan con una pregunta, pero no necesariamente prueban una hipótesis, (2) No existe un único conjunto o secuencia de pasos seguidos en todas las investigaciones, (3) Los procedimientos de investigación son guiados por la pregunta de investigación, (4) Es posible que no todos los científicos que realizan los mismos procedimientos obtengan los mismos resultados, (5) Los procedimientos de investigación pueden influir en los resultados, (6) Los datos científicos no son lo mismo que la evidencia científica, (7) Las conclusiones de la investigación científica deben ser consistentes con los datos recopilados, y (8) Las explicaciones se desarrollan a partir de una combinación de datos recopilados y lo que ya se sabe.

La distinción entre conocimiento de la indagación científica y conocimiento sobre la indagación científica (NOSI) es una distinción entre habilidades y capacidades versus comprensión, esta última que está más estrechamente alineada con la epistemología (Lederman et al., 2014; Schwartz et al., 2008).

A pesar de las recomendaciones internacionales sobre la importancia de aprender sobre NOSI como una forma de promover la alfabetización científica (Roberts & Bybee, 2014), el currículo de ciencias chileno se centra en desarrollar la comprensión del conocimiento del contenido, el desarrollo de habilidades y actitudes científicas. Es más, el currículo de ciencias chileno solo menciona la palabra “indagación” como una subhabilidad relacionada con la habilidad “investigación” en los currículos de 1° a 6° grado de educación primaria (MINEDUC, 2012). Sin embargo, el currículo de ciencias chileno establece además que los estudiantes, en todos los niveles, deben participar en investigaciones científicas. En la mayoría de estas actividades de investigación, los

estudiantes manipulan material de laboratorio, responden preguntas y recopilan datos. Pero los estudiantes no pueden crear sus propias preguntas de investigación ni determinar sus propios procedimientos para responderlas. Así, los estudiantes obtienen en su mayoría conclusiones de actividades muy estructuradas que son dirigidas por el profesor. En estas actividades se pueden encontrar e identificar aspectos de NOSI de forma implícita (Jimenez, 2022).

La literatura sobre comprender la NOSI es escasa y aun limitada (Crawford, 2014, Toma, 2020). Sin embargo, la literatura indica que es posible enseñar y aprender los aspectos de la NOSI en Educación Primaria y Secundaria (Crawford, 2014; Antink-Meyer et al., 2016). Por otra parte, pocos artículos se han publicado promoviendo la comprensión de la NOSI y estos suelen reportar estudios piloto con resultados poco generalizables (Leblebicioglu et al., 2017). Finalmente, se han publicado escasas investigaciones que evalúen la comprensión de la NOSI (Lederman et al, 2014). Por ejemplo, Lederman et al. (2019) busco conocer las ideas sobre la NOSI que presentan los estudiantes de séptimo grado en una muestra de 2634 estudiantes provenientes de 18 países. Los resultados mostraron de manera abrumadora que los estudiantes del séptimo grado tienen muy pocos conocimientos sobre la indagación científica. Algunos países muestran una comprensión razonable en ciertos aspectos, pero el panorama general de la comprensión de la indagación científica no es el que se espera después de completar seis años de educación primaria en ningún país.

Por otra parte, en un estudio similar, Lederman et al. (2021) busco conocer la comprensión de los aspectos de la NOSI de estudiantes que egresan de educación secundaria con una muestra de 3917 estudiantes provenientes de 32 países. Similar a los resultados del estudio de séptimo grado, los resultados indican que la comprensión de los aspectos de la NOSI por parte de los estudiantes del doceavo grado es menos que adecuada, aunque tienen una comprensión ligeramente mejor que la de los estudiantes de séptimo grado.

Por lo tanto, los estudiantes deben ser capaces de comprender cómo los científicos hacen su trabajo y los métodos usados para generar conocimiento científico. Sin embargo, poco se sabe sobre lo que los

estudiantes han aprendido sobre NOSI durante sus años escolares, especialmente en la escuela primaria.

3. METODOLOGÍA

Esta investigación tuvo un enfoque cualitativo descriptivo (Nassaji, 2015). El objetivo de la investigación cualitativa descriptiva es describir un fenómeno y sus características. Este tipo de investigación se preocupa más por el qué, en lugar del cómo o el por qué ha sucedido algo. Por lo tanto, a menudo se utilizan herramientas de observación y encuestas con cuestiones abiertas para recopilar datos (Gall et al., 2007). Los datos pueden recolectarse de manera cualitativa en este tipo de investigación, pero con frecuencia se analizan de manera cuantitativa utilizando frecuencias, porcentajes, promedios u otros análisis estadísticos para determinar las relaciones.

3.1. Muestra

Una muestra por conveniencia de 132 estudiantes de tercer grado de educación primaria provenientes de tres diferentes escuelas públicas de la región metropolitana de la ciudad de Santiago de Chile participó en este estudio. La muestra no pretende ser una muestra representativa, sin embargo, la muestra ofrece una primera idea del estado de la comprensión de los aspectos de la NOSI por parte de los estudiantes de tercer grado en Chile. Las clases participantes en este estudio (n = 3) fueron similares en representación de género, edad de los participantes, habilidades cognitivas, aspectos socioeconómicos y representatividad étnica. Por otra parte, las escuelas seleccionadas son escuelas primarias públicas que sirven a 3000 estudiantes aproximadamente de infantil a octavo grado de educación primaria en Chile.

3.2. Instrumentos para la recogida de datos

3.2.1. Views about Scientific Inquiry – Version E

El instrumento utilizado en este estudio fue el *Views about Scientific Inquiry – Version E* (VASI-E). Se trata de un instrumento

recientemente desarrollado y basado en investigaciones previas sobre la evaluación de los aspectos de la NOSI. El cuestionario VASI (Lederman et al, 2014) es un instrumento escrito de tipo cualitativo que consta de siete preguntas abiertas que permite evaluar la comprensión de ocho aspectos de la NOSI a partir del quinto grado. Debido a su complejidad y características, el cuestionario VASI se consideró inadecuado para estudiantes de tercer grado de educación primaria. Por los tanto, los autores del cuestionario VASI desarrollaron un nuevo instrumento llamado VASI-E que permite evaluar aspectos de la NOSI que niños pequeños pueden comprender y conectarlos con ejemplos del mundo real y que son apropiados para ellos. Para crear el VASI-E, los autores (Lederman et al, in press) identificaron los aspectos de la NOSI que son posibles de comprender y enseñar en niños pequeños. Estos aspectos de la NOSI fueron seleccionados desde estudios previos sobre la comprensión de la ciencia por parte de los niños pequeños (Lederman & Bartels, 2018; Bartels & Lederman, 2022).

El VASI-E es un cuestionario valido y confiable compuesto de cuatro preguntas abiertas que mide la comprensión de cinco aspectos de la NOSI: (1) las investigaciones científicas comienzan con una pregunta, (2) Los científicos pueden usar distintos métodos para responder a sus preguntas de investigación, (3) los procedimientos de investigación son guiados por las preguntas de investigación, (4) las conclusiones deben ser consistentes con los datos recolectados y (5) las explicaciones se desarrollan a partir de los datos recolectados y el conocimiento previo.

Una vez creado, el VASI-E fue piloteado con 61 estudiantes de tercer grado de educación primaria en tres escuelas y ciudades diferentes de Estados Unidos. Posteriormente, cada uno de los estudiantes fue entrevistado. Producto de estas entrevistas se realizaron ajustes y revisiones al VASI-E que fueron piloteadas con otro grupo de 18 estudiantes de primaria para producir la versión final válida y confiable del VASI-E.

Para tener un cuestionario VASI-E válido en un idioma diferente de la versión original en inglés, los investigadores tradujeron la versión en inglés al idioma español. Para el presente estudio, el VASI-E original fue sometido a un riguroso protocolo para ser usado en el contexto chileno. En primer lugar, el VASI-E fue traducido al español y

posteriormente, la versión en español fue traducida otra vez al inglés y enviada a los autores de la versión original del VASI-E. Este proceso busca asegurar que las preguntas del VASI-E traducido al español tengan el mismo sentido y midan los mismos constructos que el VASI-E original para asegurar y mantener su validez (translation/back translation process) cuando un lenguaje diferente al inglés es usado. Este proceso de validación siguió directamente estándares bien establecidos en el campo (Maneersriwongul & Dixon, 2004; Organization for Economic and Co-operation and Development [OECD], 2017). Posteriormente, el VASI-E en español fue piloteado en una muestra de 20 estudiantes de tercer grado de educación primaria.

Finalmente, los estudiantes que participaron en este estudio respondieron el VASI-E en su versión de papel y lápiz durante un periodo de 60 minutos.

3.2.2. Entrevistas semiestructuradas

Para asegurar la validez y consistencia de las respuestas de los estudiantes al cuestionario VASI-E, se realizaron entrevistas semiestructuras con un grupo de estudiantes participantes en este estudio. Para ello, 20% de la muestra fue entrevistada usando las mismas preguntas del cuestionario VASI-E. El objetivo de estas entrevistas fue evidenciar la validez (validez aparente o face validity, en inglés) de las respuestas de los estudiantes y además complementar las respuestas de los estudiantes en el caso de que estos no hubiesen podido completar el cuestionario en el tiempo establecido.

3.3. Análisis de los datos

3.3.1. Análisis del cuestionario VASI-E

Cada uno de los cuestionarios VASI-E fu analizado utilizando un enfoque holístico (Lederman, 2014). Cada una de las respuestas en cada cuestionario fue analizada y categorizada de acuerdo con el nivel de comprensión de los estudiantes a cada uno aspectos que evalúa el cuestionario VASI-E. Debido a la naturaleza cualitativa del cuestionario, algunas preguntas del VASI-E evalúan más de un aspecto de la NOSI. Para cada

aspecto, las respuestas se categorizaron como respuestas Ingenua (I), respuestas Mixtas (M) y respuestas Informadas (I) de acuerdo con el nivel de comprensión de cada aspecto. Por lo tanto, si un estudiante proporcionó una respuesta consistente en todo el cuestionario que es totalmente congruente con la respuesta objetivo para un aspecto particular de la NOSI, la respuesta se consideró Informada. Si, por el contrario, una respuesta estaba sólo parcialmente explicada y, por lo tanto, no era totalmente consistente con la respuesta específica, o había contradicciones, se incluyó en la categoría Mixta. Finalmente, una respuesta que era contradictoria o que no proporcionaba ninguna evidencia de congruencia en el aspecto específico de la NOSI se categorizó como ingenua.

Los cuestionarios fueron analizados por dos investigadores con vasta experiencia en el análisis de cuestionarios que evalúan los aspectos de la NOSI (Lederman et al, 2014). Para establecer confiabilidad del análisis, se enviaron 10 cuestionarios traducidos al idioma inglés a los autores originales del VASI-E quienes evaluaron individualmente cada cuestionario por separado. Posteriormente, los investigadores se reunieron con los autores del instrumento para comparar, calibrar y discutir posibles discrepancias en la evaluación. Finalmente, se logró un 100% de confiabilidad en análisis. Para el VASI-E se espera al menos un 80% de acuerdo entre evaluadores de acuerdo con la naturaleza del instrumento y convenciones internacionales. Posteriormente, cada uno de los investigadores evaluó por separado el resto de los cuestionarios y se selección una muestra de 20% de estudiantes con visiones ingenuas, mixtas e informadas para entrevistas semiestructuras.

3.3.2. Análisis de las entrevistas semiestructuradas

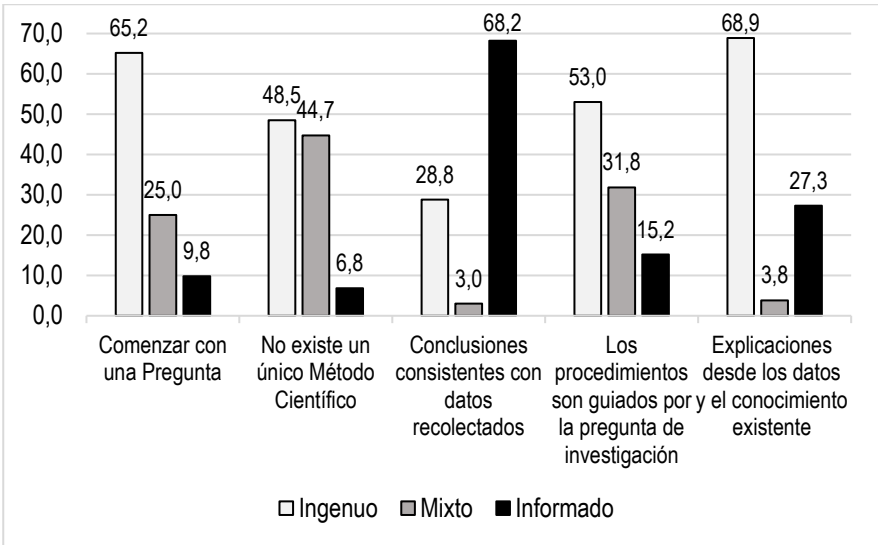
Entrevistas semiestructuras con una submuestra de 26 estudiantes de tercer grado de primaria con visiones ingenuas, mixtas e informadas se llevaron a cabo para corroborar las respuestas de los estudiantes en el VASI-E y para garantizar que la codificación del VASI-E fuera precisa. El audio de estas entrevistas fue analizado por dos investigadores para buscar consistencia en las respuestas de los estudiantes y evidenciar la comprensión de las preguntas del cuestionario VASI-E.

Posteriormente, la información de los cuestionarios VASI-E y la información de las entrevistas fue utilizada para crear perfiles individuales de cada estudiante participante en este estudio.

4. RESULTADOS

Se utilizaron datos de frecuencia para cada aspecto de NOSI (véase Figura 1). Abrumadoramente y en general, los resultados del análisis de los cuestionarios VASI-E y las entrevistas mostraron que la mayoría de los participantes poseen visiones ingenuas en 4 de los 5 aspectos de la NOSI referidos. A continuación, se detallan estos resultados expresados en porcentajes según cada uno de los aspectos de la NOSI.

***FIGURA** 1. Resultados del cuestionario VASI-E*



4.1. Aspecto 1: Toda investigación científica comienza con una pregunta, pero no necesariamente pone a prueba una hipótesis.

Para este aspecto de la NOSI, solo 9.8% de los estudiantes de tercer grado de primaria mostraron visiones informada sobre la importancia de la pregunta para iniciar una investigación científica. Un 25.0% de

los estudiantes mostró visiones mixtas para el mismo aspecto y un 65.0% de los estudiantes mostraron visiones ingenuas para este aspecto. Algunos estudiantes mencionaron que las preguntas no son importantes porque la investigación científica puede comenzar con la observación de un fenómeno, problema, experimentación o incluso prueba. A continuación, se presentan ejemplos de respuestas ingenuas, mixtas e informadas para este aspecto.

- Pregunta: Si un amigo escoge una pelota y la deja caer ¿estaría tu amigo haciendo una investigación científica? Describe una investigación científica que podrías hacer con las pelotas.
- Respuesta ingenua: "Sí, porque verá cual pelota rebotará más. Podría investigar si las pelotas tienen distintas funciones". (E28)
- Respuesta Mixta: "Ellos no tienen un procedimiento, hipótesis y variables. Ellos podrían medir el volumen de la pelota". (E07)
- Respuesta informada: "No, porque ellos solo están haciendo rebotar una pelota, no las tres. Podrían hacer rebotar las 3 pelotas desde un punto y medir que tan alto llegan". (E56)

4.2. Aspecto 2: Los científicos utilizan distintos métodos para responder a sus preguntas de investigación.

Para este aspecto de la NOSI, solo un solo 6.8% de los estudiantes de tercer grado de primaria mostraron visiones informada sobre la diversidad de métodos que utilizan los científicos para responder a sus preguntas de investigación. Un 44.7% de los estudiantes mostró visiones mixtas para el mismo aspecto y un 48.5% de los estudiantes mostraron visiones ingenuas para este aspecto. Parece que los estudiantes tienen una visión reduccionista sobre los distintos métodos que utilizan los científicos y esta idea se ve reforzada por algunos documentos curriculares oficiales que indican que existe solo un método científico. A continuación, se presentan ejemplos de respuestas ingenuas, mixtas e informadas para este aspecto.

– Pregunta: Se plantea una situación de una científica que observa pájaros y se pregunta ¿Piensas que ella estuvo trabajando como una científica? ¿Piensas que ella estuvo haciendo un experimento? ¿Por qué si o por qué no?

– Respuesta Ingenua: "No, los científicos usan siempre tablas y sí, ellos están haciendo un experimento porque están observando". (E34)

– Respuesta Mixta: "Ella quería averiguar por qué los pájaros tienen picos distintos. Entonces, ella atrapó un pájaro e hizo un experimento". (E101)

– Respuesta Informada: "Sí, porque ella estaba haciendo observaciones sobre los pájaros y no es un experimento porque no hizo ninguna prueba o test". (E23)

4.3. Aspecto 3: Las conclusiones deben ser consistentes con los datos recolectados.

Para este aspecto de la NOSI, 68.2% de los estudiantes de tercer grado de primaria mostraron visiones informadas para el aspecto que indica que las conclusiones deben ser consistentes con los datos recolectados. Por otra parte, solo un 3.0% de los estudiantes mostró visiones mixtas para el mismo aspecto y 28.8% de los estudiantes mostraron visiones ingenuas para este aspecto. Al parecer, casi el 70% de los estudiantes que respondieron el cuestionario y fueron entrevistados son capaces de reconocer la relación entre las conclusiones y los datos recolectados. Es de interés de este estudio mencionar que este fue el único aspecto de la NOSI en donde los estudiantes de tercer grado mostraron en su gran mayoría visiones informadas. Una posible explicación a este resultado puede deberse al interés de los estudiantes por los dinosaurios.

– Pregunta: ¿Cómo saben los científicos que los dinosaurios realmente existieron, si ya no tenemos dinosaurios y nadie los ha visto?

– Respuesta Ingenua: "Porque en la antigüedad cayó un meteorito y mato a todos los dinosaurios". (E03)

– Respuesta Mixta: “Porque existen huesos de dinosaurio y la televisión muestra que existieron”. (E115).

– Respuesta Informada: “Porque se han encontrado fósiles y sus huesos enterrados bajo tierra”. (E88).

4.4. Aspecto 4: Los procedimientos de investigación son guiados por la pregunta de investigación.

Para este aspecto de la NOSI, solo un 15.2% de los estudiantes de tercer grado de primaria mostraron visiones informada sobre como los procedimientos de investigación deben ser consistentes con la pregunta de investigación. Un 31.8% de los estudiantes mostró visiones mixtas para el mismo aspecto y un 53.0% de los estudiantes mostraron visiones ingenuas para este aspecto. Al parecer, más de la mitad de los estudiantes son incapaces de reconocer la relación entre la pregunta y los procedimientos de investigación. A continuación, se presentan ejemplos de respuestas ingenuas, mixtas e informadas para este aspecto.

– Pregunta: Se plantea la siguiente situación “Dos grupos de estudiantes quieren saber si los crayones de diferentes colores se derriten más rápido que otros colores. El grupo A usó 3 lápices de distinto color y el grupo B usó 3 fuentes distintas de calor ¿Qué grupo tiene mejor plan? y ¿por qué?”.

– Respuesta Ingenua: “El grupo B, porque ellos han cambiado el tipo de luz haciendo el resultado diferente”. (E77)

– Respuesta Mixta: “Ninguno. Ambos grupos llegaran al mismo resultado, pero el más correcto es el grupo A”. (E12)

– Respuesta Informada: “El grupo A, porque el experimento era sobre distintos tipos de crayones”. (E06)

4.5. Aspecto 5: Las explicaciones se desarrollan producto del análisis de los datos recogidos y lo que ya se sabe.

Para este aspecto de la NOSI, solo un 27.3% de los estudiantes de tercer grado de primaria mostraron visiones informada sobre el aspecto que indica que las explicaciones se desarrollan producto del análisis de los

datos recogidos y lo que ya se sabe. Por otra parte, un 2.8% de los estudiantes mostró visiones mixtas para el mismo aspecto y un 68.9% de los estudiantes mostraron visiones ingenuas para este aspecto. Al parecer, cerca de un 70% de los estudiantes son incapaces de reconocer la importancia de los datos recolectados y el conocimiento previo existente para generar explicaciones a los fenómenos. A continuación, se presentan ejemplos de respuestas ingenuas, mixtas e informadas para este aspecto.

- Pregunta: ¿Como creen los científicos que eran los dinosaurios? ¿Por qué piensan que eran así?
- Respuesta Ingenua: "Piensan que eran feroces y grandes porque se comían a los humanos". (E11)
- Respuesta Mixta: "Por los huesos encontrados y el tipo de comida". (E124)
- Respuesta Informada: "Los científicos se imaginan la forma de los dinosaurios por los huesos que han encontrado y luego ponen esos huesos juntos como rompecabeza". (E69)

5. DISCUSIÓN

Una posible explicación de los resultados de este estudio sobre la comprensión de los aspectos de la NOSI en estudiantes de tercer grado de educación primaria en el contexto chileno podría ser la falta de oportunidades para reflexionar explícitamente sobre los aspectos de la NOSI en las aulas de ciencias en educación primaria. En la mayoría de las actividades científicas en el aula, los estudiantes deben seguir protocolos muy estrictos y no tienen oportunidad, por ejemplo, de crear sus propias preguntas de investigación. Por lo tanto, se necesita más capacitación y orientación profesional para comprender, implementar y enseñar los aspectos de la NOSI en educación primaria.

Por otra parte, la literatura internacional existente sobre NOSI recomienda enseñar y aprender los aspectos de la NOSI de manera explícita y reflexiva (Lederman, 2007). Eso significa que los profesores de

ciencias deben brindar oportunidades para reflexionar explícitamente sobre los aspectos NOSI cuando los estudiantes participan o realizan investigaciones científicas. Los profesores de ciencias también deben hacer explícitos los aspectos de la NOSI para que los estudiantes puedan identificarlos, para alcanzar una mejor comprensión y una idea más clara sobre qué es la ciencia y cómo se produce el conocimiento científico.

Actualmente, las principales dificultades para enseñar NOSI y lograr una mejor comprensión de los aspectos de NOSI son: primero, la falta de énfasis en relación con la enseñanza explícita de NOSI en el currículo chileno; y, segundo, la falta de profesores de ciencias que sean capaces de enseñar NOSI. Los programas de docentes en formación chilenos no incluyen la enseñanza de la NOSI en sus programas. Así, la falta de conocimiento sobre NOSI por parte de los profesores de ciencias les dificulta enseñar los aspectos de la NOSI de forma explícita (Cofré et al., 2010).

6. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican que los estudiantes de tercer grado de educación primaria participantes del contexto chileno presentan en su gran mayoría visiones ingenuas en cuatro de cinco aspectos de la NOSI. En los aspectos (1) las investigaciones científicas comienzan con una pregunta, (2) Los científicos pueden usar distintos métodos para responder a sus preguntas de investigación, (3) los procedimientos de investigación son guiados por las preguntas de investigación, y (5) las explicaciones se desarrollan a partir de los datos recolectados y el conocimiento previo los estudiantes participantes mostraron visiones ingenuas que superan el 50% de la muestra participante. Por otra parte, en el aspecto “las conclusiones deben ser consistentes con los datos recolectados” los estudiantes presentaron en su mayoría visiones informadas. Estos resultados son muy similares a los estudios internacionales que miden la compresión de los aspectos de la NOSI en séptimo grado de educación primaria (Lederman et al., 2019) y los resultados obtenidos en el estudio internacional con una muestra de estudiantes de doceavo grado (Lederman et al., 2021).

Por lo tanto, debido a la poca comprensión de los aspectos de la NOSI que evidencia este estudio, es necesario incorporar la enseñanza de los aspectos de la NOSI en educación primaria ya que además de promover una mejor compresión de la ciencia, la enseñanza de la NOSI podría promover la alfabetización científica de los estudiantes (Roberts & Bybee, 2014).

Por otra parte, la literatura indica que los estudiantes son capaces de desarrollar visiones informadas si los aspectos de la NOSI son enseñados de manera explícita en el aula en el aula (Crawford, 2014).

Finalmente, comprender la NOSI puede promover una mejor comprensión del conocimiento científico al conocer las diferentes formas en que se produce este conocimiento (Lederman, 2009).

7. REFERENCIAS

Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating preservice elementary teachers views of nature of science. Science Education, 8, 785–810. https://doi.org/10.1002/sce.10143

Akerson, V.L., & Bartels, S.L. (2023). Elementary science teaching: Towards the goal of scientific literacy. En N.G. Lederman, D.L. Zeidler, & J.S. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education, volume III (pp. 528–558). Routledge.

Akerson, V.L., & Hanuscin, D.L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. Journal of Research in Science Teaching, 44(5), 653-680. https://doi.org/10.1002/tea.20159

Antink-Meyer, A., Bartos, S., Lederman, J.S., & Lederman, N.G. (2016). Using science camps to develop understandings about scientific inquiry—taiwanese students in a U.S. summer science camp. International Journal of Science and Mathematics Education, 14, 29–53. https://doi.org/10.1007/s10763-014-9576-3

Bartels, S., & Lederman, J.S. (2022). What do elementary students know about science, scientists and how they do their work? International Journal of Science Education, 44(4), 627–646. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2050487

Cofré, H.L., Camacho, J., Galaz, A., Jimenez, J., Santibañez, D., & Vergara, C. (2010). Science Education in Chile: Weaknesses in teaching and future challenges of the education of the teachers of science. Estudios Pedagógicos, 2, 279-293.

Crawford, B. (2014). From Inquiry to Scientific Practices in the Science Classroom. En N.G. Lederman, & S.K. Abell (Eds.), Handbook of research on science education, volume II, (pp. 515–541). New York: Routledge.

Duschl, R.A., Schweingruber, H.A., & Shouse, A.W. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K–8. Washington, DC: National Academies Press.

Gall, M.D., Gall, J.P., & Borg, W.R. (2007). Educational research: An introduction (8th ed.). Boston: Pearson.

Jimenez, J. (2022). Assessing the impact of understanding nature of scientific knowledge and understanding nature of scientific inquiry on learning about evolution in high school students (Publication No. 29067971) [Doctoral dissertation, Illinois Institute of Technology]. ProQuest Dissertations & Theses Global.

Leblebicioglu, G., Metin, D., Capkinoglu, E., Cetin, P.S., Eroglu Dogan, E., & Schwartz, R. (2017). Changes in students' views about nature of scientific inquiry at a science camp. Science and Education, 26(7–9), 889–917. https://doi.org/10.1007/s11191-017-9941-z

Lederman, J.S. (2009). Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and opened-ended levels. Retrieved from https://tinyurl.com/tpugczc

Lederman, J.S., & Bartels, S. (2018). Assessing the ultimate goal of science education: Scientific literacy for all! En M. Koomen, S. Kahn, C. L. Atchison, & T. A. Wild (Eds.), Towards inclusion of all learners through science teacher education (pp. 277–285). Brill Sense. https://doi.org/10.1163/9789004368422_030

Lederman, J.S., Bartels, S., Jimenez, J., Lederman, N.G., Acosta, K., Adbo, K., Akerson, V., Avraamidou, L., Blanquet, E., Cardoso, R., Crowther, D.T., Das, P.M., De Andrade, M., Fukuda, N., Gai, L., Hamed, S., Han-Tosunoglu, C., Holliday, G., Huang, X.,... Zhu, Q. (In press). Completing the progression and establishing an international baseline of primary, middle, and secondary students' views of scientific inquiry, International Journal of Science Education.

Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartels, S.L., & Jimenez, J. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. Journal of Research in Science Teaching, 56(4), 486–515. https://doi.org/10.1002/tea. 21512

Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartels, S., Jimenez, J., Acosta, K., Akubo, M., Aly, S., de Andrade, M., Atanasova, M., Blanquet, E., Blonder, R., Brown, P., Cardoso, R., Castillo-Urueta, P., Chaipidech, P., Concannon, J., Dogan, O., El-Deghaidy, H., Elzorkani, A., …Wishart, J. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school students' understandings of the nature of scientific inquiry: is progress Being made? International journal of Science Education. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1894500

Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartos, S.A., Bartels, S.L., Meyer, A.A., & Schwartz, R.S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry - The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. Journal of Research in Science Teaching, 51(1), 65–83. https://doi.org/10.1002/tea.21125

Lederman, N.G., & Lederman, J.S. (2004). Project ICAN: A professional Development project to promote teachers' and students' knowledge of Nature of Science and scientific enquiry. Proceedings of the 11th Annual SAARMSTE Conference. Cape Town, South Africa.

Lederman, N.G., & Lederman, J.S. (2020). Nature of scientific knowledge and scientific inquiry. En V.L. Akerson & G.A. Buck (Eds.), Critical questions in STEM education (pp. 3–20). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57646-2

Maneersriwongul, W., & Dixon, J.K. (2004). Instrument translation process: A methods review. Journal of Advanced Nursing, 48(2), 175–186. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2004.03185.x

Ministerio de Educación [MINEDUC]. (2012). Bases curriculares 1 a 6 básico. Santiago: Ministerio de Educación.

Minner, D.D., Levy, A.J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction–what is it and does it matter? Results from a research synthesis year 1984 to 2002. Journal of Research in Science Teaching, 47(4), 474-496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

Nassaji, H. (2015). Qualitative and descriptive research: Data type versus data analysis. Language Teaching Research, 19(2) 129–132. https://doi.org/10.1177/1362168815572747

National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council. (2012). A framework for k-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2000). Inquiry and the national science education standards. Washington, DC: National Academy Press.

National Science Teaching Association. (2020). Nature of science (position statement). Retrieved from https://www.nsta.org/nstas-official-positions/nature-science

NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18290.

Organization for Economic and Co-operation and Development. (2017). PISA 2015 technical report. OECD Publishing.

Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. En N.G. Lederman & S.K. Abell (Eds.), Handbook of research on science education, volume II (pp. 579–599). Routledge.

Roberts, D.A., & Bybee, R. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. En N.G. Lederman, & S.K. Abell (Eds.), Handbook of research on science education, volume II (pp. 545–558). New York: Routledge.

Schwartz, R.S., Lederman, N.G., & Lederman, J.S. (2008). An instrument to assess views of scientific inquiry: the VOSI questionnaire. Paper presented at the international conference of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, MD.

Toma, R.B. (2020). Comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia y valoración de su dimensión social. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 17(2), 230301. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2303

Toma, R.B. (2022). Effect of confirmation and structured inquiry on attitudes toward school science. School Science and Mathematics, 122(1), 16-23. https://doi.org/10.1111/ssm.12505

LEARN TO SOLVE DIFFERENTIAL EQUATIONS BY DESIGNING AND SIMULATING NETWORK MODELS

PEDRO ARÁEZ ANDÚGAR
Universidad de Murcia

JOSÉ ANTONIO JIMÉNEZ VALERA
Universidad Politécnica de Cartagena

IVÁN ALHAMA MANTECA
Universidad Politécnica de Cartagena

FRANCISCO DEL CERRO VELÁZQUEZ
Universidad de Murcia

1. INTRODUCCIÓN

Although textbooks and notes still play a predominant role in teaching, in recent years, new technological tools are being used that act as facilitators for both teachers and students in the teaching-learning (TL) process. Therefore, authors such as Escudero and Gómez (2006) stated that since information and communication technologies (ICT) are an integral part of students' lives, teachers should be prepared from the beginning to use these tools efficiently in the classroom, otherwise, ICT will represent the marginalization of those who do not use them, Cabero (2007). In this sense, Del Cerro and Morales (2017) assure that as we find ourselves in an educational context that favors and encourages the integration of ICT in the teaching-learning processes, there are more and more committed teachers who incorporate the use of computers, tablets and even smartphones (smartphones) in their daily work in the classroom.

Computer programs and, more specifically, those based on advanced design tools, as well as those based on advanced simulation tools, are possibly one of the essential contributions of modern computer science that have contributed and enhanced, in the field of STEM disciplines,

the advanced learning of many of its basic scientific and technical contents in any educational environment. There are many specific programs available to students that solve oscillatory physical processes. In this sense, this paper presents the potential offered by the network simulation method as a methodological tool based on the electrical analogies of dynamic processes in general which are within the STEM subjects of high school students and the first years of high-er education in science and engineering.

Among others, the great advantages of this tool in the classroom are: i) to simulate practices with minimal resources and at a low cost, ii) to present practices that would normally be difficult to carry out in a conventional laboratory of an educational center and iii) to address problems of greater complexity than the "usual" ones in an effective manner and even to adapt the level of the problems, thus encouraging students' self-learning (Del Cerro and Alhama, 2011).

The study of problems ruled by ordinary differential equations, plus the particular boundary and initial conditions of each scenario, either through the construction of real models or through the design and simulation of –numerically solved– computational models, is a frequent resource in scientific research to obtain reliable solutions to these problems. The so-called network models, based on electrical analogy, constitute an interesting alternative to computational models and have been used in a large number of physics and engineering problems in the last decade (Jiménez-Valera et al. (2021); Alhama y Del Cerro (2013); Morales et al. (2012)), thanks to their relative ease of design even for complex dynamics problems such as chaotic or coupled problems (Del Cerro (2009); Sánchez et al. (2012); Marín et al. (2016)).

There are numerous dynamic processes governed by first and second-degree differential equations, of very similar appearance, that emerge in STEM subjects within the high school level or in higher education (first year of science or engineering degrees). These problems, although students have learned to solve simple differential and integral equations within the discipline of mathematics, the real fact is that they lack the knowledge to apply them to specific problems. A lack of skill very much attributable to this discipline oriented to pure mathematical

analysis. Thus, simple problems such as population growth, physical and mathematical pendulums in their different versions, speed of dissolution of a substance in a liquid medium, the movement of a parachutist, the dynamics of masses subject to springs, damped harmonic motion, elastic or electromagnetic wave equation, etc., are examples mentioned within the disciplines of physics, chemistry, biology, engineering and electromagnetism that are addressed in high school. The ability to analyze and interpret the solutions to these problems at a phenomenological level is within the reach of students once these solutions are known, but access to their deduction is not possible due to the lack of mathematical knowledge. The possibility of designing models is presented as an alternative to obtaining solutions for these dynamic problems thanks to the electrical analogy used in this work. Using very general rules we aim for the student to learn to design circuits whose mathematical model repro-duces that of the real problem.

The design of these models, of negligible cost compared to the construction of real models, especially in the laboratories of educational centers, whose simulations are carried out through free or commercial software, obeys simple rules of circuits theory whose understanding is within the reach or curriculum of a high school student or a first-year student of science or engineering. Such rules are based on the theorems of conservation of electric current (or electric charge) and of uniqueness of electric potential (Kirchhoff's theorems), together with the constitutive equations of the basic elements of a circuit, namely resistor, capacitor and coil. The Network Simulation Method (Horno Montijano (2002)) constitutes a basic guide for the design of these network models. In this sense, the use of this analogy has become a learning and research tool that allows students to begin to address complex problems, delve into the role played by the different parameters involved, and identify equivalent mathematical models referring to different physical processes. That is, processes that contain potential variables (fluid pressure, electric potential, temperature...) or flow variables (flow, electric current, heat..., respectively) of a different nature. This analogy translates into global equivalence when the governing equations or mathematical model of the

actual process and the model are formally equivalent, separating only in the nature of the dependent variable.

In this communication, models are presented that solve basic fundamental problems at the bachelor's level governed by ordinary, linear, first-order and differential equations for which there is an analytical solution that allows the simulation results to be contrasted. Detailed steps for model design are described, including the final text files that are entered into the free simulation software Ngspice (2016). The ex-tension of the method to more complex problems is immediate thanks to the use of the controlled generators existing in the libraries of these programs, devices that allow the implementation of any type of addend of the governing equation. In the two exposed applications, the effect of the different parameters of the equation is studied, presenting the results in graphical form through data processing routines created in Matlab (2015).

In view of the above, the aim of this work is to propose an advanced ICT tool as a methodology for solving complex problems in a simple and intuitive way by simulating electrical analogies with other STEM subject content. On the other hand, the results graphs, from the graphic environment of the programs, offered by this tool will allow students to reason and interpret the results of the problems, which will lead to a better consolidation of the theoretical concepts of STEM subjects and encourage students' computational and critical thinking, essential for acquiring digital and mathematical competences, as well as competences in science, technology and engineering.

2. MATHEMATICAL AND NETWORK MODELS

2.1. THE DEVICES OF THE LIBRARIES OF NGSPICE

Each term of the differential equation of a process is implemented in the electrical model by an electrical or electronic device but in general, terms of the same aspect (such as a constant term, a first derivative term, a second derivative term, a function term linear of the dependent variable, etc.) are implemented using the same device. Thus, given the

governing equations that define the dynamic processes contained in the STEM disciplines are very similar, the different terms of the differential equations to be implemented in the model are very few.

The devices can be classified as lineal or non-lineal, with terminals are interconnected as ideal contacts, and advantage that could not be set in laboratory. Among the passive type components, we highlight the three classic ones, resistance, capacity and coil. Their constitutive equations are linear in nature and given that the last two have a dual character, one of them can be eliminated by reducing these passive devices to two: the resistor (energy dissipator) and the capacitor (energy store). Both are two terminal devices.

The active devices are the sources and there are two types: i) constant or time-dependent sources according to a specific mathematical function (sinusoidal, trapezoidal, linear, stepwise, stepwise, etc.). all of them with two terminals and, ii) the controlled sources, very versatile four-terminal devices capable of implementing any type of term and participating in auxiliary circuits sometimes necessary to implement some models. Two of the four terminal are assumed as input terminals and constitute the variable that controls the output signal at the other terminals. The dependence o function that relates the input with the output is generally an arbitrary lineal or non-lineal function that is constitutional or numerically operated. The specification of the four-terminal source is carried out by programming, writing the mathematical expression of the input-output dependence in the line of the text file where the source describes.

The derivative terms, basically first and second derivative, are implemented through simple auxiliary circuits using controlled generators that are controlled in chain successively. There are four types of these generators that cover all the needs for the implementation of terms in the electrical analogy: i) voltage generators controlled by voltage, ii) voltage generator controlled by current, iii) current generator controlled by voltage and iv) current bgenerator controlled by current. The examples presented below illustrate the implementation of all the mentioned devices.

Something else should be said in relation to the Ngspice program and the powerful computational algorithms integrated into it. Ngspice is free software from the commercial circuit simulation code Pspice, a program developed in the seventies at the University of California (Berkeley) and continually modified to integrate increasingly complex and powerful mathematical calculation algorithms. Because electronic circuits deal with very high frequency signals, both analog and commercial, the algorithms required for their treatment and processing are the most complex in relation to other commercial programs focused on more pseudo-stationary type processes. The code contains guides to help the designer and the solution of the circuits can be assumed identical to the analytical solution when it exists (errors much less than 0.01%).

2.2. CONCENTRATION OF A SPECIES IN CHEMICAL REACTIONS BETWEEN TWO SPECIES

When two substances A and B, in initial amounts ao and bo, react to produce a new substance C, they do so following an approximate law or governing equation that writes as

$$\frac{dc}{dt} = \lambda\,(a_o - f_A c)(b_o - f_B c)$$

where c is the amount of the substance (A or B) at each instant, and f_A and f_B are the relative fractions of the molecular masses (M_A and M_B) of the substances, $f_A = \frac{M_A}{M_A+M_B}$ and $f_B = \frac{M_B}{M_A+M_B}$. The coefficient λ is a proportionality factor that depends on the nature of the substances. This equation, which appears in many texts written in the form $\frac{dc}{dt} = \xi_0(\xi_1 - c)(\xi_2 - c)$, can be more appropriately expressed for network model design in the form:

$$\frac{dc}{dt} - a_1 c^2 + a_2 c - a_3 = 0$$

with a_1, a_2, and a_3 constants. The initial concentration is $c_{(t=0)} = c_o$. Writing in the las form, the equation emerges as the dependence of the growing rate of the specie on the second trade polynomial of the concentration itself. Such rate increases with two terms of the polynomial, a_3 and a_1c^2, which have always a positive sign and decreases with the term of

first grade a_2c, which is always negative. According with the relative values of the parameters a_1, a_2 and a_3, the growing rate evolves following different ways. It may increase or decrease monotonically until it becomes asymptotically constant, or it does so with an inflection point until it also converges to a constant value over time.

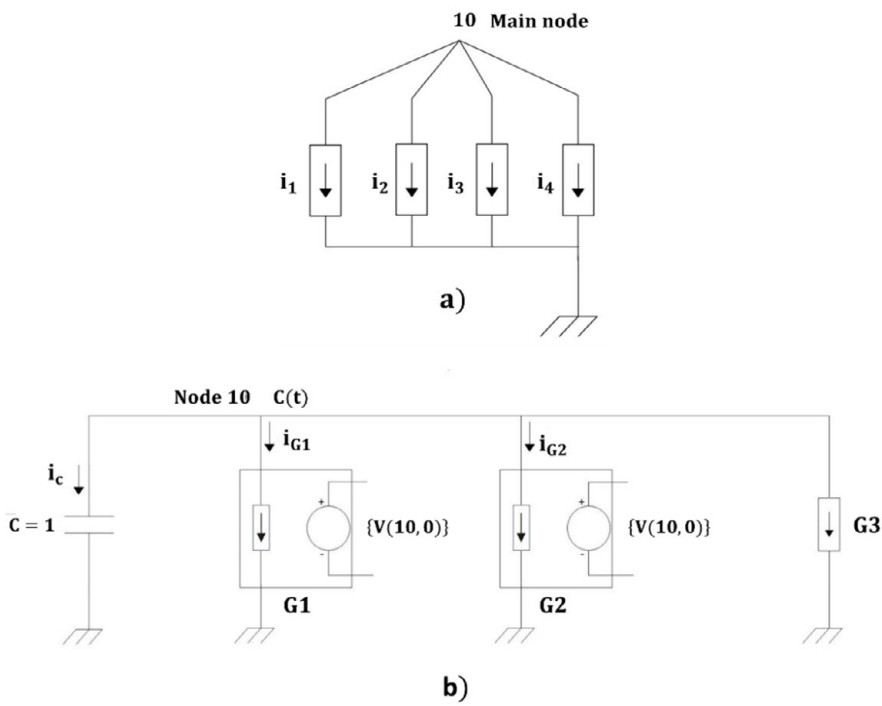
For the description of the network model, we consider the last equation assuming that each one of its four terms is an electric current that crosses its corresponding branch from a common node (the earth or ground of the circuit) to a second node that we will call the main node (node 10 in Figure 1a). In this way, the four terms of the currents balance in a common node and, according to Kirchhoff conservation law of currents, the signs and values of such currents is continuously adjusting to satisfy such a balance. node to Defining these currents as a function of the voltage in the node 10, (V_{10}), whose value is the solution of the problem $V_{10} = c(t)$, this voltage adjusts itself at each instant to establish the balance of the currents that converge in the node. This balance, in turn, is the imposed balance between the addends of the governing equation. Defining these currents in the form

$$i_1 = \frac{dc}{dt} \qquad i_2 = -a_1c^2 \qquad i_3 = a_2c \qquad i_4 = -a_3$$

their implementation in the network model are carried out either through controlled current generators, in the most general case, or through simple electrical devices (resistors or capacitors). Thus, the current $i_1 = \frac{dc}{dt}$ is implemented by a capacitor of unit capacity since the relationship between the current and the voltage of a capacitor (its constitutive equation) is precisely $i_C = \frac{d(v_C)}{dt}$, Figure 1b. The second current, $i_2 = -a_1c^2$, is implemented by a generator (G1) controlled by the instantaneous voltage of the main node, V_{10}. The mathematical expression of this control, $-a_1c^2 = -a_1(V_{10})^2$, is imposed by defining the generator itself. In the network model, Figure 1b, the control variable of G1 is shown in square brackets. In the same way, the current $i_3 = a_2c = a_2V_{10}$, is implemented, by means of the voltage-controlled generator G2, whose current has the opposite sense to that of the generator G1. Finally, the current

$i_4 = -a_3$, is implemented by a constant current source G3. The whole network model of the problem is shown in Figure 1b.

FIGURE 1. *a) Balance of the currents of the governing equation in a common node. b) Network model of the chemical reaction problem.*



Fuente: Source: self-made

The model test file is included here to illustrate to the students the simple rules of programming and to prove that both the content of the file is only a few lines long and its organization is intuitive and logical. The text file of the chemical reaction model writes as

```
.PARAM a1 = 0.1
.PARAM a2 = 1
.PARAM a3= 1
.PARAM vinitial=1
G1 10 0 VALUE = {(a3)}
G2 10 0 VALUE = {(a2)*(V(10,0))}
G3 0 10 VALUE = {(a1)*(V(10,0))*(V(10,0))}
C1 10 0 1 IC={(vinitial)}
.TRAN 0 10 0 UIC
.OPTIONS NUMDGT 5
.END
```

It contains 11 programming lines, four of which are for parameter information, two for refinement of the numerical calculus and the simulation time window, and one for closing the file. In other words, only 4 lines of a few characters define the core of the file creation. Note that each electrical device is defined by two ends (or connection nodes), in the case of simple devices such as resistors, capacitors and constant sources, or four ends in the case of controlled-sources because these have two ends for the input control voltage and two ends for their output connection. Note also that the text of the sentence VALUE (between brackets) of these sources allows to write the control expression in a simple and direct mathematical language. The last sentences refer to the simulation parameters: duration of the simulation time (defined in the TRAN sentence) and number of digits used in the numeric computation (NUMDIG sentence).

Once the file is created, no other manipulation is required other than its introduction and execution in the simulation program. The latter contains numerous checks to ensure: i) that no errors emerge in any of the lines, ii) that there are no missing data or free nodes (disconnected from the circuit), iii) that the continuity of the direct current is satisfied, as well as many other criteria that avoid errors and waste of time in their correction. Ngspice is very reliable and ensures a quasi-exact solution

to the model, even if programming errors have been made, which are often discovered once the model has been simulated and the graphical solutions have been suddenly studied.

2.3. POPULATION GROWTH, WITH EXTERNAL CONSTRAINTS, OF A SPECIES

In the most general case, the growth of a species that reproduces itself without restrictions follows the law $\frac{dc}{dt} = c^{b_o}$, with c(t) being the number of individuals at each instant and a_o and b_o constants. However, such growth is usually subject to severe restrictions due to external agents of different nature that alter the rate of reproduction. In this model, it will be assumed that coefficient a_o is a harmonic function of time with a non-zero mean value, trying to implement seasonal influences in the model. Thus, we can write the growth equation in the form of a first order differential equation

$$\frac{dc}{dt} = \left\{a_1 + a_2\ \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{T}\right)\right\} c^{b_o} = a_1 c^{b_o} + a_2\ \left\{\text{sen}\left(\frac{2\pi t}{T}\right)\right\} c^{b_o}$$

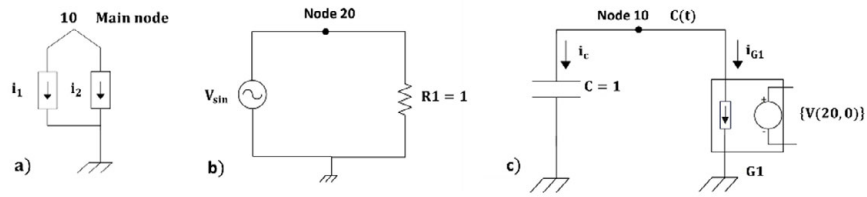
with a_1, a_2 and b_o constants, and T the period of the harmonic wave that will be taken as a year, T = 86400 s. The initial condition is $c_{(t=0)} = c_o$.

For this problem, the network model has two branches, Figure 2a, whose currents are defined in the form

$$i_1 = \frac{dc}{dt} \qquad i_2 = \left\{a_1 + a_2\ \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{T}\right)\right\} c^{b_o}$$

The first current (i_1) is implemented, as in the previous problem, by means of a capacitor of unit value. The implementation of the second current, dependent on the time variable, requires an auxiliary circuit consisting of a unit-value resistor (R1 =1) and a wide-spectrum sinusoidal generator (contained in the libraries of the code Ngspice) V_{sin}, Figure 2b. The output of the generator is $V_{sin} = i_2 = \left\{a_1 + a_2\ \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{T}\right)\right\} c^{b_o}$, the voltage that controls the current generator G1 at the main circuit. The balance between currents i_1 and i_2 in node 10, Figure 2c, allows obtaining the solution $c(t) = V_{10}$.

FIGURE 2. *a) Branches of the model; b) Auxiliary circuit; c) Network model of the population growth problem.*



Fuente: Source: self-made

The text file of the model writes as

```
.PARAM a1 = 0.2
.PARAM a2 = 8
.PARAM b0 = 1.1
.PARAM cinitial=1000
Vsin 20 0 SIN(({a1}) ({a2}) 1.1574E-5
R1 20 0 1
C1 10 0 1 IC={(cinitial)}
G1 0 10 VALUE = {(a1)+(a2)*(sin(6.2832*(v(20,0))/3.1536e7))*(V(10,0)^(b0))}
.TRAN 0 100000 0 UIC
.OPTIONS NUMDGT 4
.END
```

As in the former case, the file contains 11 programming lines which are quite similar, four for parameter information, two for defining the time window and calculus approximation, one to close the file and four for the core of the model.

3. SIMULATIONS

For the chemical reaction problem nine cases are studied changing the value of one of the main parameters that influence the solution. Cases 1 to 3 for a_1= 1, 0.5 and 0.1, respectively, cases 4 to 6 for a_2= 2, 4 and

6 and, finally, cases 7 to 9 for a_3= 2, 4 and 6. For all cases the initial value of the concentration is $V_{initial}$= 1. Table 1 summarizes the parameters' value for all cases.

***TABLE** 1. Parameter of the equation for the chemical reaction problem*

Case	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
a_1	1	0.5	0.1	1	1	1	1	1	1
a_2	1	1	1	2	4	6	1	1	1
a_3	1	1	1	1	1	1	2	4	6

Fuente: Source: self-made

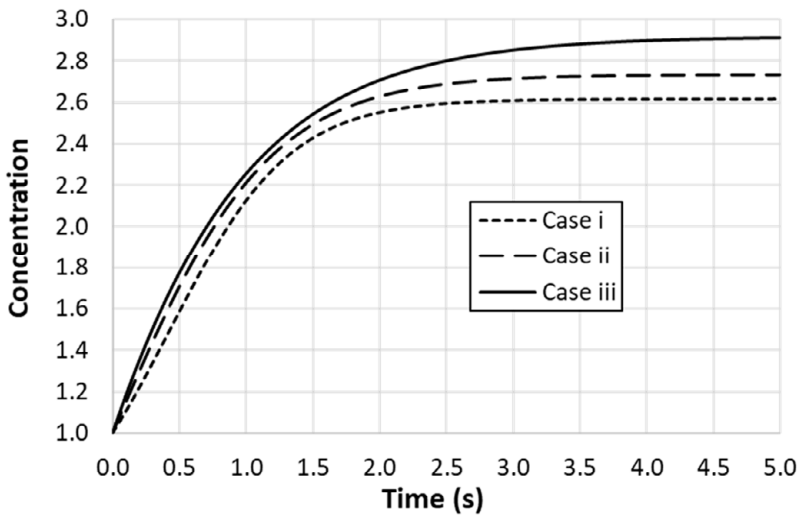
Figures 3 to 8 show the results of the simulations, time evolution of the concentration of the chemical species (c) and the rate of growing (dc/dt). In first time it is important to note that the asymptotic behaviour of the solution, as time increases, is the same for both, c and dc/dt. However, while the concentration is always positive, the concentration rate can be positive or negative. Also, while the concentration increase monotonically in all cases with separate and non-crossing curves for a_1 and a_3 constants, for the case a_2 the curves cross each-other. As regards the growing rate, the influence of the terms a_1c^2 y a_2c in this rate is very significant and converge to final values that can be close to clearly separated.

The simulation shows that the value of a_1 (with a_2 and a_3 constants) does not influence the duration of the transient until reaching the maximum value of the concentration of the chemical species, however, it is determinant of the value of this concentration, growing significantly with the increase in the coefficient, Figure 3. The same occurs for a_2 (with a_1 and a_3 constants), Figure 5, although the duration of the transitory appears shorter and the curves cross each other. Finally, for a_3 (with a_1 and a_2 constants), Figure 7, the transient time increase slightly and the curves do not cross.

The relative effect of each of the two addends, that depend on the concentration, that affect the dynamics of the reaction, a_1c^2 and a_2c, which is equivalent to the temporary rate of contribution or extraction of the species to the system, is shown in Figures 4, 6 and 8 for the values

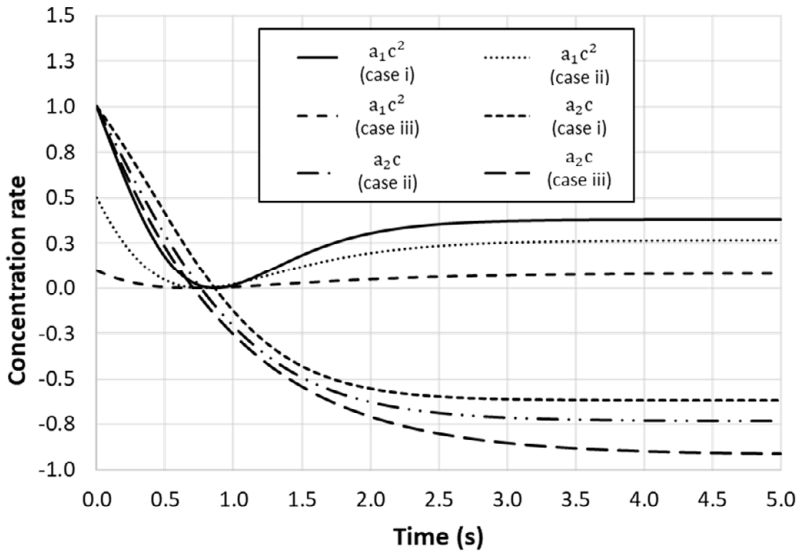
shown in the table. The term a_1c^2 continuously contributes species to the system since its values is above cero in all cases. However, this value decreases at the beginning to reach cero at a time that depends of the value of the parameters and then increases towards its asymptotic vale. The start point is the same except for cases 1 to 3 due to the change in a_1 for these cases. As for a_2c, this term adds species to the system at the beginning of the reaction and extracts species after a short period of time that depend on all the parameters, converging to a constant extraction value in the steady state. A comparison between the terms a_1c^2 and a_2c at the steady state shows that they can be close each other (cases 4 to 6) or quite different (cases 1 to 3 and 7 to 9).

FIGURE 3. *Dynamic concentration of the species in the chemical reaction. Cases i, ii and iii.*



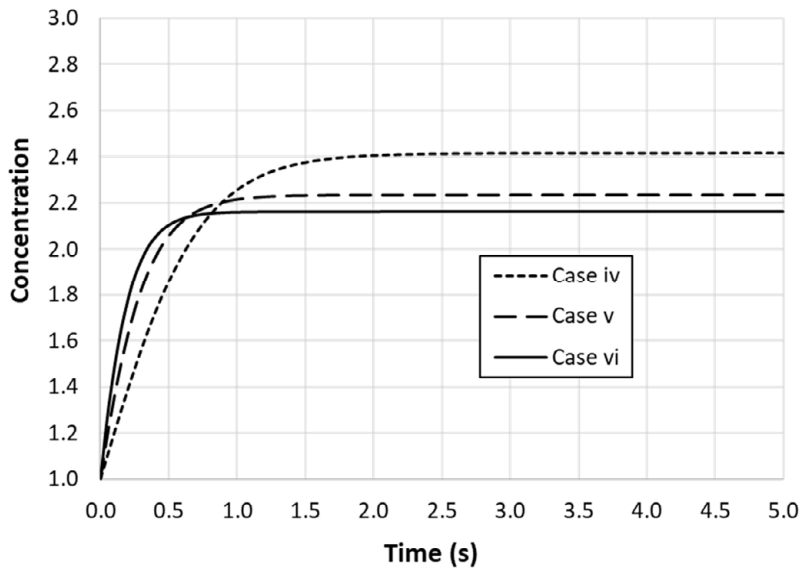
Fuente: Source: self-made

FIGURE 4. *Contribution or extraction rate of the chemical species associated with* $\boldsymbol{a_1 c^2}$ *and* $\boldsymbol{a_2 c}$ *addends. Cases i, ii and iii.*



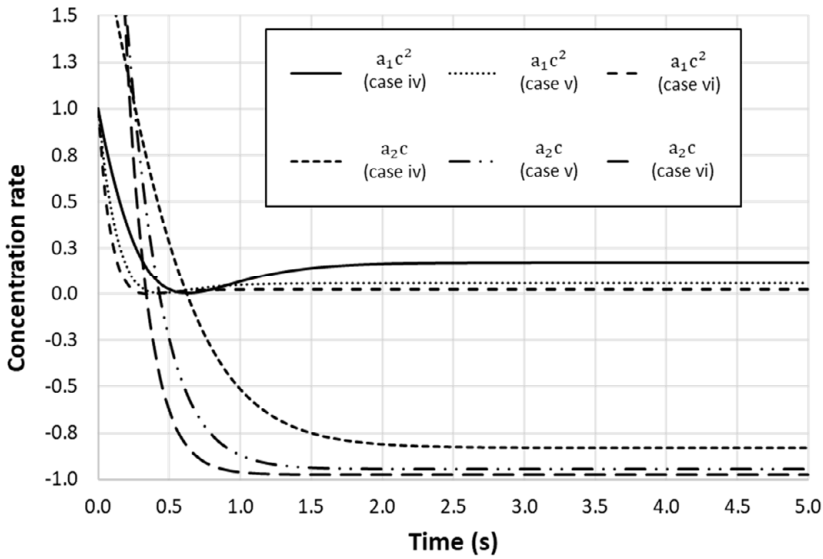
Fuente: Source: self-made

FIGURE 5. *Dynamic concentration of the species in the chemical reaction. Cases iv, v and vi.*



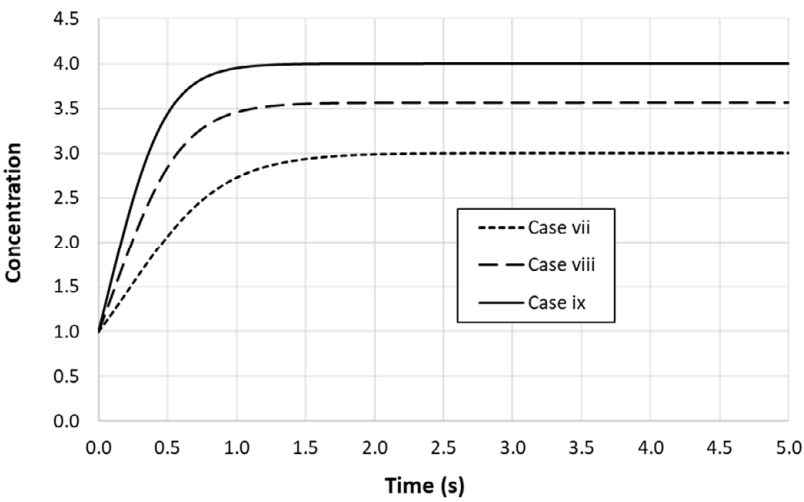
Fuente: Source: self-made

FIGURE 6. *Contribution or extraction rate of the chemical species associated with* $\boldsymbol{a_1 c^2}$ *and* $\boldsymbol{a_2 c}$ *addends. Cases iv, v and vi.*



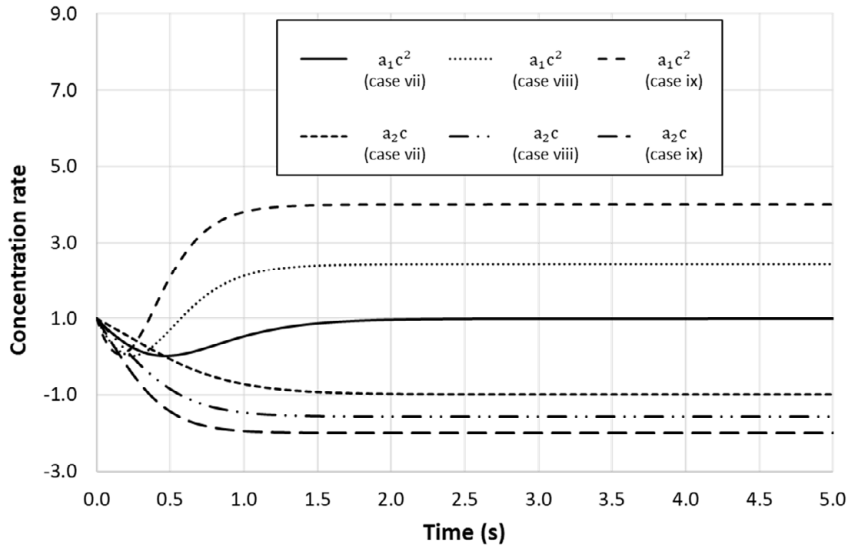
Fuente: Source: self-made

FIGURE 7. *Dynamic concentration of the species in the chemical reaction. Cases vii, viii and ix.*



Fuente: Source: self-made

FIGURE 8. *Contribution or extraction rate of the chemical species associated with* $\boldsymbol{a_1 c^2}$ *and* $\boldsymbol{a_2 c}$ *addends. Cases vii, viii and ix.*



Fuente: Source: self-made

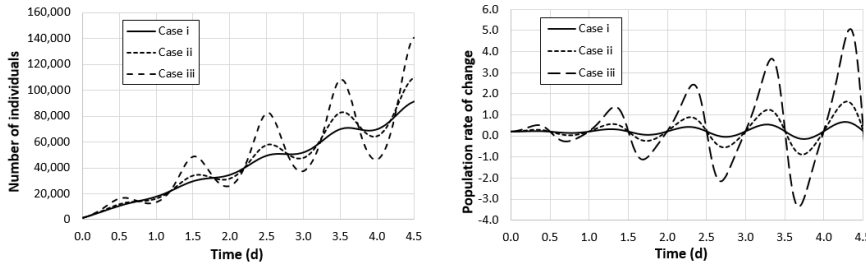
For the population growth in the biological problem three cases are studied with the different parameters' value show in Table 2, a_1= 0.2, a_2= 3, 5 and 8 and initial concentration is $c_{initial}$= 1000. Note that the coefficient a_2 determines the amplitude of the wave that controls growth. Figure 9 represents the time dependent of the total population and the rate of increase of this.

TABLE 2*. Parameter of the equation for the population growth*

Case	I	II	III
$\mathbf{a_1}$	0.2	0.2	0.2
$\mathbf{a_2}$	3	5	8
$\mathbf{b_o}$	1.1	1.1	1.1

Fuente: Source: self-made

FIGURE 9. *a) Temporary evolution of the population (c(t)) and b) population rate of change*



Fuente: Source: self-made

It is noted that the accumulated population (left curve) grows progressively for the three cases, which is a coherent result with a regular grow (no negative values of the population) but registers successive periods of growth and decrease following the oscillations of the restrictive wave. The amplitude of this periods is also increasing as time progress reaching but the mean value of the population is also above such amplitude. On the other hand, the rate of change of the population or the entry and/or exit of individuals per unit of time shows similar oscillations synchronized with the previous ones, with a positive or negative sign depending on the control wave sign (right curve). However, the maximums of $c(t)$ and $\frac{dc(t)}{dt}$ are displaced since the total population maintains growth throughout the positive period of the wave.

4. CONCLUSIONS

It is shown that the design of network models for the computational simulation of fundamental science problems governed by first-order or second-order differential equations (all of them of first grade) is a very useful tool for the study of dynamic processes that emerge within STEM´s material and disciplines. Such a design follows simple rules of circuit theory that is within the reach of the knowledge taught in high school.

With the help of computer programs as advanced tools students at this level can address this type of problem in depth in a simple and intuitive way. The graphic expressions of the results of the problems allow better reasoning and interpretation of these results of the problems, favoring

the better consolidation of the theoretical concepts of STEM, in addition, subjects and promoting the computational and critical thinking of the students.

The ease of modifying the parameters favors self-learning and the study of the influence of the different coefficients that affect the temporal dynamics of these systems. The applications presented illustrate this objective, easily extensible to more complex (or simple) problems, allowing the difficulty of the proposed problems to be modified.

The two applications studied in this work amply illustrate that its objectives, learning to solve (simulating through models) differential equations that govern problems specific to STEM disciplines and the first degrees of higher education, have been achieved. The role played by the different parameters within the equations, both separately and as a whole, is not at all intuitive and it is not possible to determine it except through a large number of simulations that with this methodology it is possible to achieve in a simple way with the knowledge already acquired in STEM disciplines.

5. REFERENCES

Alhama, Iván, and F. del Cerro Velázquez (2013). *Prácticas de transmisión de calor con el programa PROCCA_09*. Universidad Politécnica de Cartagena, Servicio de Documentación (2013).

Cabero Almenara, J. (2007). *Las necesidades de las TIC en el ámbito educativo: oportunidades, riesgos y necesidades*. Tecnología y comunicación educativas, 21(45), 4-19.

Decreto: 221/2015, por el que se establece el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. *Boletín Oficial de la Región de Murcia, núm. 203*, 03 de septiembre de 2015, pp. 31594-32545.

Del Cerro Velázquez, F. (2009). *Desarrollo de un programa de conducción de calor, usando analogía eléctrica mediante el lenguaje C# y el módulo de cálculo PSpice: aplicaciones lineales y no lineales en diferentes geometrías* [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia.

Del Cerro, F., Morales, G. (2017). *Realidad Aumentada como herramienta de mejora de la inteligencia espacial en estudiantes de educación secundaria.* RED. En Revista de Educación a Distancia. Núm. 54. Artic. 5. 30-06-2017

Del Cerro Velázquez, F., & López, F. A. (2011). *Las NT en como herramienta de mejora del proceso enseñanza-aprendizaje en estudios avanzados: PROCCA-09 y su influencia en la mejora del aprendizaje de la asignatura diseño avanzado de equipos de transferencia de calor del máster de ingeniería química*. In Univest 2011: III Congreso Internacional" La autogestión del aprendizaje" (p. 159).

Del Cerro Velázquez F, Morales Méndez G. *Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students*. *Mathematics. 2021; 9(4):369.*

Horno Montijano, J. (2002). *Network simulation method*. Research Signpost.

Jiménez-Valera, J. A., García-Ros, G., & Alhama, I. (2021). *Numerical Simulation of Heat Transport Problems in Porous Media Coupled with Water Flow Using the Network Method*. Energies, 14(18), 5755.

Marín, F., Alhama, F., Meroño, P. A., & Moreno, J. A. (2016). *Modelling of stick–slip behavior in a Girling brake using network simulation method.* Nonlinear Dynamics, 84, 153-162.

Matlab. Version 8.5.1. (2015). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.

Morales, J. L., Moreno, J. A., & Alhama, F. (2012). *Application of the network method to simulate elastostatic problems defined by potential functions. Applications to axisymmetrical hollow bodies*. International Journal of Computer Mathematics, 89(13-14), 1781-1793.

Ngspice. (2016). Open Source Mixed Mode, Mixed Level Circuit Simulator (based on Bekeley's Spice3f5). http://ngspice.sourceforge.net/

Sánchez, J. F., Alhama, F., & Moreno, J. A. (2012). *An efficient and reliable model based on network method to simulate CO2 corrosion with protective iron carbonate films*. Computers & chemical engineering, 39, 57-64. doi:

EL PAPEL DE LOS HERBARIOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: USOS Y POTENCIAL DIDÁCTICO

FÁTIMA AGUILERA PADILLA
Universidad de Jaén

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto del Patrimonio Cultural de España (2023) tiene entre sus competencias la investigación, conservación y restauración de los bienes que conforman el patrimonio cultural. Esta tarea es abordada desde una perspectiva multidisciplinar en la que diferentes expertos/as como arqueólogos/as, historiadores/as del arte, etnógrafos/as, biólogos/as, geólogos/as, químicos/as, físicos/as, documentalistas, bibliotecarios/as, informáticos/as, archiveros/as y conservadores/as, entre otros, aúnan esfuerzos para curar y conservar el patrimonio.

De acuerdo con Ruiz y Galán (2013), el patrimonio histórico-científico custodiado en museos, escuelas, institutos y universidades puede ser clasificado en las siguientes categorías:

> A. Los archivos históricos y bibliotecas (colecciones bibliográficas, volúmenes, enciclopedias, láminas, dibujos, etc.).
>
> B. Patrimonio histórico educativo-pedagógico (colección pedagógica generada a través de la propia Historia de la Enseñanza).
>
> C. Patrimonio Institucional escolar (arquitectura, edificios históricos y la colección que albergan, patrimonio inmueble como secretaría, sala de profesores, enfermería, capilla, etc.).
>
> D. Patrimonio científico, técnico y didáctico (materiales para la enseñanza varios como colecciones científicas de

laboratorio, maquetas o modelos didácticos desmontables, preparaciones microscópicas en cajas didácticas, etc.).

Si nos centramos en el patrimonio científico en general y en las colecciones científicas en particular, nos encontramos ante una fuente de conocimiento y de información sobre la ciencia en diferentes áreas que recoge saberes almacenados a lo largo del tiempo y del espacio geográfico. De entre sus principales usos destacan la investigación, la docencia y la divulgación del conocimiento científico. Son muchos los centros educativos que disponen de colecciones científicas que, en algunos casos, son utilizadas como recurso en la enseñanza de las ciencias de la naturaleza (Delgadillo y Góngora, 2009). Sin embargo, muchas de estas colecciones son infravaloradas o pasan desapercibidas como recurso por diversos motivos, como pueden ser el desconocimiento por parte de los y las docentes, la escasez de herramientas y recursos didácticos, la falta de organización o, en algunas ocasiones, la falta de interés del profesorado, obviando su gran potencial en la alfabetización científica.

En palabras de Simmons y Muñoz (2005), "una colección ordenada tiene un poder educativo muy marcado, las colecciones dan sustancia a los nombres y a las ideas que de otra forma serían tan solo nombres abstractos sin demasiado sentido". Este es motivo suficiente para preservar el buen estado de las colecciones científicas y velar por su crecimiento y conservación. Asimismo, en este artículo se aboga por fomentar su uso como recurso didáctico en diferentes niveles educativos.

Las colecciones biológicas pueden ser consideradas como micro-museos que albergan información científica de gran valor para la investigación, la divulgación y la comunidad educativa. Entre ellas, podemos encontrar los herbarios, colecciones de flora vascular de gran riqueza científica, cultural e histórica. Desde el punto de vista de la investigación, estas colecciones poseen utilidad en estudios sobre la conservación de ecosistemas, biodiversidad y efectos del cambio climático sobre la distribución y abundancia de especies. Desde el ámbito educativo, las colecciones biológicas poseen un enorme potencial didáctico, sirviendo de apoyo en la práctica docente como elemento facilitador de aprendizajes. En este trabajo se presenta el Herbario JAEN y sus

posibilidades como recurso didáctico partiendo de la literatura hasta llegar a un estudio de caso realizado con profesorado de ciencias en activo. También se presentan sus potencialidades para contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como son el ODS 4, Educación de calidad y ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

1.1. LAS COLECCIONES BIOLÓGICAS

Las colecciones biológicas como las botánicas, las entomológicas o las paleontológicas engloban a una gran variedad de especímenes que deben de estar correctamente identificados y clasificados con el fin de representar y documentar objetivamente la abundancia y la diversidad de especies presentes en una determinada escala territorial (local, regional, etc.) y/o temporal (Figura 1).

FIGURA 1. *Colección de semillas del Departamento de Didáctica de las Ciencias (Universidad de Jaén).*



Fuente: Elaboración propia

Estas colecciones deben de ser revisadas con cierta periodicidad, correctamente conservadas, restauradas y, en la medida de lo posible, ampliadas. De acuerdo con Ruiz y Galán (2013), es necesario diseñar una

estrategia de conservación preventiva de las colecciones con el objetivo de construir un protocolo de manipulación y gestión del material englobado en las mismas. En línea con la conservación del patrimonio se fundó en 2010 el Instituto de Ciencias del Patrimonio, centro de investigación español dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que se dedica al estudio del patrimonio cultural como problema científico, abarcando su origen y desarrollo, su significado, sus problemas de gestión, conservación y protección, su uso social y público, y sus funciones y potencialidades para el desarrollo económico, social y cultural.

La información contenida en una colección biológica aborda diferentes dimensiones, como la científica, la histórica y la cultural, otorgando valor y utilidad para investigaciones relacionadas con la historia de la ciencia, la conservación de hábitats y ecosistemas, estudios sobre evolución y biodiversidad, la identificación y clasificación de nuevas especies o estudios de cambio climático y reconstrucción de paleoambientes. Por otra parte, estas colecciones tienen un gran valor pedagógico y didáctico, sirviendo de apoyo en la práctica docente al facilitar y potenciar la conexión de los saberes y la construcción del nuevo conocimiento.

Mención especial merecen las colecciones científicas virtuales. La digitalización del patrimonio científico, en especial las colecciones biológicas, está teniendo un efecto globalizador del conocimiento. La creación de galerías fotográficas virtuales y la informatización y libre accesibilidad de los datos supone el rápido acceso a la información de las colecciones científicas con fines de investigación, divulgación y educación. Un ejemplo de ello es el Herbario JAEN (Figura 2), el cual está difundiendo su contenido a la comunidad científica y educativa mediante la reciente creación de un espacio web que permite tener libre acceso a información de interés como son los pliegos de herbario almacenados, catalogados y ahora en parte digitalizados y subidos a la red.

FIGURA 2. *Colección de pliegos del Herbario JAEN (Universidad de Jaén).*



Fuente: Blog del Herbario JAEN https://blogs.ujaen.es/herbario/

De acuerdo con Powers et al. (2014), la digitalización del material y el uso de plataformas virtuales están revolucionando el uso de las colecciones de historia natural en el ámbito educativo. Los museos de historia natural, así como las colecciones que albergan, ofrecen un contexto incomparable para el aprendizaje basado en la investigación. Además, estos contextos invitan a integrar en los aprendizajes el uso de diferentes tipologías de bases de datos virtuales que pueden facilitar la transmisión e integración significativa del nuevo conocimiento científico en el alumnado (Cook et al. 2014; Doadrio et al. 2019).

1.2. USOS DOCENTES DE LAS COLECCIONES BIOLÓGICAS

Las colecciones científicas, en particular las biológicas, ofrecen oportunidades físicas y virtuales únicas para el aprendizaje progresivo en los ámbitos formal e informal (Monfils et al. 2017). La digitalización del patrimonio científico, histórico y cultural tiene doble finalidad. Por una parte, permite crear una base de datos de imágenes fácilmente almacenables y que pueden ser transferidas a cualquier parte del mundo con fines de investigación, sin necesidad de realizar intercambios de colecciones y/o ejemplares en formato físico, que pueden deteriorarse o perderse durante los traslados y ralentizar la investigación. Por otra parte, la creación de colecciones científicas virtuales hace accesible el conocimiento a la

ciudadanía, contribuyendo a su educación científica. De este modo, cualquier persona con conexión a internet, por remoto que sea el lugar, puede tener acceso a las colecciones científicas virtuales con fines científicos, académicos o simplemente por interés personal u ocio.

La continua búsqueda y creación de recursos didácticos por parte de los y las docentes para generar impacto en el alumnado y favorecer el desarrollo de aprendizajes experienciales ha favorecido el rescate y/o adquisición de colecciones científicas por parte de muchos centros educativos. Desde la etapa de educación infantil hasta la universitaria son numerosas las materias curriculares que deben de ser abordadas, siendo estas colecciones una gran herramienta para transmitir saberes en ciencia y en patrimonio natural y cultural. El contacto directo con las colecciones supone un aliciente motivador en sí mismo.

Los materiales utilizados como herramientas o recursos educativos pretenden desencadenar aprendizajes de manera intencionada. Estos materiales cumplirán su función cuando se articulen dentro de un proceso pedagógico en el que el/la docente juega un papel de guía fundamental, puesto que es la persona que selecciona los objetivos y contenidos (saberes) curriculares, los recursos a utilizar, la estrategia metodológica, la organización de la secuencia didáctica y la evaluación. En este sentido y de acuerdo con un estudio previo llevado a cabo por Custodio et al. (2018), las colecciones científicas, en particular las biológicas, son utilizadas con diferentes finalidades académicas (Tabla 1).

TABLA 1. *Usos docentes de las colecciones científicas (Adaptado de Custodio et al. 2018)*

USOS DE LAS COLECCIONES CIENTÍFICAS EN EL ÁMBITO EDUCATIVO
1. Explicación del docente o la docente durante el desarrollo de un tema. Clase magistral o prácticas.
2. Como material de apoyo en una actividad inicial. Elemento facilitador del proceso enseñanza-aprendizaje.
3. Actividad de investigación/Actividad de consolidación del conocimiento.
4. Evaluación. Colecciones científicas físicas o virtuales.
5. Actividades de refuerzo. Ampliación de la sección “Para saber más”.
6. Uso recreativo/Ocio/Interés personal.

Fuente: Elaboración propia

2. OBJETIVOS

- Fomentar el uso de las colecciones biológicas físicas y virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.
- Dar a conocer el espacio virtual del Herbario JAEN para potenciar su uso como recurso didáctico.
- Conocer los principales usos que se dan a las colecciones biológicas por parte del profesorado en activo.
- Revisar la literatura para recopilar los principales usos y etapas educativas en los que se utiliza este tipo de colecciones como recurso en la enseñanza de las ciencias.

3. METODOLOGÍA

El Herbario JAEN, fundado en 1973, se localiza en la Universidad de Jaén (España) y alberga una colección biológica de interés científico e histórico. Actualmente se está trabajando en su catalogación y digitalización, estimándose la custodia de entre 35.000 y 40.000 registros. La mayoría de los pliegos que alberga han sido colectados en la provincia de Jaén y otras provincias próximas como Granada. También destacan pliegos de países de Europa y África, lo que pone de relieve la diversidad de especies y representación geográfica custodiada en el herbario. Pero también posee valor histórico, puesto que en su colección recoge ejemplares del siglo XIX colectados por botánicos ilustres como Josep Cuatrecasas y Pius Font i Quer. Este herbario cuenta con su propio espacio virtual, el cual permite difundir a la comunidad científica y a la sociedad en general un patrimonio científico, cultural e histórico de gran valor https://blogs.ujaen.es/herbario/

Para poder tener una visión general de los principales usos que se dan a las colecciones biológicas por parte del profesorado, se creó un cuestionario mediante el cual se recopilaron las respuestas de un grupo de 16 docentes, 9 de género femenino y 7 de género masculino, el 62,5% de educación secundaria y bachillerato y el resto profesorado universitario actualmente en activo y que imparten docencia en asignaturas

relacionadas con las ciencias de la naturaleza. Este cuestionario recoge preguntas abiertas sobre el tipo de colecciones científicas que utilizan en sus clases y la frecuencia de uso (número de veces por curso académico) y preguntas cerradas sobre el uso que los y las docentes han dado a las colecciones científicas durante su etapa profesional, preguntas adaptadas tomando como base los criterios propuestos por Custodio et al. (2018). Estas últimas respuestas se presentan expresadas en porcentaje.

También se presenta un breve resumen de una revisión de la literatura sobre el papel de los herbarios en la enseñanza, destacando las principales etapas educativas en las que se utilizan estas colecciones científicas como recurso docente.

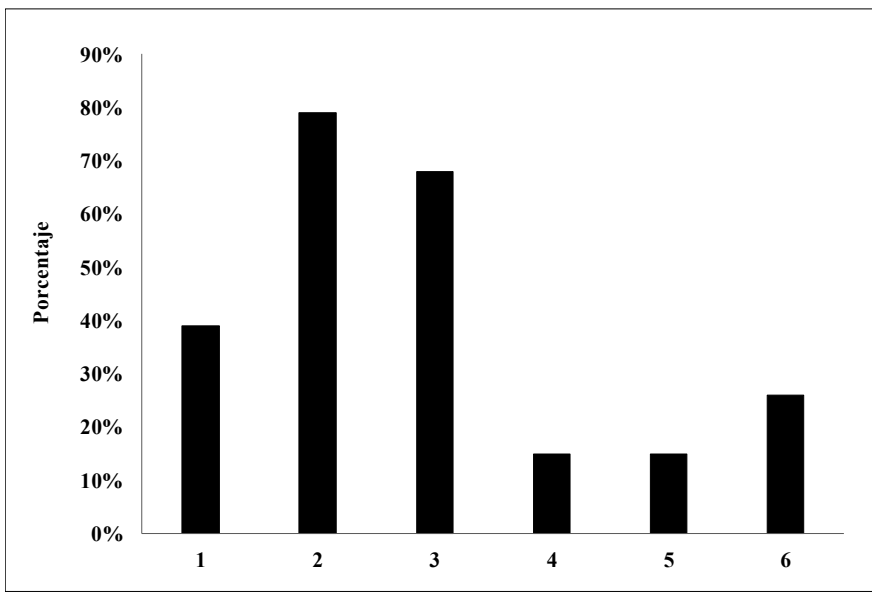
4. RESULTADOS

El cuestionario utilizado para conocer los principales usos que el profesorado en activo proporciona a las colecciones científicas durante su labor docente recoge preguntas abiertas sobre el tipo de colecciones científicas que utilizan en sus clases de teoría y prácticas y la frecuencia de uso (número de veces por curso académico). Asimismo, el cuestionario engloba también preguntas cerradas sobre el uso que los y las docentes han dado a las colecciones científicas durante su etapa profesional, preguntas adaptadas tomando como base los criterios propuestos por Custodio et al. (2018). Estas últimas respuestas se presentan expresadas en porcentaje.

Las principales colecciones biológicas que utiliza el profesorado que configura la muestra de estudio son las cajas entomológicas, las colecciones de pliegos de herbario, las colecciones de frutos y semillas y las cajas didácticas con cortes histológicos. También destacan colecciones de material de origen no biológico como las de rocas y minerales. Respecto a la frecuencia de uso de estas colecciones, el profesorado de secundaria y bachillerato indica un uso medio de una vez por curso académico, mientras que, en el ámbito universitario, se utilizan de media dos veces por curso. El 79% del profesorado en activo indica que utiliza las colecciones biológicas como material de apoyo en una actividad inicial y como recurso facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje

(Gráfico 1). Otros usos que destacan de entre las opciones disponibles son el uso de las colecciones en alguna actividad de investigación y/o de consolidación del conocimiento (68%) y como material de apoyo durante la clase, especialmente en prácticas y en menor medida las lecciones magistrales (39%), principalmente en el ámbito universitario. Los usos que presentaron menor porcentaje fueron el uso de colecciones biológicas, físicas o virtuales, en el proceso de evaluación (15%) y en actividades de refuerzo y ampliación (15%). Algunos/as docentes indicaron otros usos, principalmente como elemento motivador para el alumnado e indagación de ideas previas. Un 26% indicó utilizar las colecciones científicas con una finalidad recreativa/ocio o interés personal.

GRÁFICO 1. *Utilización de las colecciones científicas por parte del profesorado en activo*

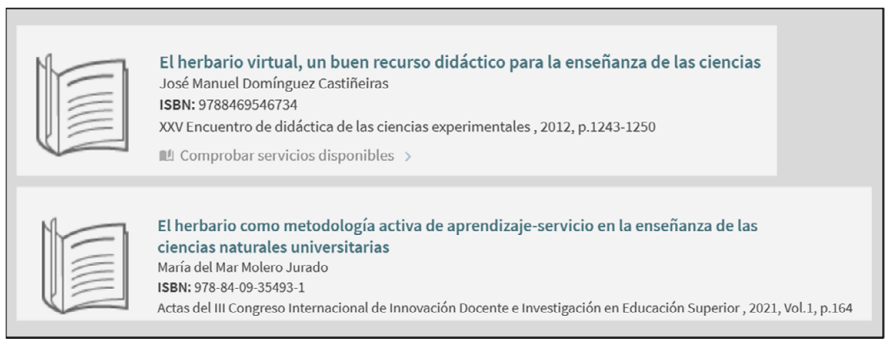


Fuente: Elaboración propia

Cuando se revisa la literatura centrada en el uso de los herbarios como recurso de enseñanza, se puede interpretar que la mayoría de estos estudios son realmente revisiones sistemáticas, pero pocos son los estudios de caso o que muestren los resultados de alguna implementación didáctica específica en torno al uso de los herbarios en particular y las

colecciones biológicas en general. Se pueden destacar algunos trabajos como el presentado por Domínguez en 2012, *El herbario virtual, un buen recurso didáctico para la enseñanza de las ciencias* (Figura 3), el publicado por Custodio et al. en 2018, *Percepción de las colecciones biológicas en estudiantes de profesorado de Ciencias Biológicas*, en el que se presentan los resultados sobre las percepciones acerca de las colecciones biológicas naturales y virtuales de estudiantes de profesorados de nivel Terciario y Universitario en Biología, Física y Química, o el presentado más recientemente por Alfaro en 2021, *El herbario como metodología activa de aprendizaje-servicio en la enseñanza de las ciencias naturales universitarias*. La etapa educativa en la que mayor uso se hace de estas colecciones es en la universidad, principalmente en clases prácticas de asignaturas relacionadas con grados de ciencias, como Biología o Ciencias Ambientales, seguida de la etapa de educación secundaria. Sin embargo, no se han encontrado referencias explícitas sobre el uso de los herbarios en la enseñanza de las ciencias de la naturaleza durante las etapas de educación primaria y educación infantil.

FIGURA 3. *Ejemplos de publicaciones sobre el uso de los herbarios como recurso en la enseñanza de las ciencias*



Fuente: Elaboración propia

Este trabajo no solo pretende dar a conocer el estado actual del uso de los herbarios y las colecciones científicas con fines docentes en la enseñanza de las ciencias de la naturaleza en diferentes grados educativos, sino que propone algunos ejes estratégicos para fomentar el uso de estas colecciones en el ámbito educativo, dado su gran potencial para trabajar

saberes como el concepto de biodiversidad de especies y biodiversidad genética, la clasificación de las plantas, taxonomía, usos etnobotánicos, fomentar el conocimiento y la conservación de flora amenazada, conocer los servicios ecosistémicos y un largo etc., vinculados estrechamente con el ODS 15, Vida de ecosistemas terrestres.

Estos ejes estratégicos o líneas temáticas son:

1. La realización de cursos específicos de formación del profesorado sobre la creación, cura, manejo y ampliación de colecciones científicas.
2. Diseñar e implementar acciones formativas en el ámbito formal y no formal, en todas las etapas educativas desde infantil hasta la etapa de posgrado, en el que las colecciones biológicas tengan un papel protagonista y sean utilizadas eficientemente como recurso en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la naturaleza.
3. Implantar la Educación para la Sostenibilidad en los planes de estudio, ofertando asignaturas relacionadas con la Educación Ambiental y la Sostenibilidad en todas las etapas educativas. Especial mención merecen los grados y postgrados universitarios relacionados con la educación, con una escasa representación de asignaturas específicas en esta temática.
4. Embarcar a la sociedad en actividades participativas relacionadas con los ODS y las competencias en sostenibilidad, como por ejemplo la promoción de la naturaleza, el pensamiento sistémico, la acción individual y la acción colectiva.

5. DISCUSIÓN

La integración de las colecciones científicas y tecnológicas como recurso en la enseñanza de las ciencias tiene un gran potencial para estimular la curiosidad y la motivación del alumnado. Constituyen en definitiva un elemento facilitador de aprendizajes. Mediante el uso de las colecciones científicas en general y de las colecciones biológicas en particular se pretende motivar al alumnado y dar respuesta a necesidades educativas que muchas veces pasan desapercibidas. El alumnado

tendrá la oportunidad de observar y manipular los elementos que integran la colección para dar forma a conceptos que en ocasiones son abstractos y difíciles de visualizar y comprender. Además, ofrecen la oportunidad de entrar en contacto con especímenes de otras regiones del mundo, sin necesidad de salir del aula.

Los ejemplares que conforman las colecciones físicas, con los que se pueden interactuar, o virtuales, que permiten un mayor y rápido acceso a la información, suponen un elemento motivador en sí mismo. Mediante el empleo de estas colecciones se pueden ilustrar la historia de la ciencia, los procesos científicos, la clasificación de seres vivos, el proceso de la evolución en el tiempo y en el espacio geográfico, el concepto de biodiversidad en todas sus dimensiones. Esto permite formar a personas sensibilizadas que valoren la riqueza y gran variedad de seres vivos y el papel de estos en los ecosistemas, vinculando la experiencia educativa con los ODS. Por otra parte, permite al alumnado aproximarse a la profesión de científico/a y desarrollar habilidades propias de este ámbito, mientras que al docente le facilita implementar metodologías punteras en la enseñanza de las ciencias como el aprendizaje basado en la indagación o el aprendizaje basado en problemas, entre otras.

Los herbarios son colecciones de flora vascular de gran riqueza científica, cultural e histórica que pueden representar la flora de un territorio geográfico concreto o de varias regiones. Estas colecciones tienen numerosas aplicaciones en investigación, divulgación y educación, aunque siguen siendo grandes desconocidas. El Herbario JAEN ha comenzado a hacer pública su información en Nodo Nacional de Información en Biodiversidad (www.gbif.es) a partir del año 2022, por lo que aún queda mucho trabajo por hacer hasta que toda la información disponible esté actualizada, digitalizada y subida en este espacio. Sin embargo, ya ofrece a los usuarios suficiente información como para poder comenzar a implementar experiencias educativas contextualizadas en el herbario.

De acuerdo con un estudio previo (Aguilera y Ruiz, 2023), diversas experiencias educativas en las que los aprendizajes giraban en torno a la utilización de una o varias colecciones científicas han mostrado el incremento del interés y la participación activa y participativa del alumnado, con resultados altamente satisfactorios. Aunque el profesorado en

activo utiliza al menos una colección científica en sus clases, se debería apostar por un mayor y diverso uso de estas colecciones.

En relación a un estudio presentado por Custodio et al. (2018), el alumnado afirma haber utilizado colecciones biológicas en la asignatura de Biología en educación secundaria y en las asignaturas de Biología General, Biología de Invertebrados, Botánica e Histología, Anatomía, Geología y Paleontología en la etapa de estudios universitarios. La mayoría de estas colecciones son propias de los departamentos de la institución educativa, aunque también destacan las colecciones presentes en museos de ciencias o exposiciones. Menos frecuentes son los casos en los que se utilizan colecciones propias del docente. Lamentablemente, el uso de las colecciones biológicas en las etapas de educación infantil y primaria es escasa o nula. De acuerdo con Simmons y Muñoz (2005), "una colección ordenada tiene un poder educativo muy marcado, las colecciones dan sustancia a los nombres y a las ideas que de otra forma serían tan solo nombres abstractos sin demasiado sentido". Esta afirmación es especialmente relevante en las etapas de formación más tempranas, puesto que es a esas edades cuando se está produciendo el desarrollo cognitivo del alumnado y empiezan a concebir conceptos abstractos y a desarrollar emociones positivas (o no) hacia la ciencia.

La virtualización de las colecciones científicas ha facilitado las labores de investigación, permitiendo que cualquier persona pueda acceder a esta información de forma rápida y cómoda sin tener que desplazarse a una institución, museo, etc. y sin necesidad de solicitar ejemplares de intercambio, lo que asegura la custodia y cura del material. Esta digitalización del patrimonio científico puede convertirse en un recurso con un gran potencial didáctico que permita el acceso en línea para el alumnado de diversas asignaturas y etapas educativas. Es decir, las colecciones científicas virtuales son magníficas aliadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Son numerosos los usos que pueden atribuirse a estas colecciones, como la exploración de ideas previas en el alumnado, ser un elemento motivador del aprendizaje, servir de apoyo en las clases magistrales y prácticas, ser material de ampliación y/o consolidación del conocimiento, etc. Además, el fácil acceso a las colecciones virtuales permite que cada estudiante pueda seguir su propio ritmo de

aprendizaje y recuperar la información (estudiar, repasar, buscar información, etc.) siempre que lo necesite.

Este estudio da a conocer el Herbario JAEN para que pueda ser utilizado como recurso didáctico además de presentar el estado actual del uso de los herbarios y las colecciones científicas con fines docentes en la enseñanza de las ciencias de la naturaleza en diferentes grados educativos. También se proponen algunos ejes estratégicos para fomentar el uso de estas colecciones en el ámbito educativo, dado su gran potencial para trabajar saberes científicos y desarrollar las competencias en sostenibilidad, factores íntimamente vinculados con algunos de los ODS, como el ODS 4, Educación de calidad, y el ODS 15, Vida de ecosistemas terrestres.

Estos ejes estratégicos se resumen en la realización de cursos específicos de formación del profesorado sobre la creación, cura, manejo y ampliación de colecciones científicas, el diseño e implementación de acciones formativas en el ámbito formal y no formal en el que las colecciones biológicas tengan un papel protagonista y sean utilizadas eficientemente como recurso en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la naturaleza, la implantación de la Educación para la Sostenibilidad en los planes de estudio de todas las etapas educativas, especialmente en todos los grados y posgrados, donde esta asignatura está prácticamente ausente y por último, pero no menos necesario, embarcar a la sociedad en actividades participativas relacionadas con los ODS y las competencias en sostenibilidad.

En conclusión, las colecciones científicas, muchas veces infravaloradas por falta de conocimiento o interés, suponen una herramienta facilitadora en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias de una forma mucho más participativa, motivadora y próxima a la realidad.

6. CONCLUSIONES

Diversos estudios han demostrado el potencial de las colecciones científicas como elemento facilitador de aprendizajes. Estas colecciones son frecuentemente infravaloradas o mal conservadas por desconocimiento, escasez de recursos o falta de tiempo. En este trabajo se han

dado a conocer los potenciales usos educativos que puede tener el Herbario JAEN, que ha empezado a poner su patrimonio digitalizado a disposición de la sociedad. Desde aquí se anima a la comunidad educativa a dar uso a las colecciones científicas que posean en sus centros, ampliarlas o incluso crear colecciones nuevas, así como diseñar actividades relacionadas con los ODS y contextualizadas en herbarios físicos o virtuales.

7. AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a las personas participantes en el Proyecto de Investigación "El Herbario de la Universidad de Jaén: un patrimonio botánico e histórico aplicable a la investigación biológica", concedido por el Instituto de Estudios Giennenses en su convocatoria de 2021, del cual soy miembro del equipo investigador y derivan la creación del blog del Herbario JAEN y los primeros pasos de este trabajo.

8. REFERENCIAS

Aguilera, F. y Ruiz, L. (2023). Las colecciones científicas en investigación y educación: ¿conoce y utiliza el profesorado este recurso en la enseñanza de las ciencias?. XVI Congreso Internacional de Educación e Innovación. Fa-cultad de Educación de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY, Méxi-co, el Departamento de Didáctica y Organización Escolar de la Universidad de Granada (UGR, España) y EDU4ALL. 28-30 de junio de 2023.

Alfaro, E. (2021). El herbario como metodología activa de aprendizaje-servicio en la enseñanza de las ciencias naturales universitarias. Actas del III Congreso Internacional de Innovación e Investigación en Educación Superior: cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las áreas del conocimiento, 1, 164. 15-20 de noviembre de 2021. Asociación Universitaria de Educación y Psicología.

Cook, J. A., Edwards, S. V., Lacey, E. A., Guralnick, R. P., Soltis, P. S., Soltis, D. E., Welch, C. K., Bell, K. C., Galbreath, K. E., Himes, C., Allen, J.M., Heath, T.A., Carnaval, A. C., Cooper, K.L, Liu, M., Hanken, J. y Ickert-Bond, S. (2014). Natural history collections as emerging resources for innovative education. BioScience, 64(8), 725-734.

Custodio, H., Dietrich, D., Amoia, A., Vilches, A., de Freitas Novais, L. y Darrigra, G. (2018). Percepción de las Colecciones Biológicas en estudiantes de Profesorado de Ciencias Biológicas. Revista de Educación en Biología, Número Extraordinario (2018), 172-178.

Delgadillo, I. y Góngora, F. (2009). Colecciones Biológicas: Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Biología. Bio-grafía, 2(3), 131-140.

Doadrio, I., Araujo, R. y Sánchez-Almazán, J. I. (2019). Las colecciones científicas del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC): una síntesis. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (558 pp.).

Domínguez, J.M. (2012). El herbario virtual, un buen recurso didáctico para la enseñanza de las ciencias. XXV Encuentro de didáctica de las Ciencias Experimentales. pp 1243-1250.

Instituto del Patrimonio Cultural de España. (2023). Recuperado de: https://ipce.culturaydeporte.gob.es/presentacion.html.

Monfils, A. K., Powers, K. E., Marshall, C.J., Martine, C. T., Smith, J. F. y Prather, L. A. (2017). Natural history collections: teaching about biodiversity across time, space, and digital platforms. Southeastern Naturalist, 16(10), 47-57.

Powers, K. E., Prather, L. A., Cook, J. A., Woolley, J., Bart, Jr, H. L., Monfils, A. K. y Sierwald, P. (2014). Revolutionizing the use of Natural History Collections in Education. Science Education Review, 13(2), 24-33.

DIAGNÓSTICO DEL PERFIL DE LAS COMPETENCIAS INFORMACIONALES DEL DOCENTE UNIVERSITARIO EN MÉXICO: PERCEPCIÓN DEL ESTUDIANTE

CARLOS RENÉ CONTRERAS CÁZAREZ
Universidad de Sonora

MANUEL DE JESÚS ACEDO VALLEJO
Universidad de Sonora

1. INTRODUCCIÓN

La Competencia Informacional como parte de la Alfabetización Informacional se erige como una herramienta necesaria en toda actividad humana; sin embargo, en la educación, se fundamenta como una exigencia para realizar actividades de índole académica que conlleva el desarrollo de habilidades que el ciudadano del siglo XXI requiere para desenvolverse solventemente en el mundo actual (Negre et al., 2018; Consejo de la Unión Europea, 2018 en Bustamante y García, 2022).

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2018) y la Federación Internacional de Asociaciones Bibliotecarias y Bibliotecas (IFLA, 2015) señalan que ante los vertiginosos cambios en los ámbitos como el social, económico y humanístico, surgen nuevas necesidades que exigen contar con habilidades en el uso de la información proveniente de Internet. Por otra parte, el estudio de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han tenido en los últimos años un crecimiento acelerado no solo en el contexto social (Cabezas et al., 2014), sino también en el educativo (León y Contreras, 2014); así como en competencias digitales del profesorado (Contreras, 2019). Particularmente, en la educación se han evidenciado niveles de alfabetización digital en estudiantes y profesorado de todos los niveles (Villanueva y Canto, 2021; Contreras y Campa, 2022); y en docentes (González, 2021; Torres et al., 2022).

La literatura científica ha mostrado, por una parte, los niveles de alfabetización de los actores involucrados en la educación, pero por otra, enfatiza la importancia de las competencias. El término "competencias", si bien es polisémico, de manera generalizable refiere a la capacidad individual demostrada de posesión del conocimiento, destrezas y características personales que se necesitan para satisfacer las demandas especiales o requerimientos de una situación particular (Obaya et al., 2011 en Contreras, 2023). Por su parte, Albino (2018, 4) menciona que el concepto de competencia refiere a su carácter bidimensional, vale decir tener presente tanto el saber, como lo que se hace con éste, a la luz de un enfoque social. En esta misma perspectiva, Muñoz et al., (2016) describe que el término alude a una integración de conocimientos, actitudes y habilidades que permiten desempeñarse exitosamente en un conjunto de funciones. Entre los aportes científicos más recientes sobre la competencias informacionales como parte de la alfabetización, destacan los estudios de Nieto et al. (2022) y, en un contexto más específico mexicano de educación superior sobre habilidades informacionales (Gutiérrez y Contreras, 2021) y el desarrollo de competencias digitales (León y Contreras, 2021); así como estudios de autopercepción sobre estas competencias (Durodolu, 2018; Zelada Pérez & Valcárcel Izquierdo, 2020)

1.1. ALFABETIZACIÓN Y COMPETENCIAS INFORMACIONALES DEL DOCENTE UNIVERSITARIO.

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2010), la alfabetización (literacy en inglés) es la habilidad para identificar, entender, interpretar, crear y comunicar, usando distintos medios en contextos diversos, que permite a los individuos lograr sus metas en comunidad. Además, la UNESCO no solo contempla esta idea de alfabetización a la información, también plantea alfabetización cultural, mediática y computacional (digital). Bajo esta perspectiva, algunos especialistas, han definido a la Alfabetización y competencias informacionales. Sales (2020) menciona que el concepto de alfabetización alude a la aplicación de las competencias, las cualidades y la confianza necesarias para utilizar la información de

la mejor manera posible e interpretarla de forma juiciosa. En su definición la autora, incluye el pensamiento crítico y la conciencia crítica, así como la comprensión de los aspectos tanto éticos como políticos relacionados con el uso de la información.

Aguaded y Pérez, (2012) definen a las competencias informacionales como las habilidades para buscar, obtener, procesar y comunicar la información para transformarla en conocimiento. Por su parte, el Diario Oficial de la Unión Europea (2018) y la Association of College and Research Libraries (2016) sostienen que dentro de las capacidades necesarias para ser competentes en el manejo de la información el sujeto debe tener la capacidad de buscar, obtener y tratar la información, así como utilizarla de manera crítica y sistemática, evaluando su pertinencia y gestionando adecuadamente la resolución de problemas y la protección de datos.

A continuación se presentan algunas definiciones puntuales de las dimensiones de la competencia informacional.

1.1.1. Definiendo las Dimensiones de la Competencia Informacional.

Para Martínez y Garcés (2020) la dimensión de *Búsqueda de la información* se caracteriza por la habilidad que muestran los estudiantes para la localización de la información en bibliotecas, bases de datos y repositorios digitales; mientras que para Alonso y Saraiva (2020) consiste en la forma en la que los individuos realizan búsquedas y acceden a la información con el objetivo de identificar, localizar y seleccionar la información más relevante. Otra de las dimensiones es la *Gestión de la información,* la cual, según Conde, Cruz y García (2022) implica el conocimiento y manejo de aplicaciones, sistemas de tratamiento de textos académicos, hojas de cálculo, bases de datos y almacenamiento de la información. Por su parte, la dimensión *Evaluación de la información* consiste en analizar las fuentes de forma crítica y seleccionar aquella información que brinde veracidad y sustento. Esto conlleva un procesamiento cognitivo y motivacional donde los estudiantes deben realizar un proceso mental complejo para reunir, comprender, procesar y evaluar la información (De los Santos, 2021). Finalmente, la dimensión de *Comunicación de la información:* alude a participar de forma apropiada

en espacios virtuales, al igual que al empleo de herramientas que Internet ofrece para difundir y comunicar la información y contribuir en colectivos o redes tanto académicas como extraescolares (López y Sevillano, 2020).

En este sentido, la alfabetización informacional se refiere a la información en todas sus formas y se relaciona con otras alfabetizaciones, que incluyen específicamente la alfabetización digital (digital literacy), la alfabetización académica (academic literacy) y la alfabetización mediática (media literacy). Por lo anterior, el presente estudio tiene como finalidad los siguientes objetivos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Analizar el perfil de las competencias informacionales del profesorado universitario desde la percepción del estudiantado.

2.2. Objetivos específicos

- Reconocer el nivel de competencia informacional del profesorado como parte de la alfabetización informacional en su quehacer docente.

3. METODOLOGÍA

El presente estudio se abordó desde un enfoque cuantitativo con propiedades descriptivas. Para Maldonado (2018) en Contreras (2023) este tipo de enfoque se sustenta en la valoración numérica, cálculo de información y el empleo de estadística para determinar con precisión características en la conducta de una población o muestra. Por su parte, los estudios de carácter descriptivo permiten especificar propiedades de las variables analizadas (Contreras y Campa, 2022).

El alcance del estudio es no experimental-transversal; y tienen como su principal rasgo la no manipulación de las dimensiones que intervienen en la investigación y las mediciones se recolectan en un solo periodo

de tiempo (Contreras, 2023). La población seleccionada se compone de estudiantes universitarios. Para el ciclo 2021-2 la planta estudiantil de la Institución educativa era 34,276 estudiantes inscritos en Licenciaturas y Posgrado; de los cuales 33,101 son estudiantes de licenciatura y 1,075 estudiantes de posgrado. La muestra final se conformó por 204 estudiantes de un programa educativo (tabla 1). Se optó por un tipo de muestreo no probabilístico incidental. Esta técnica de muestreo, según Cuesta (2009) es un proceso en el que el investigador selecciona directa e intencionalmente a los y las participantes de la población de estudio; mientras que para López y Fachelli (2015), el muestreo por conveniencia permite ubicar fácilmente a los participantes y acceder a ellos.

TABLA 1. *Distribución por sexo y semestre cursado de los y las participantes bajo estudio.*

Población	Frecuencia	Porcentaje
Hombres	128	62.7%
Mujeres	76	37.3%
Total	204	100%
Semestre	Frecuencia	Porcentaje
Primero	66	32.4%
Segundo	37	18.1%
Tercero	6	2.9%
Cuarto	15	7.4%
Quinto	1	0.5%
Sexto	26	12.7
Octavo	52	25.5%
Noveno	1	0.5%
Total	204	100%

Fuente: Elaboración Propia

Con la finalidad de recabar datos sobre el perfil de las competencias del profesorado universitario desde la percepción del estudiante, se empleará la técnica de encuesta. Según Ferrando y Llopis (2016), la encuesta es un recurso que integra diversos procedimientos de investigación homologados, lo que permite recopilar y analizar datos de una muestra que comparte características similares a una población más amplia. Su objetivo es examinar, describir y anticipar ciertos rasgos distintivos a través de un cuestionario estructurado.

Por su parte Martinez (2015) señala que en la investigación educativa, la encuesta es una de las técnicas más utilizadas para obtener información sobre actitudes, creencias, comportamientos, opiniones y características demográficas relevantes; mientras que para Gómez et al. (2020) permite describir la incidencia, frecuencia y distribución de la población estudiada, generando datos cuantitativos para su posterior análisis y tratamiento estadístico.

El instrumento que se utilizó para analizar las competencias informacionales fue de Pinto y Guerrero (2016) y Contreras (2023); consta de 30 ítems. Está integrado p0r cuatro escalas (dimensiones) que evalúan: búsqueda (7 ítems), gestión (6 ítems), evaluación (8 ítems) y comunicación de la información (9 ítems). El proceso para la validación del cuestionario fue realizado en dos fases. En una primera fase se envió el instrumento a expertos de instituciones de educación superior públicas de la región. La segunda fase se realizó una prueba piloto a 67 estudiantes de un centro universitario público de la localidad, logrando un alfa de Cronbach de.96; una medida más que aceptable que ayuda a garantizar la fiabilidad del cuestionario (tabla 2).

***TABLA 2**. Confiabilidad y grado de consistencia interna del instrumento para la competencia informacional.*

	Alfa de Cronbach
Número de ítems 30	0.96

Fuente: elaboración propia

La información recabada tanto en la prueba piloto como en la aplicación final del cuestionario se procesó con el programa IBM SPSS Statistics (versión 25). Se realizaron pruebas de fiabilidad, como parte y el alcance de este estudio se llevaron a cabo medidas de tendencia central (descriptivos). A continuación se presenta el informe de resultados del estudio.

4. RESULTADOS

La dimensión de búsqueda de la CI (tabla 3), en términos generales, manifestó en sus medias un nivel de moderado a relativamente alto

(3.55 a 4.30). El ítem que mostró la media más alta en esta dimensión (4.30) se refiere a la capacidad del docente de reconocer los buscadores de información especializada académica y científica; mientras que la media más baja (3.55) fue la o el docente conoce las estrategias de búsqueda de información.

***TABLA 3**. Búsqueda de la información*

Ítems	N	Mínimo	Máximo	Media	DE
1. El/La profesor(a) es capaz de identificar diferentes buscadores de consulta en internet.	204	1	5	4.19	0.890
2. El/La profesor(a) reconoce buscadores de información especializada académica y científica (Gooogle académico, redalyc, academia, scielo, refseek, y otros).	204	1	5	4.30	0.964
3. El/La profesor(a) conoce las estrategias de búsqueda de información (Ej. descriptores, operadores booleanos: OR, AND, NOT, (), entre otros).	204	1	5	3.55	1.248
4. El/La profesor(a) puede buscar diversa información de manera simultánea con el apoyo de enlaces e hipervínculos.	204	1	5	4.02	0.995
5. El/La profesor(a) puede recuperar información previamente identificada para su posterior consulta y tratamiento de la misma.	204	1	5	4.14	0.856
6.El/La profesor(a) puede filtrar información especializada en diversos buscadores.	204	1	5	4.00	0.942
7. El/La profesor(a) sabe organizar la información con algún criterio específico para su posterior consulta e identificación.	204	1	5	4.16	0.862

Fuente: Elaboración Propia

En relación con gestión de la información (tabla 4), los datos muestran medias bajas en lo que refiere a si el/la docente copia y pega la información de consulta que le es útil para trabajos académicos sin

mencionar al autor (2.99) y también si es capaz de organizar y sistematizar la información que es útil para elaborar tareas y/o trabajos académicos (4.33). Por el contrario, las medias altas fueron en aquellos ítems que aluden a que el/la docente es capaz de reconocer e identificar la normativa de citación y referencias bibliográficas para la elaboración de trabajos académicos (4.52) y si el/la profesor(a) es capaz de redactar trabajos académicos (ensayos, reportes, informes, resúmenes, análisis), reconociendo el crédito y citando a los autores responsables de los materiales consultados (4.49).

TABLA 4. *Gestión de la Información*

Ítems	N	Mínimo	Máximo	Media	DE
8. El/La profesor(a) es capaz de identificar información especializada y materiales de consulta en internet para la elaboración de trabajos académicos (Ej. Revistas especializadas, artículos de revistas, libros digitales y capítulos de libro, tesis, reseña.	204	1	5	4.36	0.804
9. El/La profesor(a) es capaz de redactar trabajos académicos (ensayos, reportes, informes, resúmenes, análisis), reconociendo el crédito y citando a los autores responsables de los materiales consultados.	204	1	5	4.49	0.719
10. El/La profesor(a) reconoce e identifica la normativa de citación y referencias bibliográficas para la elaboración de trabajos académicos.	204	1	5	4.52	0.726
11. El/La profesor(a) es capaz de reconocer y separar la idea del autor principal del texto de la de citas referidas en el material de consulta.	204	1	5	4.41	0.773
12.El/La profesor(a) es capaz de organizar y sistematizar la información que me es útil para elaborar tareas y/o trabajos académicos."	204	1	5	4.33	0.786
13. El/La profesor(a) copia y pega la información de consulta que le es útil para trabajos académicos sin mencionar al autor.	204	1	5	2.99	1.563

La dimensión de evaluación de la información (tabla 5) mostró medias de moderadas a altas en su mayoría (4.13 a 4.48). El ítem que reflejó una media moderada con 4.13 fue “El/La profesor(a) evalúa que la información sea reciente o actualizada”. Por último, los estudiantes bajo estudio

se percibieron al personal académico con la capacidad para "Saber discriminar entre una información confiable y no confiable" (4.48). El/La profesor(a) es capaz de detectar errores ortográficos y gramaticales en la información que consulta en internet (Ej. Signos de puntuación, sintaxis, acentuación, vicios del lenguaje, cohesión y estructura superficial, entre otros). (4.45), estas dos últimas son las medias más altas reportadas.

TABLA 5. *Evaluación de la Información*

Ítems	N	Mínimo	Máximo	Media	DE
14. El/La profesor(a) sabe juzgar la calidad de los materiales que consulto en internet.	204	1	5	4.28	0.793
15. El/La profesor(a) sabe discriminar entre una información confiable y no confiable.	204	1	5	4.48	0.712
16. El/La profesor(a) es capaz de reconocer sitios en internet falsos y de poca credibilidad.	204	1	5	4.39	0.757
17. El/La profesor(a) es capaz de contrastar la información y materiales de consulta en internet para trabajos académicos.	204	1	5	4.37	0.742
18. El/La profesor(a) reconoce la clasificación de diversos materiales de consulta, según su tipología (Ej. Artículos de investigación y divulgación, libros digitales, capítulos de libro, ensayos académicos y científicos, tesis, reseñas).	204	1	5	4.42	0.714
19. El/La profesor(a) es capaz de detectar errores ortográficos y gramaticales en la información que consulta en internet (Ej. Signos de puntuación, sintaxis, acentuación, vicios del lenguaje, cohesión y estructura superficial, entre otros).	204	1	5	4.45	0.703
20. El/La profesor(a) reconoce y detecta cuando la información me es útil para la elaboración de trabajos académicos.	204	1	5	4.42	0.721
21. El/La profesor(a) evalúa que la información que consulta en internet sea reciente o actualizada.	204	1	5	4.13	0.897

Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, el análisis mostrado en la dimensión de comunicación de la información (tabla 6), refleja datos muy similares a la dimensión anterior, al manifestar medias moderadas a altas (3.59 a 4.47). El ítem que arrojó la media más baja (3.59) fue "el/la profesor(a) utiliza las redes

sociales para compartir información confiable"; mientras que el ítem "el/la profesor(a) es capaz de elaborar presentaciones digitales para exposición y difusión de la información (Ej. Power Point, Prezi, Google Slides, SlideShare, Canva, u otros), exhibió la media más alta en esta escala (4.47).

TABLA 6. *Dimensión de la comunicación o difusión de la información*

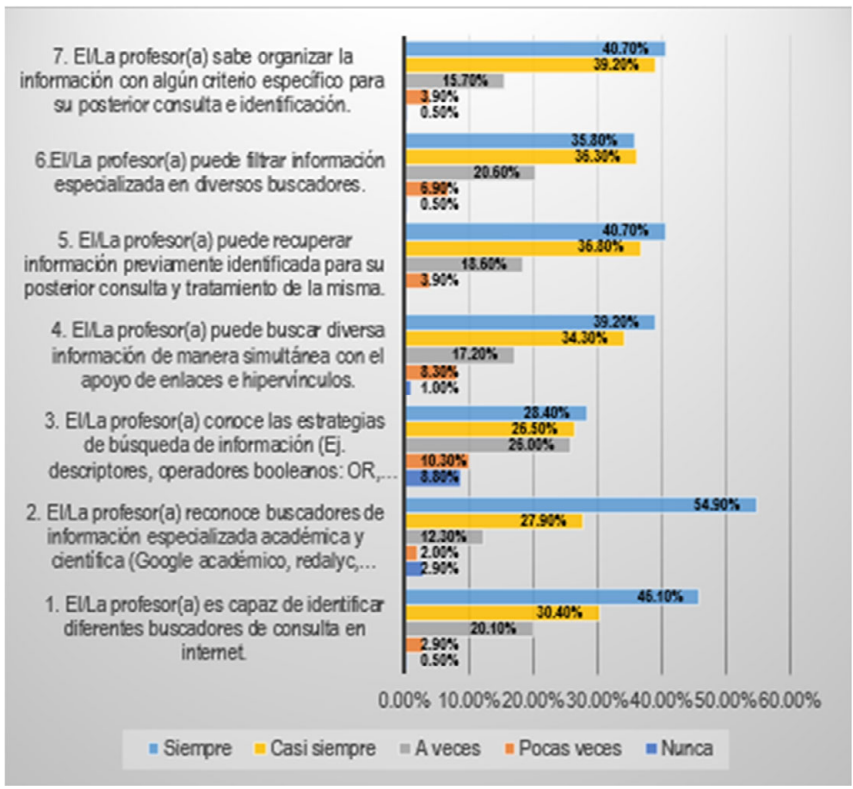
Ítems	N	Mínimo	Máximo	Media	DE
22. El/La profesor(a) es consciente del rastro de datos personales que deja cuando navega en internet.	204	1	5	4.03	0.954
23. El/La profesor(a) es capaz de elaborar presentaciones digitales para exposición y difusión de la información (Ej. Power Point, Prezi, Google Slides, SlideShare, Canva, u otros).	204	1	5	4.47	0.803
24. El/La profesor(a) identifica las diversas plataformas en internet para compartir información especializada.	204	1	5	4.31	0.830
25. El/La profesor(a) comparte información por las diferentes plataformas y redes sociales.	204	1	5	4.03	1.073
26. El/La profesor(a) participa en foros, plataformas y canales de discusión.	204	1	5	3.85	1.077
27. El/La profesor(a) utiliza las redes sociales para compartir información confiable.	204	1	5	3.59	1.349
28. El/La profesor(a) es capaz de crear contenido digital (Ej. imagen, textos, tablas, videos, audios y multimedia).	204	1	5	4.19	0.980
29. El/La profesor(a) es consciente del significado de identidad digital.	204	1	5	4.01	1.031
30. El/La profesor(a) conoce las normas básicas de etiqueta para la comunicación e interacción responsable en ambientes virtuales.	204	1	5	4.25	0.855

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 1, se puede apreciar que la mayoría de los y las estudiantes percibe que el/la docente identifica diversos buscadores de consulta (76.5%) con respuestas como siempre y casi siempre; mientras que otro grupo (82.8%) de participantes opinó que su profesor/a es capaz de identificar buscadores especializados. Sin embargo, en esta misma dimensión, en el indicador 3 es posible observar que poco más de la mitad (54.9%) del estudiantado percibió que su docente conoce de estrategias

de búsqueda de información, tales como descriptores y operadores booleanos (OR, AND, NOT, entre otros). Por su parte, el indicador 4 mostró que el profesorado es capaz de buscar información de manera simultánea con el apoyo de enlace e hipervínculos (73.5%); el indicador 5 evidenció que el docente universitario puede recuperar información previamente identificada (77.5%); mientras que el indicador 6 dio cuenta que el/la profesor(a) puede filtrar información especializada en diversos buscadores (72.1%) y el indicador 7 reveló que el/la docente sabe organizar los materiales especializados para su posterior consulta (79.9%) con respuestas como siempre y casi siempre.

***FIGURA 1**. Búsqueda de información*



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2, se observa en el indicador 8 que la gran mayoría del estudiante universitario encuestado percibe que el/la docente es capaz

de identificar y gestionar información especializada para la elaboración de trabajos académicos (85.8%) con respuestas como siempre y casi siempre. Indicadores como el 9 refleja que el profesorado es capaz de redactar ensayos, reportes, informes, resúmenes, entre otros (89.7%), mientras que el indicador 10 da cuenta que el y la docente reconoce e identifica la normativa de citación y referencias bibliográficas para la realización de trabajos académicos (90.2%); el indicador 11 evidenció que el profesorado, según la percepción del estudiante, logra reconocer y separar la idea del autor principal del texto de las citas referidas en el material de consulta (86.3%).

FIGURA 2. *Gestión de la información*

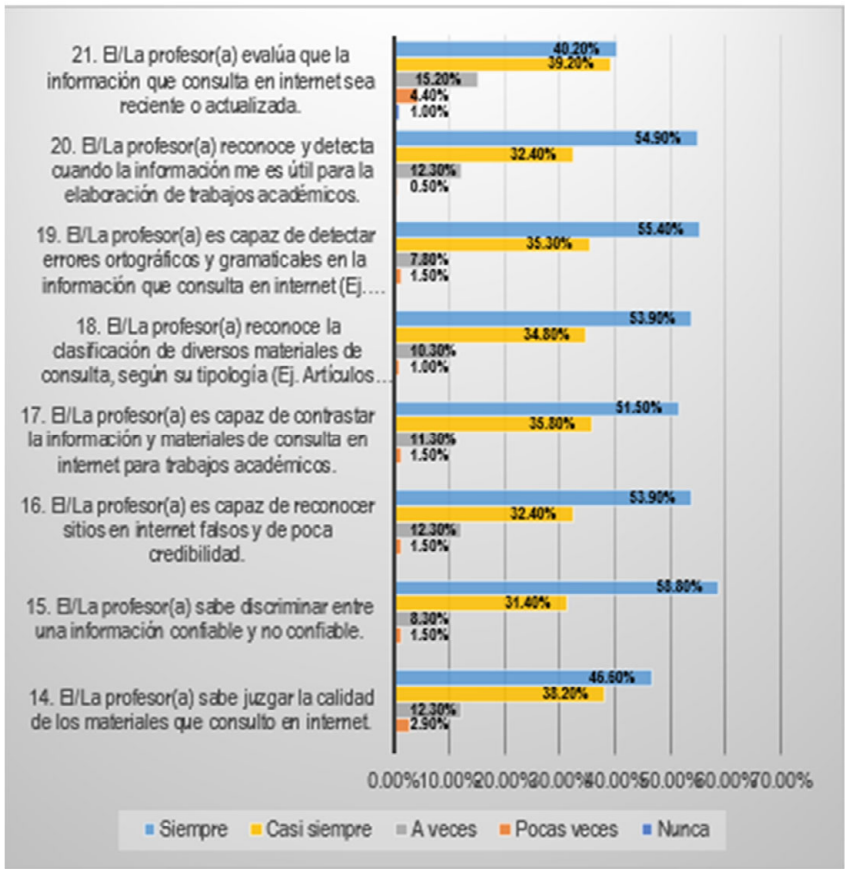


Fuente: elaboración propia

Por su parte, el indicador 12 mostró que el profesorado es capaz de organizar y sistematizar los materiales de consulta que le son útiles para

elaboración de textos académicos (86.3%) y finalmente, en esta dimensión, el indicador 13 reflejó que menos de la mitad de los y las estudiantes participantes en el estudio opinó que el docente universitario copia y pega la información de consulta sin dar crédito o mencionar al autor original (44.6%) con respuestas como siempre y casi siempre.

FIGURA 3. *Evaluación de la información*



Fuente: elaboración propia

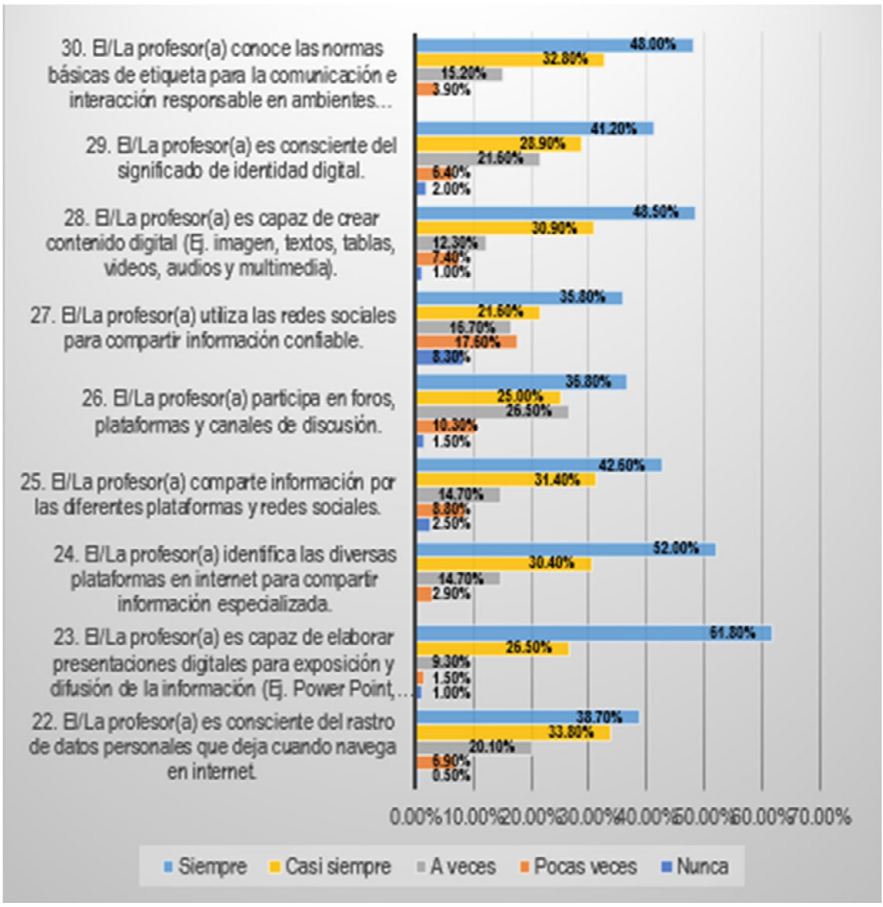
En la Figura 3, es notable apreciar en el indicador 14 que la mayoría de los y las estudiantes perciben que el profesorado sabe juzgar la calidad de los materiales que consulta en Internet (84.8%); el ítem 15 mostró que el docente es capaz de discriminar la información confiable y la no confiable (90.2%) con respuestas como siempre y casi siempre; mientras

que el ítem 16 da cuenta que el docente, según el estudiantado, es capaz de reconocer sitios falsos en Internet y de poca credibilidad (86.3%).

Por su parte, el indicador 17 mostró que el profesorado es capaz de contrastar la información y materiales de consulta (87.3%); el ítem 18 reveló que el y la docente reconoce la clasificación de los materiales según su tipología -artículos de investigación, divulgación, libros o capítulos (88.7%); el ítem 19 evidenció que el profesorado es capaz de detectar errores ortográficos y gramaticales (90.7%), mientras que el ítem 20 exhibió que el docente reconoce cuando la información es útil (87.3%), y por último, en esta dimensión el ítem 21 expone que el profesional docente evalúa que la información sea reciente y actualizada (79.4%) con respuestas de siempre y casi siempre.

En la Figura 4, se observa en el indicador 22 que la gran mayoría de los y las participantes bajo estudio perciben que su profesor(a) es consciente del rastro de datos personales cuando navegan en Internet (72.5%); el ítem 23 refleja que el profesorado es capaz de elaborar presentaciones digitales para exposición y difusión de la información (88.3%); mientras que el indicador 24 da cuenta que el y la docente identifica y reconoce las diversas plataformas en Internet para compartir información especializada (82.4%); el indicador 25, reflejó según la percepción del estudiantado, que el profesorado comparte información por las diferentes plataformas y redes sociales (74%). Por su parte, el ítem 26 mostró que el docente universitario participa en plataformas, canales y foros de discusión (61.8%); el ítem 27 exhibió que el profesional docente utiliza las redes sociales para compartir información confiable (57.4%); el ítem 28 reveló que el profesorado es capaz de crear contenido digital (79.4%). Por último, los indicadores 29 y 30 de esta dimensión, refiere que el y la docente es consiente del significado de la huella digital (70.1%) y conoce las normas básicas de etiqueta para la comunicación e interacción en ambientes virtuales (80.8%) con respuestas como siempre y casi siempre, según la percepción del estudiante.

FIGURA 4. *Comunicación de la información*



5. DISCUSIÓN

Para dar sustento a la parte empírica del estudio se presenta a continuación el análisis de la evidencia recogida y las aportaciones más relevantes de la investigación. En una revisión exhaustiva de la literatura se encontró que existen innumerables instrumentos para medir y evaluar las competencias informacionales desde la autopercepción (Malik et al., 2021; Rueda Tamayo & Meneses Placeres, 2021; Contreras & Campa, 2022); algunos de estos estudios si bien no mostraban claridad en la descripción de sus instrumentos (Osman et al., 2021); otras aportaciones

además de ofrecer instrumentos validos y confiables, se enfocan en estudiantes principalmente (Pinto, 2016, p. 227; Contreras, 2023). Sin embargo, son escasos los estudios empíricos que tienen como finalidad analizar el perfil de las competencias informacionales del profesorado en educación superior desde la percepción del estudiante.

En un primer acercamiento, en la dimensión de búsqueda de información, se evidenció que más de la tercera parte del estudiantado encuestado (76.5%) percibió que el profesorado logra identificar buscadores de consulta en Internet y un (82.8%) de los y las participantes dijo que el y la docente reconoce los buscadores y bases de datos especializadas (académicas y científicas); sin embargo, en esta misma dimensión, más de la mitad de los y las participantes (54.9%) manifestó que el y la docente de educación superior no logra reconocer estrategias de búsqueda de información. En este sentido, es preciso recordar que para una búsqueda sea exitosa, es necesario utilizar diversas estrategias de búsqueda y entre más delimitado sea la indagación del objeto de estudio, más consistente será la información (Gutiérrez y Contreras, 2021).

En lo referene a la dimensión de gestión de la información, se pudo dar cuenta que la gran mayoría de los y las estudiantes opinaron que el profesorado es capaz de redactar todo tipo de trabajos académicos-científicos (89.7%) y que, además, son capacez de identifcar y reconocer la normativa de citación y referencias bibliográficas para la realización de trabajos académicos (90.2%). Por lo anterior, se puede inferir que el profesorado universitario hace uso de diversas estrategias para el tratamiento y gestión de la información que le permiten organizar, editar y citar de manera correcta la información que consulta para fines académicos en su quehacer docente.

En cuanto a la dimensión de evaluación se destaca que la gran mayoría de los y las estudiantes afirman que el profesorado sabe discriminar la calidad de los materiales de consulta en Internet (84.8%); así como de la información confiable y la no confiable (90.2%) y, admitió el participante bajo estudio que el y la docente reconocen la clasificación de los materiales según su tipología -artículos de investigación, divulgación, libros o capítulos (88.7%); y que es capaz de detectar errores ortográficos y gramaticales (90.7%).

Finalmente, como aspecto destacable en la dimensión de comunicación de la información, puso en evidencia que el profesorado es capaz de elaborar presentaciones digitales para exposición y difusión de la información (88.3%) y es capaz de crear todo tipo de contenido digital (79.4%), según la percepción de los y las estudiantes; sin embargo, poco más de la mitad del estudiantado percibió que el profesional docente utiliza las redes sociales para compartir información confiable (57.4%) y que conoce las normas básicas de etiqueta para la comunicación e interacción en ambientes virtuales (80.8%). En palabras de Contreras y Rivera (2023) la creación de contenidos digitales y la resolución de problemas son dos aspectos cruciales en la práctica docente del profesorado universitario en la era digital. La integración de tecnologías digitales en la enseñanza y el aprendizaje ha abierto nuevas oportunidades y desafíos para los y las profesores(as) a la hora de diseñar y entregar contenidos educativos de calidad. En este mismo sentido, se advierte que la creación de contenido como parte de la dimensión de la comunicación de la información implica la producción y adaptación de materiales educativos en formato digital, como presentaciones multimedia, videos, infografías y simulaciones interactivas, entre otros.

Si bien, los hallazgos del presente estudio no son tan alarmantes, existe evidencia empírica en América Latina del uso de las TIC en la educación, al exhibir una baja proporción del docente altamente calificado en el uso de las tecnologías (Unesco, 2023). Incluso, en el mismo informe de Unesco se ratifica que todos los sistemas educativos del mundo deben construir mentes críticas y reflexivas para la formación de los futuros profesionales.

6. CONCLUSIONES

Como conclusión es posible afirmar que los vertiginosos cambios de las tecnologías de la información y comunicación han propiciado que los docentes involucren en su práctica habilidades tecnológicas para el desarrollo de sus competencias en las aulas universitarias; y aunque se han identificado niveles moderados a altos en sus dimensiones competenciales del profesorado desde la percepción del estudiante; queda

claro que se requiere de mayor esfuerzo por parte del docente para elevar sus niveles a un nivel avanzado para mejorar los procesos de enseñanza. Esto contribuiría en el avance de la educación, tal y como se ha afirmado por algunos organismos internacionales. Ser competente, implica un pensamiento reflexivo, que le permita a los principales actores del proceso educativo desarrollar y optimizar sus habilidades con mentes críticas que puedan navegar por grandes flujos de información, verificar la credibilidad de las fuentes y tomar decisiones bien informadas para garantizar una alfabetización informacional del siglo XXI.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo de beca del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT).

8. REFERENCIAS

Alonso, L. y Saraiva, I. (2020). Búsqueda y evaluación de información: dos competencias necesarias en el contexto de las fake news. *Palabra Clave (La Plata), 9*(2). doi.org/10.24215/18539912e090

Aguaded-Gómez, I., y Pérez, M. (2012). Estrategias para la alfabetización mediática: competencias audiovisuales y ciudadanía en Andalucía. *New Approaches in Educational Research*, 1(1), 25-30. https://doi.org/10.7821/naer.1.1.22-26

Albino, G. 2018. "Technical and behavioral competencies on performance evaluation: Petrek leaders".*SAGE Open Journals* 8 (1): 1-12. https://doi.org/10.1177/2158244018780972

Association of College and Research Libraries. (2016). Information literacy competency standards for higher education. ACRL.

Bustamante Oliva, G. y García Torres, M.P. (2022). La alfabetización informacional como herramienta para las tareas académicas en la enseñanza secundaria. *Investigaciones Sobre Lectura*,17(2),30-53.

Cabezas González, M., Casillas Martín, S. y Pinto Llorente, A. M. (2014). Percepción de los alumnos de educación primaria de la Universidad de Salamanca sobre su competencia digital. EDUTEC. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 48, 1-14. http://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/156

Conde, G., Cruz, I. y García, V. (2022). Habilidades de investigación en jóvenes universitarios. La era digital y el cambio de paradigma. *Revista Diversidad Académica, 1*(2), 1-25. https://diversidadacademica.uaemex.mx/article/view/17808.

Contreras, C. R. (2019). Investigación de las Competencias Digitales y Uso de Tecnologías en la Práctica del Profesor Universitario Investigación e innovación en la Enseñanza Superior. Nuevos contextos, Nuevas Ideas Ediciones Octaedro, S.L. C/ Bailen, 5 - 08010 Barcelona. https://octaedro.com/wp-content/uploads/2019/11/16152-Investigacion-e-innovacion-en-la-ES.pdf

Contreras, C. R, y Campa, A., R. (2022). Estructura dimensional y validación de un cuestionario para valorar la competencia informacional autopercibida en educación superior. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, *13*(25), e053. Epub 12 de junio de 2023.https://doi.org/10.23913/ride.v13i25.1337

Contreras, C. R, y Campa, A., R. (2022). Diseño instrumental y validación de un cuestionario para la competencia informacional en estudiantes universitarios. *Sinéctica*, (59), e1428. Epub 13 de febrero de 2023.https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2022)0059-015

Contreras, C.R., y Rivera R, J. (2023). "Habilidades formativas del profesorado a partir de la competencia digital y práctica docente". En María del Carmen Romero García, Olga Buzón-García, (coords.) Renovación pedagógica y formación del profesorado en competencias para una educación sostenible. 733-753. Dykinson S. L.

Contreras, C., R. (2023). "Métricas de un instrumento para evaluar la competencia informacional autopercibida por estudiantes universitarios". *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, biblioteco-logía e información* 37 (94): 33-50. http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2023.94.58674

Consejo de la Unión Europea. (2018, 4 de junio). Recomendación del Consejo del 22 de mayo de 2018. relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente. Diario Oficial de la Unión Europea.https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=SV

Cuesta, M. (2009). Introducción al muestreo. Universidad de Ovideo.

De los Santos, M. (2021). Evaluación de habilidades informacionales en estudiantes universitarios de la República Dominicana. *Education in the Knowledge Society (EKS), 22*, 1-13. https://doi.org/10.14201/eks.23650.

Diario oficial de la Unión Europea. (2018). Recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente. Consejo de la Unión Europea. https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=ES

Durodolu, O.(2018). Information literacy, self-concept and metacognitive ability of teacher-librarians at the Uni-versity of Zululand. // Library Philosophy and Practice. ISSN 1522-0222. 1–27

Ferrando, M. y Llopis, R. (2016). La encuesta. En M. Ferrando, F. R. Alvira, L. E. Alonso y M. Escobar. (2016). El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de Investigación (pp. 331-362). Madrid: Alianza Editorial.

González Fernández, M. O.. (2021). Competencias digitales del docente de bachillerato ante la enseñanza remota de emergencia. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, *13*(1), 6-19. Epub 02 de julio de 2021.https://doi.org/10.32870/ap.v13n1.1991

Gutiérrez Vidrio, P. F., y C. R. Contreras Cázarez. (2021). "Competencia informacional en la educación superior, una necesidad en la era digital". En Romina Grana (coord.) *Discurso, mujeres y artes. ¿Construyendo o derribando fronteras?*: 1176- 1203. Dykinson S. L.

IFLA (2015). Acceso y Oportunidades para Todos: Cómo contribuyen las bibliotecas a la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. https://www.ifla.org/files/assets/hq/topics/librariesdevelopment/documents/access-and-opportunity-for-all-es.pdf

León D., Contreras, C., (2014) Tecnologías de la comunicación y la información, educación y jóvenes de secundaria en México. Un estudio sobre socialización y construcción de la identidad de las relaciones interactivas en jóvenes de secundaria pública mexicana, en *Retos actuales de educación y salud transcultural*. Tomo 1., Cap. 20. Editorial, Universidad de Almería.

León, I. y Contreras, C., (2021) Desarrollo de la Competencia digital en estudiantes de educación superior: comportamiento en la resolución de problemas y seguridad virtual, en Linde Valenzuela, T., Guillén Gámez, F., Cívico Ariza, A., y Sánchez Vega, E. (Coords.),*Tecnología y educación en tiempos de cambio.*Universidad de Málaga. Uma editorial (602-611)

López, P. y Fachelli, S. (2015) Metodología de la Investigación Social Cuantitativa. Universidad Autónoma de Barcelona UAB. Barcelona, España. Bellaterra. https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163564/metinvsoccua_a2016_cap1-2.pdf

López, K. S. y Sevillano, M. L. (2020). Desarrollo de competencias digitales de estudiantes universitarios en contextos informales de aprendizaje. *Educatio Siglo XXI*, 38(1), 53- 78. https://doi.org/10.6018/educatio.413141.

Maldonado-Pinto, J. E. 2018. Metodología de la investigación social. Paradigmas: cuan-titativo, sociocrítico, cualitativo, complementario. Bogotá: Ediciones de la U.

Martínez, J. y Garcés, J. (2020). Competencias digitales docentes y el reto de la educación virtual derivado de la covid-19. *Educación y Humanismo, 22* (39), 1-16. doi: https://doi.org/10.17081/eduhum.22.39.4114

Malik, A.; Ali, S.; Batool, H.; y Ameen, K.(2021). Assessing Information Literacy Skills of Mathematics Faculty Members in Pakistan. // *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries* (QQML), 10 (3), 283-300. https://www.qqml-journal.net/index.php/qqml/article/view/716

Muñoz, F., Medina, A., y Guillén, M. (2016). Jerarquización de competencias genéricas basadas en las percepciones de docentes universitarios. *Educacion Quimica,* 27(2), 126–132. https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.11.002

Negre, F., Marín, V. y Pérez, A. (2018). La competencia informacional como requisito para la formación de docentes del siglo XXI: Análisis de estrategias didácticas para su adquisición. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 22(1),277300.https://recyt.fecyt.es/index.php/profesorado/article/view/63645

Nieto, S., Martínez, F., y Rodríguez, M. J. (2022). Competencia Informacional Observada y Auto-percibida en docentes y futuros docentes y su relación con variables socio-demográficas. *Revista de Educación,* 396, 35–64. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396529

Obaya, A., Vargas, y Delgadillo, G. (2011). "Relevant aspects of concepts and me- thods of the competence outcomes for higher education". *Educación Química* 22 (1): 63-68. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30116-2

OCDE (2018). The Future of Education and Skills, Education 2030. https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf

Osman, H; Komla, E., y Adzoa, S. (2021). The Importance of Information Literacy Skills for the Effective use of Electronic Resources by Faculty of the University of Health and Allied Sciences, Ho, Ghana. // Library Philosophy and Practice. ISNN 15220222.5226, 1-13

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)(2010) Towards Media and Information Literacy Indicators. UNESCO. Bangkok (Tailandia).

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)(2023) Ciudadanía alfabetizada en medios e información: pensar críticamente, hacer clic sabiamente. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385119.locale=es

Pinto, M. (2016). Assessing disciplinary differences in faculty perceptions of information literacy competencies. // *Aslib Journal of Information Management*. https://doi.org/10.1108/AJIM-05-2015-0079

Rueda, D., y Meneses, G. (2021). Estrate-gia para potenciar el comportamiento informacionalde profesores universitarios en Villa Clara, Cuba. // *Revista Cubana de Información en Ciencias de La Salud.*32:1, 1-22

Sales, D. (2020). Definición de alfabetización informacional de CILIP, 2018. *Anales de Documentación*, *23*(1). https://doi.org/10.6018/analesdoc.373811

Torres, L. A.., Huamán, L.., Amancio, A. M., y Sánchez, S. (2021). Habilidades digitales y desempeño docente en el área de comunicación de educación secundaria, en tiempos de pandemia. *Apuntes Universitarios*, *12*(1), 190–206. https://doi.org/10.17162/au.v11i5.928

Villanueva, M. L., y Canto, P. J. (2021). Alfabetización digital en estudiantes de secundaria de Yucatán, México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *5*(4), 5466-5478. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.701

Zelada Pérez, M., y Valcárcel Izquierdo, N. (2020). Competencias Informacionales en los profesores en la Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas, 19*(2), e2610. https://revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/2610

EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ORIENTACIÓN ESPACIAL EN EL SEGUNDO CICLO DE LA ETAPA DE EDUCACIÓN INFANTIL

MARGARITA FERNÁNDEZ-ROMERO
Universidad CEU Cardenal Herrera

FRANCISCO PARDO FABREGAT
Universidad CEU Cardenal Herrera

1. INTRODUCCIÓN

Las habilidades de orientación espacial y la construcción del pensamiento espacial forman parte de la geometría, que es la ciencia que estudia el espacio, y resultan imprescindibles para que el ser humano pueda desenvolverse en su día a día. Potenciar estas habilidades en las primeras edades influye directamente en el desarrollo de la capacidad matemática del infante y por ende del pensamiento científico y creativo de este (Arteaga y Macías, 2016; Castro y Gutiérrez, 2016; Vecino, 2005).

El sentido espacial es el pensamiento espacial en acción formado por los conocimientos, habilidades y hábitos de la mente necesarios para organizar el espacio y, por tanto, los sujetos con un amplio dominio del pensamiento espacial resultarán miembros más resolutivos y preparados dentro de una sociedad cada vez más tecnológica, globalizada y especializada (Castro y Castro, 2016).

La educación, en España, se encuentra regulada por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE), que se concreta en el Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil y que presenta en su Artículo 7 el objetivo "g) Iniciarse en las habilidades lógico-matemáticas, en la lectura y la escritura, y en el movimiento, el gesto y

el ritmo" (p. 14564), concretando las nociones espaciales como contenido a introducir en el segundo ciclo de la etapa.

Autores como Alsina (2022) exponen que, aunque en la actualidad encontramos una mayor presencia de estudios en el campo de la didáctica de las matemáticas y en concreto de la geometría, cabe destacar que durante mucho tiempo la enseñanza-aprendizaje de la geometría se limitó al reconocimiento de las principales figuras planas y algunos cuerpos geométricos considerando necesaria una revisión de los procesos didácticos en la enseñanza de la geometría para que no resulten reduccionistas.

Los procesos de enseñanza-aprendizaje relacionados con el desarrollo de la geometría y del sentido espacial, resultan complicados y menos exitosos que los relacionados con la construcción del número, la medida e incluso los contenidos lógico-matemáticos (Arteaga y Macías, 2016). Con esta idea coinciden Espina de la Cruz y Novo (2019) que afirman que los contenidos geométricos tienen poca presencia en la etapa de Educación Infantil.

Por todo ello se busca establecer una relación entre la necesidad del desarrollo de sentido espacial en las primeras edades, las nociones a introducir y los métodos y recursos a utilizar para conseguir que los procesos de enseñanza-aprendizaje resulten lo más significativos posible.

1.1. Geometría en Educación Infantil. Piaget, Van Hiele y sus aportaciones en la enseñanza y aprendizaje de la geometría

La geometría es la rama de las matemáticas encargada del análisis y estudio del espacio y sus propiedades y que pretende comprender las formas y su situación, así como las transformaciones geométricas de los objetos (Martínez y Sotos, 2020). El estudio y desarrollo de la geometría comienza en las primeras edades por la necesidad que presenta el ser humano de explorar el medio en el que se encuentra, explicando aquello que percibe por los sentidos. Resulta conveniente abordar su estudio desde la Educación Infantil porque es en esta etapa cuando el cerebro del infante se encuentra en pleno crecimiento y desarrollo de las habilidades cognitivas y perceptivas. Edo (2018) afirma que el estudio de la geometría debería tratarse desde una visión tridimensional,

ya que el discente percibe y reconoce, desde las primeras edades, en su entorno próximo los cuerpos geométricos en los objetos que tiene a su alrededor para después descomponerlos en las figuras planas básicas.

Teniendo en consideración las afirmaciones de estos autores relacionadas con la conveniencia de trabajar la geometría desde las primera edades y de cómo hacerlo, adquiere sentido la aportación de Piaget relacionada con el desarrollo psicoevolutivo del infante. La teoría de Piaget establece que los conocimientos se estructuran atendiendo a esquemas cognitivos organizados en 4 etapas temporales claramente diferenciadas: la etapa sensomotora que abarca desde los 0 a los 2 años, la etapa preoperacional comprendida entre los 2 y los 7 años, la etapa de las operaciones concretas de 7 a 12 años y la etapa formal a partir de los 12 años.

Además, según Piaget (1948) se estable una estrecha relación entre las diferentes etapas cognitivas y el desarrollo de los conceptos espaciales y geométricos en el infante.

La presente investigación se centra en el segundo ciclo de la etapa de Educación Infantil, por tanto, según Piaget, es en la etapa preoperacional relacionada con el espacio Preoperacional en la que el infante va a desarrollar relaciones topológicas, proyectivas y métricas. Arteaga y Macías (2016) afirman que las propiedades topológicas son aquellas que no varían por deformación pudiendo destacar entre ellas interior-exterior-frontera, continuidad-discontinuidad, conexión, compacidad y orden.

Las propiedades proyectivas hacen referencia a la orientación y posición en el espacio tales como delante-detrás, encima-debajo, derecha-izquierda… y por último exponen que, las propiedades métricas hacen referencia a la medida o a las relaciones en las que esta interviene destacando, entre otras, la medida de segmentos y ángulos, la medida de superficie y volúmenes e incluso la clasificación de figuras planas.

En esta misma línea se encuentran las aportaciones de Vanegas (2018) en referencia al trabajo de la geometría en Educación Infantil, afirmando que no únicamente deben trabajarse las formas de los objetos, sino que debe potenciarse la posición relativa entre estos incluyendo, por tanto, nociones topológicas, proyectivas y euclídeas del espacio.

No menos importantes resultan las contribuciones realizadas por el matrimonio Van Hiele a la enseñanza de la geometría. Su teoría de los niveles de razonamiento, organiza el aprendizaje de la geometría en cinco niveles:

- Nivel 0: visualización y reconocimiento. En este nivel, los niños y niñas de manera global y con descripciones visuales reconocen por su nombre las figuras más comunes.
- Nivel 1: análisis. Toma de conciencia de las propiedades y elementos básicos de las figuras.
- Nivel 2: deducción informal. El sujeto ya es capaz de comprender relaciones lógicas entre diferentes conceptos aunque a un nivel muy simple.
- Nivel 3: deducción formal. Las deducciones se basan en demostraciones y dibujos geométricos.
- Nivel 4: rigor. Se demuestran teoremas que requieren de axiomas o postulados mediante el uso de la lógica.

Las pautas a seguir por el docente y el acompañamiento proporcionado al alumno son considerados de vital importancia en el paso de un nivel a otro en la construcción del pensamiento geométrico. Van Hiele (1986) no establece una relación directa entre el progreso en los diferentes niveles de razonamiento y la edad del sujeto, pero sí considera necesario que el docente supervise en todo momento en qué punto se encuentra el discente y para ello establece cinco fases para los niveles anteriormente expuestos (como se cita en Ruiz y Arteaga, 2022):

- Información: toma de contacto del sujeto con el contenido a trabajar. El docente supervisa los conocimientos previos de este.
- Orientación dirigida: como indica la propia fase, el docente orienta al sujeto en el uso de diferentes materiales.
- Explicitación: el discente evidencia lo aprendido y el docente toma registro de ello.

– Orientación libre: el docente construye, con sentido, situaciones problemáticas que el discente resolverá desde lo aprendido en las fases anteriores.

– Integración: los conocimientos aprendidos se relacionan con los previos consiguiendo aprendizajes significativos.

1.2. El Sentido Espacial y los currículos de Educación Infantil

Centrando el estudio en la etapa educativa de Educación Infantil y atendiendo a los Principios y Estándares presentes en el "National Council of Teachers of Mathematics" se plantea entre sus objetivos la necesidad del desarrollo del sentido espacial y el reconocimiento de la geometría para describir y modelizar el mundo que nos rodea (NCTM, 2003).

Concretamente para la etapa Pre K-2 se exponen, entre otros aspectos, que el discente debe ser capaz de describir, nombrar e interpretar posiciones relativas en el espacio aplicando ideas sobre posiciones relativas (c1).

Entre las aportaciones que hace el Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil en España se observa que, curiosamente, no se hace referencia a la geometría como tal, aunque sí que se hace referencia a nociones espaciales básicas. Concretamente, en el segundo ciclo de la etapa, de 3 a 6 años, para la Competencia Específica 1 del Área 2: Descubrimiento y Exploración del Entorno, se presenta el criterio de evaluación "1.3 Ubicarse adecuadamente en los espacios habituales, tanto en reposo como en movimiento, aplicando sus conocimientos acerca de las nociones espaciales básicas y jugando con el propio cuerpo y con objetos" (p. 14585). Para ello será necesario trabajar los saberes básicos del "Bloque A: Diálogo corporal con el entorno. Exploración creativa de objetos, materiales y espacios. - Nociones espaciales básicas en relación con el propio cuerpo, los objetos y las acciones, tanto en reposo como en movimiento" (p. 14585-14586).

Resulta, pues, imprescindible ocuparse de la enseñanza-aprendizaje del sentido espacial en las aulas de infantil y, atendiendo a las indicaciones de los currículos infantiles, adquiere sentido comenzar con las nociones espaciales básicas y la orientación espacial para tal y como afirman

Castro y Gutiérrez (2016) desarrollar en el alumnado capacidades que les permitan determinar la posición de su cuerpo en el espacio, así como la posición relativa de diferentes objetos como referencia para determinar sus desplazamientos y de esta forma poder orientarse.

1.3. La enseñanza-aprendizaje de las nociones espaciales básicas y la orientación espacial en Educación Infantil

Según Clements y Samara (2009) la orientación espacial implica la capacidad de entender, analizar y establecer relaciones entre distintas posiciones en el espacio relacionadas con uno mismo y con el movimiento o desplazamiento para ir avanzando en el conocimiento espacial y desarrollar capacidades más abstractas relacionadas con el tratamiento de planos, escalas y coordenadas.

Gonzato et al. (2011) coinciden con esta definición y añaden la necesidad de trabajar nociones espaciales básicas tales como, delante-detrás, izquierda-derecha, dentro-fuera, encima-debajo, desde el propio cuerpo.

Se plantea pues la necesidad de establecer una progresión didáctica que resulte significativa para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, de las nociones espaciales básicas y de la orientación espacial, adecuada para la etapa de Educación Infantil basada en procesos activos y en la resolución de situaciones contextualizadas y concretas para el infante, tal y como defendía Maria Montessori (Arteaga y Macías, 2016).

El pensamiento matemático no se consigue considerando a los discentes como sujetos pasivo del aprendizaje ni desde la memorización de técnicas ni contenidos. Además, hay docentes que afirman que se emplea demasiado tiempo en la realización de fichas repetitivas con una pobre aportación al aprendizaje del infante (Jiménez-Gestal et al., 2019).

Es Alsina (2018) quien propone un itinerario didáctico con la siguiente secuenciación: contextos de vida cotidiana, materiales manipulativos, juegos, recursos literarios, recursos tecnológicos y finalmente recursos gráficos. Se presentan materiales manipulativos para la enseñanza de las nociones sobre la posición relativa en el segundo ciclo de Educación Infantil como, juegos de topología y juegos de patio y/o mesa entre otros. Además, cada vez adquieren más protagonismo los robots educativos

programables donde el alumnado visualiza y representa recorridos y desplazamientos, e incluso el uso de aplicaciones virtuales para la adquisición de contenidos geométricos, aunque el autor señala que no pueden resultar un mero sustitutivo de la clásica ficha (Alsina, 2022).

Cada vez se encuentran más estudios que presentan a la robótica educativa como un recurso motivador que facilita la adquisición de nociones espaciales en el alumnado del segundo ciclo de Educación Infantil desde la experimentación de las nociones topológicas y proyectivas a partir de la programación de los robots (Ricart et al., 2019; Ruiz y Arteaga, 2022).

2. OBJETIVOS

La presente investigación persigue, como principal objetivo, identificar las estrategias y recursos metodológicos empleados por los docentes del segundo ciclo de la etapa de Educación Infantil, en la provincia de Castellón, para desarrollar de manera significativa los procesos de enseñanza-aprendizaje de la construcción del espacio, en las aulas de infantil, desde la perspectiva de la didáctica de las matemáticas.

3. METODOLOGÍA

La metodología de este estudio consta de dos fases diferenciadas detalladas a continuación.

En la fase 1 se realizó la revisión de la literatura existente sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de la construcción del espacio en la etapa de Educación Infantil, así como de las principales estrategias, técnicas y recursos didácticos utilizados en la didáctica de las matemáticas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la geometría espacial.

Para la búsqueda se seleccionaron, principalmente, las siguientes palabras claves: Educación Infantil, Matemáticas, Enseñanza de las Matemáticas, Metodología, Habilidades Espaciales, Geometría…, aplicando operadores booleanos tales como “and”,”or” o “not” que se utilizaron para realizar la búsqueda en bases de datos y metabuscadores tales como Web of Science (WOS), ERIC, Scopus y Google Académico.

De todos los documentos obtenidos en las búsquedas se realizó una primera selección atendiendo a los criterios de inclusión fijados que estaban relacionados con el título, resumen y palabras clave. Seguidamente, se leyeron en profundidad los primeros documentos seleccionados eligiendo aquellos que tenían relación directa con el objeto de estudio de la presente investigación.

En la fase 2 se utilizó la técnica cualitativa del grupo de discusión recurriendo a la entrevista realizada a un grupo de docentes para recopilar información sobre el tema objeto de estudio. Navarro (2017, p. 199) afirma que el grupo de discusión "busca el intercambio grupal de ideas alrededor de un tema en común". La elección de los participantes se hizo atendiendo a los aspectos que los sujetos tenían en común, en este caso, ser docentes del segundo ciclo de Educación Infantil en la provincia de Castellón.

En la Tabla 1 se presenta el perfil docente de cada uno de los participantes en el grupo de discusión. Se especifica la experiencia docente en el segundo ciclo de Educación Infantil, la titularidad jurídica del Centro en el que imparten su docencia, diferenciado entre público, concertado y privado y, por último, la ubicación de este, diferenciando entre urbano y rural. El Centro rural, en este caso, es lo que se conoce por CRA, es decir, Colegio Rural Agrupado.

***TABLA 1**. Perfil docente de los participantes en el grupo de discusión*

	Titularidad jurídica del Centro	**Tipo de Centro según criterio geográfico**	**Experiencia docente en Educación Infantil**
Docente 1	público	rural	10 años
Docente 2	público	urbano	12 años
Docente 3	privado	urbano	20 años
Docente 4	concertado	urbano	23 años
Docente 5	privado	urbano	15 años
Docente 6	concertado	urbano	20 años
Docente 7	Concertado	urbano	8 años

Fuente: elaboración propia

Seguidamente se procedió a la configuración del grupo de discusión. Para obtener un correcto desarrollo metodológico se estructuró el

contenido a trabajar, así como los objetivos a alcanzar diseñando unas preguntas abiertas a plantear por el moderador que dirigía la sesión. El tamaño del grupo y la duración de la sesión también fueron aspectos a tener en consideración.

Según Bisquerra (2016) para garantizar la participación de todos los componentes es muy importante contemplar el tamaño del grupo de discusión, entre 5 y 10 personas, siendo este lo suficientemente reducido, pero a la vez amplio para que exista diversidad de aportaciones. En este caso participaron 7 docentes para facilitar la interacción entre todos ellos.

Según León y Montero (2002), las sesiones grupales no deben exceder de los 90 minutos para garantizar una participación activa y óptima, aspecto que también se tuvo en consideración a la hora de diseñar la segunda fase metodológica de la investigación.

Tras la transcripción de la grabación del grupo de discusión se procedió a la categorización, cuantificación y triangulación de los resultados obtenidos, siendo estos sometidos al estudio de dos investigadores externos al estudio para comprobar la precisión de los resultados concluidos inicialmente.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el grupo de discusión realizado con los expertos docentes en el segundo ciclo de la etapa de Educación Infantil en la provincia de Castellón, para ello los datos recogidos se han agrupado en tres categorías detalladas a continuación.

Categoría 1. Métodos y recursos para trabajar la enseñanza-aprendizaje de las nociones espaciales y de la orientación espacial

Pregunta: En los procesos de enseñanza-aprendizaje de los contenidos geométricos proyectivos ¿qué métodos, materiales o recursos se utilizan en su Centro? ¿Considera necesario, tras la experiencia docente, complementar o sustituir estos materiales o recursos por otros?

Aportaciones de los docentes: Respecto a esta cuestión, los participantes en el grupo de discusión exponen los diferentes métodos y recursos utilizados en los Centros educativos donde imparten su docencia.

Uno de los métodos utilizados (en concreto por dos de los Centros representados en el grupo de discusión) es el creado por Tekman Education, en concreto EMAT Matemáticas para la vida, que es un programa de matemáticas competenciales, contextualizadas y manipulativas. En uno de esos Centros se imparte en lengua castellana y en el otro se imparte en lengua catalana.

Otro de los docentes afirma que en su Centro se programa por Inteligencias Múltiples y que también utilizan rincones de inspiración Montessori.

Se encuentra, también el Trabajo por Ámbitos como método utilizado por otro de los docentes participantes y también el Trabajo por Proyectos diseñados por los propios docentes.

En otro de los Centros se utilizan materiales manipulativos y finalmente Matemáticas Divertidas es el último de los métodos utilizados por otro Centro. Matemáticas Divertidas es un método propio que introduce la robótica, programando Bee bots, para desarrollar el pensamiento computacional en los infantes trabajando, al mismo tiempo, los desplazamientos.

Todos los docentes coinciden en proporcionar muchísima importancia a los juegos, tanto de mesa como de patio (destacando el Sambori, juego tradicional valenciano) y a las actividades previas manipulativas que relegan la ficha a un segundo plano, únicamente utilizada por los docentes como elemento evaluador.

EMAT y Matemáticas Divertidas tienen en común gran parte de los recursos utilizados, bits de inteligencia, tangrams, geoplanos y ajedrez gigante, entre otros. En el resto de métodos no se disponen de materiales propios para desarrollar las nociones espaciales y/u orientación espacial por lo que recurren a lo que tienen disponible en el aula y lo adaptan según el contenido a trabajar.

CATEGORÍA 2. PROPUESTAS DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS NOCIONES ESPACIALES Y DE LA ORIENTACIÓN ESPACIAL.

Pregunta: ¿Existe, por parte del docente, una propuesta didáctica para la introducción de los contenidos geométricos relacionados con la posición y/u orientación espacial?

Aportaciones de los participantes en el grupo de discusión: Los docentes afirman que no disponen de una propuesta didáctica definida ni concreta para trabajar estos contenidos geométricos. Los trabajan de forma transversal. De hecho, hasta este momento no habían sido conscientes de la necesidad de considerarlos en sus programaciones ya que estos conceptos sí son necesarios y aplicables para la resolución de otras actividades, tareas y problemas.

Además, aunque se trata de contenidos que se contemplan en los currículos de Educación Infantil, afirman trabajar los términos contrapuestos que determinan posición, como delante-detrás, arriba-abajo, derecha-izquierda, cuando surgen de manera espontánea o desde el ámbito de la psicomotricidad con los maestros de refuerzo o los especialistas de Educación Física,

Algunos utilizan las TIC para trabajar, de manera aislada, nociones espaciales, aunque exponen que, en muchas ocasiones, el uso de las TIC dificulta la tarea ya que requieren de elementos de referencia que varían dependiendo de la posición del sujeto. Apuntan la poca idoneidad de algunos de estos recursos TIC por su excesiva sensibilidad, que proporciona al alumno la respuesta correcta sin apenas interacción con la tableta o pizarra digital.

El Centro que dispone de ajedrez gigante en el patio del colegio y robótica educativa subraya la necesidad de que el alumnado domine las nociones espaciales de posición y la orientación espacial para ser resolutivos en ambas disciplinas.

Finalmente, afirman que debería revisarse la progresión didáctica relacionada con la introducción de los conceptos geométricos en las aulas ya que, habitualmente, se comienza proporcionando mayor importancia a las figuras planas, tal vez, porque resultan más fáciles de representar

para el alumnado. Sin embargo, consideran que, el aprendizaje debería ser contextualizado y globalizado, partiendo del propio cuerpo y haciendo referencia, en primer lugar, a los movimientos y a los cuerpos con volumen que es lo que el infante percibe en su entorno inmediato.

CATEGORÍA 3. LIMITACIONES Y OBSTÁCULOS EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS NOCIONES ESPACIALES Y DE LA ORIENTACIÓN ESPACIAL.

Pregunta: ¿Qué limitaciones y/u obstáculos detecta en el trabajo de la Geometría Proyectiva en las aulas del segundo ciclo de Educación Infantil? Diferenciaremos entre limitaciones en la enseñanza y limitaciones en el aprendizaje (temporales, espaciales, sociales…).

Aportaciones de los participantes en el grupo de discusión: Para una correcta exposición de los resultados obtenidos en esta categoría es necesario establecer una diferenciación entre limitaciones generales de los procesos de enseñanza-aprendizaje y específicas de la orientación espacial.

Limitaciones generales: Todos los docentes coinciden en que las mayores limitaciones con las que se encuentran para alcanzar procesos de enseñanza-aprendizaje significativos en el aula de Educación Infantil son el tiempo y la ratio. Ambas estrechamente ligadas ya que un elevado número de alumnos requiere una mayor dedicación, siendo el tiempo muy limitado para poder atender los diferentes ritmos de aprendizaje presentes en el aula.

Otra de las limitaciones generales hace referencia a la participación e implicación de las familias en la educación de sus hijos e hijas ya que no todas las familias responden por igual.

En cuanto a las limitaciones específicas propias de las nociones espaciales o de la orientación espacial destacan, en general, la falta de recursos materiales para poder desarrollar significativamente estos contenidos. Además, destacan las dificultades encontradas en el desarrollo de las nociones espaciales derecha-izquierda ya que siempre se requiere de un elemento de referencia y va a depender de cómo se encuentre

posicionado el infante. Si dos sujetos están enfrentados, los términos derecha e izquierda difieren para cada uno de ellos.

Por último, otra de las limitaciones expuesta por uno de los participantes hace referencia al idioma y a las diferentes acepciones que una misma noción espacial pueda recibir dependiendo de la ubicación geográfica del Centro.

5. DISCUSIÓN

Una vez recogida la información del grupo de discusión se procede a presentar el análisis de los resultados obtenidos.

Los docentes, en el grupo de discusión, indican que no existe un único método, ni recursos exclusivos, para desarrollar la enseñanza-aprendizaje de las nociones espaciales básicas y la orientación espacial en sus aulas. Eso sí, Matemáticas Divertidas, EMAT, Rincones y Ambientes de inspiración Montessori, Proyectos propios…, tienen en común el aprendizaje contextualizado y las actividades previas manipulativas. Este análisis coincide con los resultados obtenidos por Arteaga y Macías (2016) y Alsina (2022) en sus estudios.

Algunos docentes utilizan en sus aulas las TIC para el trabajo de determinados contenidos geométricos, si bien es cierto, que resulta complejo utilizarlas para el desarrollo de determinadas nociones espaciales porque estas requieren de un elemento de referencia que variará dependiendo de la posición del sujeto e incluso, en ocasiones, no resultan significativas por su alta sensibilidad táctil, repercutiendo en la respuesta del infante que con solo rozar la pantalla ya obtiene la solución correcta. Alsina las contempla dentro de su itinerario didáctico aunque también apunta que no pueden convertirse en meros sustitutivos de las tradicionales fichas (Alsina 2018; Alsina 2022).

En la línea de Ricart et al. (2019) y Ruiz y Arteaga (2020), se contempla la robótica educativa como un recurso altamente atractivo para el alumnado y eficaz para el desarrollo de las nociones espaciales que va ganando presencia en las aulas de Educación Infantil, si bien es cierto que por su alto coste no están al alcance de todos los Centros Educativos.

En referencia a las propuestas didácticas para los procesos de enseñanza-aprendizaje de las nociones espaciales y por ende de la orientación espacial se establece la necesidad de comenzar a trabajar las nociones básicas como delante-detrás, encima-debajo, derecha-izquierda,…, desde el propio cuerpo (esquema corporal) y la manipulación tal y como afirman Gonzato et al. (2011). Así se desprende, también, de los currículos que regulan las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil, en concreto del Real Decreto 95/2022 que presenta entre uno de sus contenidos las nociones espaciales básicas en relación con el propio cuerpo del infante. Esta propuesta relega a un segundo plano la realización de fichas en el aula por parte de los discentes, idea que coincide con las aportaciones de Jiménez-Gestal et al. (2019) que las considera repetitivas.

Los docentes proponen, respecto a la propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las nociones espaciales básicas y de la orientación espacial, una progresión didáctica contextualizada adecuada que se aborde desde una visión tridimensional, tal y como expone Edo (2018), atendiendo a los diferentes ritmos en concordancia con el desarrollo psicoevolutivo del infante como establece Piaget (1948) claramente relacionadas con el desarrollo del sentido espacial en el alumnado, resultando muy apropiadas las fases que plantean Van Hiele (1986) donde el discente, bajo la supervisión e indicaciones del docente, utiliza diferentes materiales y resuelve situaciones que le permitirán construir el conocimiento geométrico con sentido (como se cita en Ruiz y Arteaga, 2022).

Finalmente, en el grupo de discusión, se hace referencia a las dificultades encontradas en la adquisición, por parte del alumnado, de los términos derecha-izquierda por la dificultad que conlleva establecer elementos de referencia. De ahí la importancia tal y como expone Alsina (2022) de un adecuado itinerario didáctico. De la misma forma, el uso de términos o vocabulario técnico específico o de otras lenguas y/o variantes de estas en materiales didácticos creados, puede generar dificultades en la adquisición de la construcción del espacio, idea que coincide con los estudios de Pifarré et al. (2003) sobre cómo puede influir la lengua en el aprendizaje de las matemáticas.

6. CONCLUSIONES

Resulta crucial trabajar la orientación espacial en Educación Infantil comenzando por las nociones espaciales básicas ya que brinda a los infantes las herramientas necesarias para comprender el mundo que les rodea, desarrollando habilidades matemáticas que les permitan comunicarse de manera efectiva y preparándolos para aprendizajes venideros.

Para conseguir el objetivo de esta investigación, identificar las estrategias y recursos metodológicos empleados por los docentes del segundo ciclo de la etapa de Educación Infantil, en la provincia de Castellón, para desarrollar de manera significativa los procesos de enseñanza-aprendizaje de la construcción del espacio, en las aulas de infantil, desde la perspectiva de la didáctica de las matemáticas, se han estudiado las aportaciones e investigaciones de diferentes autores expertos en el área de conocimiento objeto de estudio y se ha organizado un grupo de discusión con docentes del segundo ciclo de Educación Infantil en la provincia de Castellón para analizar cómo trabajan en sus aulas las nociones espaciales y la orientación espacial.

Se concluye que, para conseguir construir significativamente el sentido espacial se hace evidente la importancia de un adecuado diseño de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las nociones espaciales básicas y de la orientación espacial, en la etapa de Educación Infantil, acorde con las teorías de Piaget y del matrimonio Van Hiele como centrales para comprender el desarrollo cognitivo del infante en esta etapa educativa. También se destaca la relevancia de los currículos de esta etapa educativa que indican las competencias a desarrollar y los contenidos a trabajar por el alumnado.

La propuesta didáctica debe comprender la elección del método adecuado dependiendo del desarrollo psicoevolutivo del infante y del nivel de desarrollo geométrico en el que este se encuentre, partiendo de situaciones contextualizadas, centradas en el alumnado y en su entorno, que utilicen los recursos adecuados, manipulativos y/o tecnológicos, y que tengan en consideración los posibles obstáculos y dificultades en la enseñanza de estos conceptos. Todo ello indica la necesidad de una revisión y desarrollo continuo en la organización y ejecución de las

situaciones de enseñanza-aprendizaje relativas a la geometría y a las nociones espaciales básicas en el segundo ciclo de la etapa de Educación Infantil.

7. REFERENCIAS

Alsina, Á. (2018). Seis lecciones de educación matemática en tiempos de cambio. Itinerarios didácticos para aprender más y mejor. *Padres y Maestros, 376,* 13-20.

Alsina, Á. (2022). *Itinerarios didácticos para la enseñanza de las matemáticas (3-6 años).* Editorial Graó.

Arteaga Martínez, B. y Macías Sánchez, J. (2016). *Didáctica de las Matemáticas en Educación Infantil.* Unir Editorial.

Bisquerra, R. (coord.). (2016). *Metodología de la Investigación educativa.* Editorial Arco.

Castro Martínez, E. y Castro Martínez, E. (2016). *Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas de educación infantil.* Ediciones Pirámide.

Castro, E. y Gutiérrez, J. (2016). Pensamiento espacial. En E. Castro Martínez y E. Castro Martínez (Coord.), *Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en educación infantil* (pp. 129-151). Ediciones Pirámide.

Clements, D.H. y Samara, J. (2009). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach.* Routledge.

Edo, M. (2018). De la identificación al análisis de figuras geométricas. En M. C. Muñoz y J. Carrillo (Eds.), *Didáctica de las matemáticas para maestros de Educación Infantil* (pp. 245-284). Paraninfo.

Espina de la Cruz, E. y Novo, M. L. (2019). Análisis de la presencia de la geometría en los proyectos editoriales de Educación Infantil. *Educación matemática, 31*(3), 85-116. https://doi.org/10.24844/em3103.04

Gonzato, M., Fernández, T., y Godino, J. D. (2011). Tareas para el desarrollo de habilidades de visualización y orientación espacial. *Números: revista de la Didáctica de las Matemáticas, 77*, 99-117.

Jiménez-Gestal, C., Berciano, A., Salgado M. (2019). Cómo trabajar la orientación espacial de modo significativo en Educación Infantil: implicaciones didácticas. *Educación Matemática, 32* (2), 61-74.

León, O. y Montero, I. (2002). *Métodos de Investigación en Psicología y Educación.* McGraw Hill.

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*, 30 de diciembre de 2020, 122868-122953.

Martínez, R. y Sotos, M. (2020). Aprendizaje de conceptos geométricos y de orientación espacial, a través del juego, en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia, 9*(2), 21-36.

Navarro Asencio, E. (2017). *Fundamentos de la investigación y la innovación educativa.* Unir Editorial.

NCTM (2003). *Principios y estándares para la educación matemática*. SAEM Thales.

Piaget, J. (1948). *La representation de l'espace chez l'enfant.* PUF.

Pifarré, M., Sanuy, J., Huguet, A. y Vendrell, C. (2003). Rendimiento Matemático en contextos bilingües: Análisis de la incidencia de algunas variables del contexto socio-educativo. *Revista de Investigación Educativa, 21*(1), 183-199.

Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. *Boletín Oficial del Estado, 28*, 2 de febrero de 2022, pp. 14561-14595.

Ricart Aranda, M., Estrada Roca, M., y Margalef Martí, M. (2019). Idoneidad didáctica en educación infantil: matemáticas con robots Blue-Bot. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC, 8*(2), 150-168. https://doi.org/10.21071/edmetic.v8i2.11589

Ruiz, M. y Arteaga, B. (2022). El pensamiento computacional en Educación Infantil: un estudio de caso con KUBO. *Contextos Educativos, 30,* 41-60. https://doi.org/10.18172/con.5372

Vanegas, Y. (2018). Percepción, interpretación y representación del espacio. En M. C. Muñoz y J. Carrillo (Eds.), *Didáctica de las matemáticas para maestros de Educación Infantil* (pp. 213-240). Paraninfo.

Vecino, F. (2005). Representación del espacio en el niño. El espacio como modelo de desarrollo de las distintas geometrías. En M.C. Chamorro (Coord.), *Didáctica de las Matemáticas para Educación Infantil* (pp. 255-277). Pearson Prentice Hall.

UNIDADES DIDÁCTICAS Y PLANES DE ESTUDIO ADAPTATIVOS PARA STEM

ALEXANDRA PARRA-HERNÁNDEZ
INGRID CAROLINA COVALEDA-RODRÍGUEZ
NICOLÁS AYALA-TOVAR
VIRGINIA HEBE AVENDAÑO-VARGAS
ESCOLE Experiencias de Aprendizaje

1. INTRODUCCIÓN

La educación en el laboratorio STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se convierte en un componente esencial para el fomento de habilidades científicas y técnicas que tienen una relevancia significativa en la sociedad actual. En este contexto, la adaptación e implementación de Unidades Didácticas y planes de estudio específicamente diseñados para las disciplinas STEM se ha convertido en una prioridad en la evolución de la pedagogía. Este enfoque surge como una solución a los desafíos presentes en la educación, al privilegiar la enseñanza de las ciencias de manera integrada y haciendo hincapié en sus aplicaciones prácticas en el mundo real (García Cartagena et al., 2017, p. 39).

En una primera fase, exploramos la adaptabilidad y pertinencia de las Unidades Didácticas y los Planes de Estudio en la enseñanza de STEM, enfocándonos en su potencial para abordar desafíos que a menudo se presentan en enfoques pedagógicos más tradicionales. A continuación, examinamos las mejores prácticas para la integración de estas herramientas pedagógicas en el marco de la Pedagogía Escole®, una pedagogía emergente que se caracteriza por su enfoque personalizado, adaptativo y disruptivo, donde el aprendizaje se impulsa desde el deseo de descubrir y la voluntad de logro, en lugar de imposiciones socioculturales (Parra, 2023). Destacamos especialmente aquellas estrategias que han demostrado tener un impacto significativo en la mejora de la

comprensión y retención del conocimiento, fomentando un aprendizaje profundo y experiencial.

De igual manera, se mostrará el grado de adaptabilidad de dichas unidades y planes en el contexto del Colegio Personalizado Renfort, reconociendo que cada ambiente educativo tiene sus propias particularidades y desafíos inherentes. El Colegio Personalizado Renfort es una institución educativa de carácter privado ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia, comprometida con la educación y el desarrollo de los niños, niñas y jóvenes a través de la innovación educativa por medio de la Pedagogía Escole como una experiencia de aprendizaje personalizada, adaptativa y disruptiva (Parra, 2023).

En conclusión, se busca evidenciar cómo una flexibilización innovadora de las Unidades Didácticas, combinada con Planes de Estudio estratégicamente diseñados, puede revolucionar la enseñanza en STEM, adaptándose a las particularidades de cada aula y optimizando la absorción de contenidos por los estudiantes. Esto, a su vez, hace que la enseñanza sea más coherente, pertinente y dinámica, contribuyendo al avance de la educación STEM en la sociedad contemporánea.

2. COMPARACIÓN DE ENFOQUES PEDAGÓGICOS: EFICACIA DE LA INTEGRACIÓN DE UNIDADES DIDÁCTICAS Y PLANES DE ESTUDIO EN LA ENSEÑANZA DE MATERIAS STEM

El término STEM, que proviene del acrónimo en inglés de "*Science, Technology, Engineering and Mathematics*" en español “ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas”, tiene como propósito fomentar un enfoque transdisciplinario en la enseñanza de estas asignaturas, relacionándolas con la realidad de los estudiantes. Esto se logra a través de experiencias significativas y pertinentes para cada uno de ellos. Este tipo de enfoque integrado permite a los estudiantes establecer conexiones cognitivas, facilitando así la comprensión de los fundamentos teóricos en estas áreas. La integración del aprendizaje en contextos globales es uno de los aspectos más atractivos de la educación STEM, ya que habilita a los estudiantes para abordar sus propias necesidades y las de

su entorno, fomentando la interconexión de conocimientos a lo largo de sus vidas (Vásquez et al., 2013).

Dentro del enfoque pedagógico Escole®, el laboratorio STEM emerge como una perspectiva sumamente innovadora en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Aunque a primera vista puede parecer que se compone de cuatro disciplinas independientes, su verdadero valor radica en su capacidad para entrelazar de manera efectiva las contribuciones únicas que cada una de ellas puede aportar al estudio de un fenómeno de aprendizaje específico. La interconexión de conocimientos promovida por el laboratorio STEM complementa de manera coherente el enfoque transdisciplinario, proporcionando una visión más completa y efectiva de cómo estas disciplinas pueden relacionarse entre sí y con el entorno real.

En el contexto de la práctica educativa actual, se ha vuelto esencial la creación de Unidades Didácticas efectivas para brindar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje significativa y enriquecedora. Específicamente, en el Laboratorio STEM, estas Unidades Didácticas desempeñan un papel crucial al seleccionar y combinar conocimientos relacionados con las disciplinas científicas. Este enfoque interdisciplinario y la diversidad de recursos pedagógicos contribuyen de manera efectiva a una educación STEM integral y coherente para los estudiantes. Esto, a su vez, les capacita para abordar no solo aspectos cognitivos, sino también emocionales y volitivos, orientando su desarrollo en consonancia con las demandas de su entorno. Esta perspectiva de formación promueve gradualmente tanto competencias genéricas como habilidades específicas, con un enfoque en la formación en valores y el desarrollo de habilidades integrales (Castro-campos y Rojas, 2015).

Las Unidades Didácticas representan una metodología de planificación y organización de los procesos de enseñanza-aprendizaje, con una estructura metodológica interna coherente que se extiende por un periodo de tiempo específico (Ibañez, 1992). En el contexto actual de la educación, donde se enfatiza en la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, un diseño didáctico efectivo se define por su capacidad de adaptación a las necesidades individuales de los educandos, por lo cual, es necesario establecer una serie de criterios que

faciliten la creación de Unidades Didácticas ajustadas de forma óptima a las particularidades de los estudiantes (Oliva, 2019).

Frente a esto Sanmartí (2000), propone seis criterios que guían la construcción de las Unidades Didácticas, siendo estos la definición de finalidades y objetivos, la selección de contenidos, la organización y secuencia de los contenidos, la selección y secuencia de las actividades, la evaluación de los contenidos y la organización y gestión del aula.

En la Pedagogía Escole® se concibe la Unidad Didáctica como una herramienta de planificación del proceso de aprendizaje, a emplear como un elemento integrador de habilidades y saberes que se convierten en el eje articulador de conocimientos esenciales, proyectos, actividades y comprobaciones, aportándole consistencia y sentido al proceso de aprendizaje. Esta forma de organizar conocimientos y experiencias debe considerar la diversidad de factores que contextualizan el proceso: 1. Nivel de desarrollo del estudiante. 2. Plan de Estudios. 3. Plan Factible 4. Proyectos Transversales. 5. Proyectos institucionales y finalmente, 6. Modalidad de Estudio. Regular la práctica de los conocimientos esenciales, seleccionar los objetivos básicos que pretende conseguir, las pautas metodológicas con las que trabajará, las experiencias de aprendizaje necesarios para adquirir en habilidades y lograr que cada estudiante encuentre su talento dando respuesta al fenómeno de aprendizaje es la meta de una práctica docente en STEM.

Los elementos fundamentales a la hora de elaborar una unidad didáctica son los señalados a continuación:

Cuadro resumen de aprendizaje por fenómenos. Se encuentran presentes elementos principales de la formulación del fenómeno. Dado a que la Pedagogía Escole® se fundamenta en un aprendizaje basado en fenómenos, se deja este apartado para que el docente tenga la posibilidad de desarrollar las estrategias y actividades que se van a aplicar para motivar y contextualizar a los estudiantes.

Fenómenos en Aula. Se destacan los elementos claves para la formulación del fenómeno. Dado que, la Pedagogía Escole® se fundamenta en un aprendizaje basado en fenómenos, este apartado proporciona al docente la flexibilidad para elegir el evento, objeto, situación o

acontecimientos que fue percibido o experimentado por un individuo o una sociedad, permitiendo que las secuencias y actividades sean parte de una andamiaje de las manifestaciones concretas de la realidad tal como aparecen en la experiencia subjetiva de una persona y que son facilitadores del aprendizaje significativo y experiencial en el aula.

Secuencia de Aula. En este apartado se establecen los conocimientos esenciales que se proyectan y las habilidades que se esperan desarrollar organizando la información con base en la taxonomía de Marzano (2007) y el diseño propio del Plan de Estudios de la Pedagogía Escole®. Así mismo, se describen las fases del ***Learning Crop***[3]**.**

Andamiajes en Aula. En el contexto de las Unidades Didácticas, se asigna un espacio específico a los momentos de aprendizaje identificados por Dehaene (2019), que comprenden la atención y exploración, la intervención activa, el retorno de la información y la consolidación. En esta sección, se detallan las actividades o experiencias de aprendizaje, tareas diarias y evaluaciones planificadas para cada una de estas fases. Asimismo, se ofrecen sugerencias de recursos didácticos que pueden respaldar eficazmente cada uno de estos momentos.

Dehaene (2019), explica que los seres humanos nacen con una configuración cerebral que denota una serie de habilidades (predisposición para aprender idiomas, orientación espacial, reconocimiento facial, conciencia de objeto y número), sobre las que se construye el aprendizaje futuro, y que además poseen un conjunto de circuitos y reglas de aprendizaje similares por lo que los métodos de enseñanza que se pueden aplicar de manera generalizada, teniendo en cuenta la individualidad para hacerlos más atractivos y mejorar la motivación. Estos momentos de aprendizaje fueron adaptados para la Pedagogía Escole® asimilando sus bases para que cada experiencia tuviera sentido para los estudiantes.

[3] *Learning Crop,* estrategia de investigación que combina los conocimientos fundamentales planteados para un período académico o estación con un fenómeno específico dentro de su contexto. Parra Hernández (2023)

Sowing es Atención y Exploración

En el proceso de aprendizaje, la atención juega un papel crucial, ya que es el mecanismo mediante el cual el cerebro selecciona y profundiza en la información relevante. En este contexto, la Unidad Didáctica se presenta como una secuencia fundamental que propone actividades destinadas a cautivar y conectar al estudiante con el fenómeno de aprendizaje y los conocimientos esenciales de las asignaturas STEM, con el propósito de potenciar niveles óptimos de atención.

Growing es Intervención Activa

En la fase de Intervención Activa, se busca motivar e incentivar la curiosidad del estudiante, proporcionando un entorno estructurado que fomente su participación activa y estimule la creatividad. Esta etapa se integra de manera coherente con la Unidad Didáctica, que plantea actividades diseñadas para guiar al estudiante en la conceptualización, práctica y experimentación de los conocimientos en el contexto del fenómeno de aprendizaje. Así, se promueve un proceso de aprendizaje efectivo y significativo en el que el estudiante se involucra con sus saberes previos y aquellos que puede llegar a experimentar.

Blossom es Retorno de la Información

Se enfatiza en el error como una oportunidad de aprendizaje y se brinda retroalimentación constante al estudiante para indicar tanto aciertos como errores. Esta fase se integra de manera coherente con la Unidad Didáctica en las asignaturas del laboratorio STEM, ya que en este punto se promueven actividades de "pruning o poda" y evaluación formativa y sumativa. Estas actividades permiten a los estudiantes identificar sus errores y abordar las dificultades que han surgido a lo largo de la estación de aprendizaje. De esta manera, se fomenta un proceso de mejora continua y un aprendizaje más efectivo.

Harvest es Consolidación

El estudiante ha acumulado habilidades y conocimientos de manera progresiva, lo que le capacita para diseñar y ejecutar proyectos de forma

autónoma y precisa. En este punto, la Unidad Didáctica incluye actividades orientadas a la evaluación sumativa de los descubrimientos realizados a lo largo de la estación, al tiempo que fomenta la autoevaluación por parte de los estudiantes. Este momento resulta de gran relevancia, ya que contribuye al desarrollo de la independencia de los

Cada unidad didáctica se estructura de manera coherente para facilitar el aprendizaje progresivo dentro del currículo de las asignaturas que pertenecen al Laboratorio STEM. Por lo general, comprende una introducción al fenómeno, actividades de exploración y análisis, interacciones en grupo, lecturas seleccionadas, comprobaciones y evaluaciones de demostración de la hipótesis. Esta estructura ayuda a los estudiantes a comprender los conceptos de manera más profunda y a aplicarlos en diversos contextos.

2.1. Unidades Didácticas y Planes de Estudio en la Enseñanza de Materias STEM

La prescripción inherente a los planes de estudio actuales, que enseñan matemáticas, ciencias y tecnología de manera segmentada y convencional, ha limitado la capacidad de establecer conexiones entre estas materias y de explorar su significado más allá de los contenidos temáticamente aislados (Nathan et al., 2013). En un contexto en el que la teoría de la complejidad, la teoría de sistemas dinámicos y las ciencias cognitivas ofrecen nuevos enfoques para comprender la cognición y el proceso de aprendizaje, es imperativo abandonar los fundamentos cognitivismos de la enseñanza tradicional, que se basan en la concepción de una mente como procesadora de información y en una pedagogía uniforme centrada en el tratamiento simbólico de los contenidos.

Ahora bien, la eficacia de la integración de Unidades Didácticas y Planes de Estudio en la enseñanza de asignaturas que forman parte del Laboratorio STEM desde la perspectiva de la Pedagogía Escole® se fundamenta en un enfoque educativo que permite a los estudiantes vivir experiencias de aprendizaje activas. Este enfoque busca la integración de diversas áreas de conocimiento con el objetivo de desarrollar competencias para la vida y conectar a los estudiantes con las dinámicas y desafíos del contexto local y global.

El currículum de las asignaturas que conforman el Laboratorio STEM en el Colegio Personalizado Renfort de Bogotá, Colombia, se caracteriza por su enfoque de integración genuina, lo que significa que no se trata de una mera coincidencia que los contenidos de diferentes materias se superponen. Este enfoque se basa en el Aprendizaje Basado en Fenómenos (ABF), que es un enfoque educativo holístico donde el estudiante desempeña un papel central en su propio proceso de aprendizaje. A través de la exploración de fenómenos del mundo real, los estudiantes interactúan con entidades completas en su contexto, lo que les permite establecer conexiones entre la información, los conocimientos y las experiencias (Çimen y Ozevin, 2021).

De acuerdo con Estrada et al. (2021), el ABF se centra en la multidisciplinariedad y la investigación en contextos reales, lo que sienta las bases para el desarrollo de habilidades fundamentales, como la comunicación, el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y una visión global del entorno, desde las primeras etapas escolares. Este enfoque proporciona a los estudiantes una experiencia de aprendizaje auténtica que fomenta la motivación, ya que se centra en sus necesidades y les permite plantear preguntas y problemas que guían su proceso de aprendizaje. Además, el ABF aporta un valor práctico a las teorías al enfocarse en la comprensión de fenómenos del mundo real de manera continua y orientada a objetivos (Mattila y Silander, 2015).

El enfoque del Aprendizaje Basado en Fenómenos (ABF) en el currículum de las asignaturas del Laboratorio STEM, se alinea estrechamente con los principios de integración delineados por Carla C. Johnson et al. (2016) en su trabajo "STEM Road Map". Según Johnson et al., existen cinco características principales que definen una verdadera integración en la educación, en contraposición a una simple coincidencia en la que los contenidos de una materia se superpongan. Estas características son:

1. La definición de objetivos de aprendizaje en una asignatura a partir del contenido y ejercicios de otra.
2. La utilización de la tecnología como elemento integrador o componente intencional del contenido de aprendizaje.

3. La necesidad de aplicar conocimientos de las ciencias naturales o matemáticas en los ejercicios de encontrar respuestas al fenómeno y *What if* planteada.
4. El énfasis en el desarrollo de habilidades y competencias relevantes para el siglo XXI.
5. La resolución de problemas de la vida real como parte integral del contexto de la instrucción.

De esta manera, el ABF no solo busca que los contenidos de las asignaturas se entrelazan, sino que también promueve el desarrollo de habilidades esenciales y la aplicación de conocimientos en contextos del mundo real, lo que contribuye a una educación integral y alineada con las necesidades actuales de la sociedad.

El currículo planteado para las asignaturas del Laboratorio STEM no solo se basan en contenidos que se derivan de los Fenómenos de Aprendizaje, sino que también tienen como objetivo provocar en los estudiantes la cultura de investigación y curiosidad necesarias para que perciban el proceso de aprendizaje como algo activo e interesante. De esta manera, se busca que los estudiantes se involucren de manera significativa en su educación y desarrollen una comprensión profunda de las disciplinas STEM, lo que está en línea con el enfoque de la Pedagogía Escole® y con la adaptabilidad y pertinencia requeridas en el contexto social actual.

3. PRÁCTICAS DESTACADAS EN LA INTEGRACIÓN DE UNIDADES DIDÁCTICAS Y PLANES CURRICULARES EN LA ENSEÑANZA DE STEM DESDE LA PEDAGOGÍA ESCOLE®

Los Planes Curriculares y las Unidades Didácticas constituyen la base fundamental en la que se sustenta la enseñanza experiencial en todas las asignaturas del laboratorio STEM desde el enfoque de la Pedagogía Escole®. En esta línea, las materias como Matemáticas, Física, Química y Ciencias (Biología) buscan, a través de la experimentación, fomentar la curiosidad y cultivar las habilidades esenciales necesarias para formar a los científicos del futuro. Dentro de las prácticas

destacadas que emergen de las Unidades Didácticas, destaca la implementación de informes de laboratorio, los cuales han desempeñado un papel crucial en el desarrollo de competencias en Química y Física. Esta metodología estructurada ha permitido a los estudiantes del Colegio Personalizado Renfort no solo adquirir un conocimiento práctico profundo de manera más sencilla, sino también comprender y aplicar de manera efectiva el método científico.

Se ha observado en el desarrollo de las prácticas STEM un notable impacto en los informes de laboratorio como un producto y una respuesta a las actividades realizadas por estudiantes de primaria y bachillerato. Estas experiencias han impulsado significativamente el desarrollo de habilidades fundamentales. Entre las destrezas que se han fortalecido se incluyen la capacidad para idear soluciones a problemas cotidianos, la habilidad de recopilar datos con precisión y la competencia para comunicar de manera clara y concisa los hallazgos. Es importante destacar que la necesidad de realizar ajustes específicos para cada experimento ha promovido la creatividad y el pensamiento disruptivo, lo cual en última instancia ha contribuido a una comprensión más profunda de los conceptos y al desarrollo de habilidades prácticas.

Otras de las prácticas sugeridas por las Unidades Didácticas incluyen disecciones de órganos como el corazón, cerebro, riñón e hígado de cerdo. La experiencia de observar, tocar y diseccionar un órgano con utensilios quirúrgicos no solo despierta la curiosidad de los estudiantes, sino que también evoca una variedad de emociones que hacen que esta práctica sea memorable. Esto facilita la adquisición de conceptos anatómicos y fisiológicos, brindando un significado más profundo a estos conocimientos al relacionarlos y apropiar su existencia fuera de los dibujos y representaciones digitales.

En el contexto del Colegio Personalizado Renfort, se han implementado diversas actividades propuestas en las Unidades Didácticas que involucran material audiovisual de alta calidad, como los videos de cirugías que son utilizados en las principales escuelas de medicina, como *Harvard* o *Yale*, y que están disponibles públicamente. Estas prácticas han demostrado suscitar un profundo asombro e intriga en los estudiantes, generando habitualmente una serie de preguntas guía que sirven como

punto de partida para las clases subsiguientes. Además, cabe resaltar la incorporación de simuladores que permiten a los estudiantes experimentar fenómenos reales, lo cual se relaciona directamente con las respuestas a las preguntas planteadas para dar inicio al proceso de aprendizaje.

Asimismo, todas las asignaturas refuerzan la enseñanza de sus contenidos al considerar el contexto histórico y la historia de vida detrás de los grandes científicos. El propósito es contrarrestar la idea generalizada de que los descubrimientos científicos que cambiaron la historia fueron obra de individuos extraordinarios en circunstancias excepcionales. En lugar de ello, se busca inspirar a los estudiantes con las historias de vida de estos personajes históricos y, en algunos casos, recrear sus mismos contextos para llegar a las mismas conclusiones. Como resultado, los estudiantes, independientemente de su edad, internalizan la idea de que los grandes descubrimientos no necesariamente provienen de grandes científicos, lo que les inspira y les impulsa a asumir una actitud realista pero optimista hacia la ciencia.

4. RESULTADOS Y CONTRIBUCIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNIDADES DIDÁCTICAS Y PLANES DE ESTUDIO EN STEM: EL CASO DEL COLEGIO PERSONALIZADO RENFORT

El enfoque educativo adoptado por el Colegio Personalizado Renfort ha demostrado ser altamente efectivo en la enseñanza de materias STEM. La integración de Unidades Didácticas y Planes de Estudio ha sido clave en la formación de estudiantes que no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y competencias esenciales para el siglo XXI.

La rigidez característica de los planes de estudio tradicionales de las asignaturas STEM ha dado paso a una metodología más dinámica y completa. Esta evolución ha permitido establecer conexiones significativas entre las diferentes asignaturas, explorando su significado más allá de los contenidos temáticamente aislados.

La adopción de la Pedagogía Escole®, fundamentada en un enfoque educativo que promueve el aprendizaje activo y la integración de diversas

áreas de conocimiento, ha brindado a los estudiantes del Colegio Personalizado Renfort la oportunidad de vivir experiencias educativas enriquecedoras. Esta aproximación no solo se limita a la adquisición de conocimientos, sino que también conecta a los estudiantes con la realidad local y global, preparándolos para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

Uno de los aspectos más destacados de esta implementación ha sido el uso de informes como herramienta pedagógica. Esta metodología ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de competencias en química y física. Los estudiantes han logrado no solo adquirir un profundo conocimiento práctico, sino también comprender y aplicar el método científico de manera efectiva. Además, la necesidad de realizar ajustes específicos para cada experimento ha fomentado la creatividad y un pensamiento disruptivo, contribuyendo a una comprensión más profunda de los conceptos y al desarrollo de habilidades experienciales.

Otras prácticas sugeridas por las Unidades Didácticas, como la utilización de material audiovisual investigativo y pedagógico, han generado una mayor curiosidad y participación de los estudiantes. Estas experiencias, además de ser memorables, han facilitado la adquisición de conceptos anatómicos y fisiológicos, así como el desarrollo de habilidades de observación y análisis.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación de Unidades Didácticas y Planes de Estudio en STEM en el Colegio Personalizado Renfort ha demostrado ser un enfoque altamente efectivo y congruente con la Pedagogía Escole® para la formación integral de los estudiantes. La integración interdisciplinaria de asignaturas, la aplicación de metodologías innovadoras y la contextualización de los contenidos han contribuido de manera significativa al desarrollo de habilidades, competencias y una comprensión profunda de las disciplinas STEM.

Este enfoque educativo no solo prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos actuales, sino que también los empodera para abordar los desafíos futuros en un mundo cada vez más tecnológico y científico. La Pedagogía Escole® se revela como un pilar fundamental en la formación

de individuos capaces de adaptarse, innovar y contribuir de manera significativa a la sociedad en constante evolución a partir de la ciencia.

La Pedagogía Escole®, al ser llevada a la metodología STEM, va más allá de la mera transmisión de conocimientos. Busca fomentar la curiosidad, el pensamiento crítico y generar en los estudiantes la habilidad para diseñar soluciones a los problemas y vivencias que afrontan en sus entornos, comunidades o lugares de encuentro. Los estudiantes deben tomar un rol más crítico en el uso de la metodología STEM pasando del utilitarismo de los hechos y fórmulas a cimentar sus propuestas en la cuestión, el quehacer del investigador y la experimentación a base de error como demostración de aprendizaje.

Alcanzar la actualización de las prácticas docentes y la transformación del ecosistema educativo inicia con la adaptación de las Unidades Didácticas y Planes de Estudio en STEM con ejemplos de la vida real y aplicaciones prácticas en el mundo cotidiano intentando que los conocimientos ya no sean transmitidos desde una pizarra y un dibujo sino pasando al material concreto y científico.

La evaluación crítica de los Planes de Estudio y el diseño de las Unidades Didácticas de las disciplinas STEM bajo la lente de la Pedagogía Escole® refleja un compromiso inquebrantable con la excelencia educativa. Este análisis detallado de los enfoques pedagógicos aplicados en nuestras experiencias, vinculado con los objetivos educativos, se convierten en anclas para la mejora continua de nuestras prácticas docentes.

6. REFERENCIAS

Dehaene, S. (2019). ¿Cómo aprendemos? Los cuatro pilares con los que la educación puede potenciar los talentos de nuestro cerebro. Editorial Siglo XX.

Castro-Campos, P. A. y Rojas, J. J. (2015). Estilos de enseñanza de los docentes del área de didáctica de la licenciatura en educación física, deportes y recreación [Trabajo de maestría, Universidad del Tolima, Colombia]. http://repository.ut.edu.co/handle/001/1590

Estrada, A. V., Espinoza, F. H. R., & Cervantes, R. E. (2021). Revisión Bibliográfica: Estrategia del Aprendizaje basado en Fenómenos. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 5(2), 1820-1835.

García Cartagena, Y., Reyes González, D. S. M. y Burgos Oviedo, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. Revista Electrónica Diálogos Educativos 33(18), 37-48. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codig o=6212470

Ibáñez, G. (1992). Programación didáctica planificación y gestión análisis de necesidades planificación de Unidades Didácticas, una propuesta de formalización. Obtenido de http://www.grao.com/revistas/aula/001

Johnson, C. C., Watson, J. B., & Peters-Burton, E. E. (2024). STEM Road Map Curriculum Series: STEM Road Map for Elementary School Grade 5. Routledge.

Marzano, R. & Kendall, J. (2007). The new taxonomy of educational objectives (2nded.). Corwin Press.

Mattila, P. & Silander, P. (2015). How to create the school of the future: Revolutionary thinking and design from Finland. University of Oulu, Center for Internet Excellence. School Innovation and Learning Center (SILC) – project funded by European Social Fund (ESF). bit.ly/40iHZyZ

Parra Hernández, A. (2023). La Pedagogía Escole®: Una innovadora experiencia de aprendizaje en Colombia. II CONGRESO INTERNACIONAL. Innovación Docente, Educación y Transferencia del Conocimiento. Madrid España.

Vásquez, J., Sneider, C. y Comer, M. (2013). STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Heinemann.

CANALES DE TELEGRAM COMO GENERADORES DE RECURSOS PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA Y EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

JUAN-FRANCISCO ÁLVAREZ-HERRERO
Universidad de Alicante

1. INTRODUCCIÓN

La actual ley de educación imperante en España en las enseñanzas preuniversitarias, la llamada Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se Modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE), establece que contenidos como la Robótica Educativa (RE), la Programación (PG) y el Pensamiento Computacional (PC) deben ser tratados desde edades bien tempranas, ya desde la educación infantil deben de trabajarse en el aula. De ahí que se hace necesario que tanto los docentes en activo como los futuros docentes en formación, adquieran los conocimientos necesarios para llevar estos a sus aulas y a sus estudiantes.

La LOMLOE se empezó a implementar el 19 de enero de 2021 y no terminará de hacerlo hasta el curso 2023/2024 que lo hace en 2º y 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y en 2º de Bachillerato. La incorporación de la RE, la PG y el PC en los estos años y en los años previos a la implementación de la LOMLOE, ha estado llena de luces y sombras. En algunas comunidades autónomas o incluso se puede decir, que en casos muy puntuales y particulares, fruto del interés de algunos docentes comprometidos con las enseñanzas de estos contenidos; fueron incorporándose de forma casi experimental con muy buenos resultados (González-Fernández et al., 2021; Orcos y Aris, 2019; Pina-Calafi, 2017; Vivas-Fernández y Sáez-López, 2019), incluso cobrando un mayor

protagonismo en las edades más tempranas, en la educación infantil (Álvarez-Herrero, 2020; Bel y Esteve, 2019; Recio, 2019; Sánchez-Vera y González-Martínez, 2019). Sin embargo, también se ha comprobado una deficiencia en cuanto a la formación en estos contenidos por parte de los docentes en activo (Álvarez-Herrero, 2019) que no se encuentran lo suficientemente capacitados como para enseñar estas materias a su alumnado; así como una falta de ser abordados en los currículos de las facultades de educación de todo el país, donde se están formando a los futuros docentes para poder ejercer en preparar a los ciudadanos del mañana (Álvarez-Herrero et al., 2022; Sánchez-Vera, 2020).

Por ello, ante la reciente necesidad de implementación de estos contenidos en las aulas de la educación pre-universitaria, se han multiplicado los esfuerzos para conseguir que tanto docentes en activo como los futuros docentes estén preparados para acometer su enseñanza en las aulas. Tanto el número de formaciones realizadas por las administraciones educativas a través de los centros de profesores u otras organizaciones y de docentes en las universidades, como la aparición de libros de texto y materiales comerciales realizados por diversas editoriales, se han visto incrementados considerablemente en los últimos años (Álvarez-Herrero, 2021a; Borrull et al., 2020; González-Gallego et al., 2021; Rodríguez, 2020; Serrano et al., 2020; Zapata-Ros, 2019).

A pesar de todos estos esfuerzos, una de las cosas que siguen reclamando los docentes en activo es la falta de recursos y formación existente sobre RE, PG y PC. Y también muchas facultades de educación siguen sin ofrecer en sus asignaturas de los grados de educación, contenidos de este tipo (Hernández, 2019; Moreno, 2021; Soto-Solier et al., 2023). Por todo ello, el profesorado debe buscar en otros canales y medios, aquellos recursos que le van a poder permitir formarse en RE, PG, y PC. Se recurre a la autoformación, a la formación no formal, y a la consecución de recursos desde las redes sociales, o a través de contactos y conocidos que han pasado previamente por una situación familiar. Basta con sondear algunas de las redes sociales más conocidas y cómo ante la llamada de auxilio de algún docente que pide ayuda para implementar estos contenidos en su aula, siempre surgen otros docentes dispuestos a ayudarle y ofrecerle sus materiales. La innovación

educativa, ya sea en forma de metodologías activas o de recursos como la RE, la PG y el PC, están muy presentes actualmente en las redes sociales (Roig-Vila y Álvarez-Herrero, 2019; Sotaminga y Apolo, 2021). Pero actualmente, las redes sociales y la presencia en estas del colectivo docente en el ámbito español, está sufriendo una serie de migraciones y cambios (Álvarez-Herrero, 2022). Si hace unos años el colectivo docente estaba en redes sociales como Facebook o Twitter (la actual X), hoy en día podemos encontrar que muchos de estos docentes están ahora presentes en redes como Instagram o en el servicio de mensajería instantánea Telegram. Precisamente este último recurso, Telegram, está presentando una inusitada actividad por parte de muchos docentes que se reúnen entorno a una serie de canales por temas de interés, y en los que comparten recursos, orientaciones, consejos, etc., sirviendo a la vez como recurso de información y comunicación (Cisternas-Osorio et al., 2022), y por tanto siendo un medio de autoformación que repercute positivamente en un mayor desarrollo profesional del docente (Fernández-Escribano, 2020). Son muchas las áreas y materias que ya cuentan con canales en Telegram llenos de docentes interesados en formarse y compartir recursos. Así por ejemplo encontramos canales de las áreas STEM (Álvarez-Herrero, 2021b), ciencias contables (Machado y Nantes, 2021), etc.

2. OBJETIVOS

El objetivo de esta investigación pasa por identificar aquellos canales que en Telegram existen en el ámbito de las disciplinas RE, PG y PC, más concretamente en el ámbito educativo de las enseñanzas de las etapas educativas pre universitarias (educación infantil, primaria y secundaria), y tras analizar sus características, comprobar si son recursos que favorezcan el autoaprendizaje o autoformación entre los docentes, además de servir de medio para compartir recursos, experiencias, buenas prácticas y demás materiales que garanticen un mayor desarrollo docente en estas disciplinas.

Al igual que ocurre con otros servicios de mensajería instantánea como WhatsApp y como ya hemos comentado, las posibilidades de utilizar

estos servicios para la autoformación, es realmente interesante. Y de alguna manera, esta autoformación que en este medio se realiza, debería estar reconocida y valorada, tanto por las administraciones como por las instituciones educativas.

3. METODOLOGÍA

3.1. Unidades de análisis

Para llevar a cabo esta investigación se realizó un estudio cualitativo, basado en el análisis documental de la información encontrada en Telegram sobre aquellos canales que respondiesen a temáticas centradas en el ámbito de las disciplinas de la RE, la PG y el PC y más concretamente en el ámbito educativo español de las etapas educativas ya mencionadas.

3.2. Variables

Para determinar que canales del ámbito buscado, se realizó una búsqueda en el propio buscador de Telegram con diferentes palabras clave: "Robótica Educativa", "Programación" + "Educación", "Pensamiento Computacional" + "Educación", "Código", "Educación Infantil" + "Robots", "Educación Primaria" + "Robots", y "Educación Secundaria" + "Robots". Tras esta búsqueda resultaron un total de 21 canales relacionados con las disciplinas de las ciencias experimentales.

Para conocer sus características, así como para analizar las posibilidades de aprendizaje a nivel de autoformación del colectivo docente, tras una primera observación y análisis de dichos canales, se determinaron las siguientes variables a ser tenidas en cuenta:

- ID: identificación del canal
- nombre del canal
- info: información que aparece en los ajustes del canal
- miembros: número de cuentas que se han subscrito a este canal

- interacción: S: si sí permite la participación de los miembros con sus aportaciones y comentarios; o M: si los miembros del canal están muteados y no pueden ni participar ni aportar
- última actividad: fecha de la última actividad detectada (cabe decir que la recogida de datos se realizó el 15 de octubre de 2023)
- observaciones: particularidades detectadas del canal
- creado: fecha de creación del canal
- actividad: nivel de actividad detectado, que, entre otros valores más puntuales, puede ser: sin actividad, activo mientras duró, activo, y muy activo

3.3. Procedimiento

El día 15 de octubre de 2023 fueron realizadas las búsquedas de canales. En una tabla de Microsoft Office Excel fueron recogidos los valores que para cada una de las variables se observaron.

3.4. Análisis de datos

Los datos recogidos en la tabla de Excel fueron codificados y analizados únicamente en base a frecuencias y porcentajes.

4. RESULTADOS

Como hemos comentado después de haber realizado la búsqueda selectiva mediante las palabras clave comentadas y de eliminar aquellos canales que no tenían que ver con el ámbito educativo, se obtuvieron 9 resultados, los cuales podemos ver en la tabla 1 ordenados de mayor a menor número de miembros o subscriptores y en los que aparecen con su número de identificación, su nombre y la información que aparece o no, disponible en las características del canal cuando accedes a él en Telegram.

Una primera valoración a partir de la información que aparece, así como de lo observado al realizar la búsqueda, nos da estos resultados en cuanto al tipo de canal del que se trata:

– 6 canales que sí permiten la interacción con la totalidad de sus integrantes (1, 2, 4, 5, 6, y 7).

– 3 canales que están muteados y no permiten la interacción entre los subscriptores o participantes (3, 8 y 9).

***TABLA 1**. Listado de los 21 canales encontrados del ámbito de las ciencias experimentales*

ID	Nombre del canal	info
1	Robótica Educativa en Infantil y Primaria	Grupo creado para compartir experiencias de robótica educativa entre alumnos, maestros y profesores sobre todo para infantil y primaria (makey makey, beebot, mbot... y lo que surja)
2	Robótica Educativa en Secundaria	Grupo creado para compartir experiencias de robótica educativa entre alumnos, maestros y profesores sobre todo para secundaria y últimos cursos de primaria (mbot, Ranger,... y lo que surja)
3	Robótica Educativa	Compartimos recursos
4	Robótica y programación Educativa	Grupo de Robótica y programación Educativa. t.me/robotedu
5	Escornabot Fans	http://escornabot.com/web/es/what Grupo creado para reunir a los fans de escornabot y compartir experiencias.
6	Robots con impresión 3D, Arduino y Raspberry Pi	Como su nombre indica un grupo donde compartir proyectos de robótica y dudas de: impresión 3D, Arduino, Raspberry Pi y programación.
7	Robótica educativa en la Región de Murcia	El grupo de robótica educativa de la Región de Murcia es un espacio horizontal dedicado a la robótica, la programación y el Pensamiento Computacional en la educación. Para compartir recursos, conocer experiencias educativas y potenciar la colaboración.
8	Curso Robótica Educativa	Dirigido a profesores, estudiantes, universitarios, padres de familia y público en general.
9	Pensamiento_Computacional	https://t.me/pensamientocomputacional

Fuente: elaboración propia

No se han tenido en cuenta canales que iban más allá del ámbito educativo, como por ejemplo el canal: Robótica (con 3925 suscriptores), por estar básicamente enfocado al tema de la robótica industrial; o el canal: Programación (con 1274 subscriptores), ya que igualmente el

tema de la programación es llevado en este canal al ámbito empresarial y a la informática no escolar.

A continuación, trataremos el resto de variables contempladas para cada uno de los 21 canales y que podemos observar en la tabla 2.

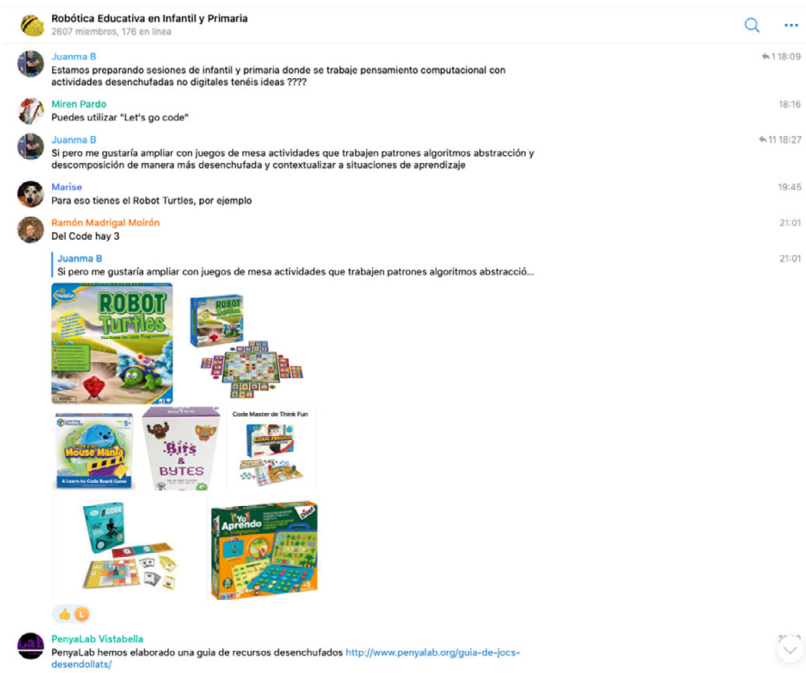
***TABLA 2**. Listado con las variables que nos dan las características de los 21 canales encontrados del ámbito de las ciencias experimentales*

ID	miembros	interacción	última actividad	observaciones	actividad
1	2606	S	15-10-2023	Se comparten recursos, experiencias, consejos, buenas prácticas,	muy activo
2	853	S	14-10-2023	Se comparten recursos, experiencias, consejos, buenas prácticas,	muy activo
3	534	M	12-01-2021	Ofrecían recursos, enlaces, materiales sobre RE en todos los niveles o etapas. Siguen disponibles.	sin actividad
4	431	S	15-10-2023	Con presencia de docentes de España y Sudamérica. Se comparten información y recursos	muy activo
5	413	S	15-10-2023	Compuesto principalmente por docentes, fans del Escornabot, donde se comparte información y recursos	muy activo
6	348	S	15-10-2023	Aunque su nombre es bastante genérico, está enfocado al ámbito educativo, compartir recursos e informar	muy activo
7	144	S	15-10-2023	Con amplia presencia de docentes de la región de Murcia, se comparten información y recursos	muy activo
8	98	M	12-10-2023	Se ofertan cursos de formación de Robótica educativa, principalmente del ámbito de Sudamérica	activo
9	38	M	11-01-2021	Creado en enero de 2021 y no ha publicado nada	sin actividad

Fuente: elaboración propia

Tal y como podemos apreciar en la tabla 2, hay 6 canales que tienen más de 300 miembros, destacando por encima de todos ellos el canal 1, canal de Robótica educativa en Infantil y Primaria, con 2606 miembros (ver Figura 1). Por debajo de este encontramos su homólogo para la etapa de secundaria, con 853 miembros. Sorprende que el tercer canal en número de miembros, Robótica educativa (534), esté muteado, y no permita la interacción entre sus miembros, solamente difunde recursos a través de la persona o personas que lo crearon y que son las propietarias del canal. E igualmente sorprendente resulta el que este canal se muestre inactivo desde enero de 2021. Es decir, desde principios del año 2021 no ha tenido actividad alguna, y al estar el canal muteado, como el creador de dicho canal no ha puesto información, nadie más ha podido ponerla y por tanto podemos decir que sus miembros están siguiendo un canal fantasma, un canal sin actividad.

FIGURA 1. *Captura de pantalla del canal 1: Robótica educativa en Infantil y Primaria*



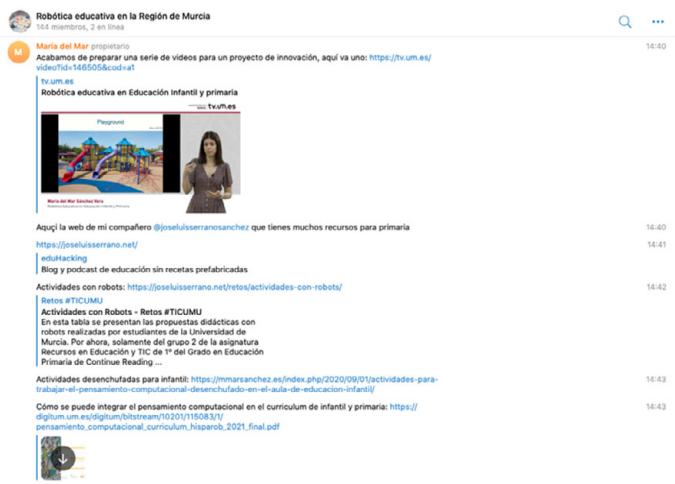
Fuente: elaboración propia

De los 9 canales, 3 (33,3 %) están muteados y no permiten la participación de cualquiera de sus miembros a excepción del creador, y los restantes 6 (66,7 %) si permiten la participación e interacción entre todos sus miembros, lo cual siempre permite enriquecer la información y el conocimiento que se comparte.

A partir de los datos de la fecha de su última actividad y la actividad observada, podemos concluir que:

- 2 canales (3 y 9) se muestran sin actividad, el 9 concretamente desde su creación. Ambos canales, además, no permiten la interacción.
- De los restantes 7 canales, uno, el canal 8, que, además, también es uno de los muteados, presenta una actividad normal, mientras que los otros 6, todos ellos interactivos, se muestran muy activos, con varios mensajes al día en muchos de los casos.

FIGURA 2. *Captura de pantalla del canal 7: Robótica educativa en la Región de Murcia*



Fuente: elaboración propia

Por materias, aunque realmente se ha encontrado recursos, materiales e información de las 3 en todos los canales analizados, a partir de sus títulos, 7 tratan la RE, 1 el PC, y 1 compagina la RE y la PG. Concretamente, sorprende que el único canal que trata de forma unívoca el PC,

fue creado y nunca más se supo. Es decir, su creador o creadores, no han hecho ninguna publicación ni han compartido información o recursos, y a pesar de ello, cuenta con 38 seguidores.

Otro canal que sorprende, pero este de modo positivo, es el canal 7, Robótica educativa en la Región de Murcia (ver Figura 2), pues tiene 144 suscriptores y se muestra muy activo, con docentes de todas las etapas educativas, compartiendo materiales y recursos sobre RE, PG y PC.

5. DISCUSIÓN

Tras los resultados obtenidos y previamente presentados, podemos afirmar que si bien la herramienta Telegram para favorecer la autoformación en las áreas de la RE, la PG y el PC, ha demostrado en la mayoría de los casos analizados, que sí supone una experiencia positiva y generadora de comunicación, información y conocimiento y por tanto de autoaprendizaje; no podemos afirmar que sea una práctica muy extendida o conocida, pues se ha constatado un número muy reducido de canales, con números de suscriptores discretos (comparados con otros canales de otras áreas o materias) (Álvarez-Herrero, 2021b), y muy centrados en solo la RE y poco en la PG y el PC.

Sin más, solo hay que comprobar que todavía es muy escasa y reciente la literatura y fuentes científicas que abordan este tema (Álvarez-Herrero, 2021b; Cisternas-Osorio et al., 2022; Fernández-Escribano, 2020; Machado y Nantes, 2021). Todavía sigue siendo un tema difícil de aceptar por parte del colectivo docente, el utilizar las redes sociales para mejorar y favorecer el aprendizaje y la formación y con ello provocar un desarrollo profesional muy interesante. De ahí que sea muy loable la experiencia constatada como muy buena práctica, la del canal 7, Robótica educativa en la Región de Murcia, ya que consigue contagiar a 144 docentes de dicha región, interesados en la RE y el PC. Docentes que se muestran muy proactivos, sumando esfuerzos y compartiendo información, conocimiento y aprendizajes. Además, en tiempos como los actuales en los que la Inteligencia Artificial (IA), amenaza o beneficia, con ser capaz de generar recursos, también de RE, PG y PC para cualquier etapa educativa; los participantes en este canal son

capaces de adecuar los recursos y materiales que en este canal comparten, con la IA.

También se constata que otras disciplinas, como por ejemplo las del ámbito de las STEM, presentan un mayor número de canales, de participantes y se muestran mucho más activos (Álvarez-Herrero, 2021b) que los de las áreas de la RE, la PG y el PC.

6. CONCLUSIONES

Hemos constatado que, si bien hay excelentes casos de canales de Telegram entre docentes que permiten una autoformación, un compartir información y recursos y por tanto un aprendizaje y un desarrollo profesional notable; queda mucho camino por recorrer antes de que podamos afirmar que se trata de una herramienta consensuada para este tipo de prácticas. Se han dado casos fallidos como canales sin actividad o que han sido experiencias muy cortas, con resultados más que dudosos.

Ello no impide que se siga apostando por este tipo de recurso a la hora de la autoformación, pues como ya se ha visto puede permitir que se den muy buenas prácticas de uso, y que estas no solo estén condicionadas a cuando la situación requiere una imposibilidad de formación presencial, pues hay canales que siguen muy activos y generando aprendizajes y que surgieron antes de la pandemia del coronavirus; y otros a pesar de haber surgido a raíz de la pandemia, siguen perdurando aun cuando ya se ha regresado de forma presencial a las aulas. Algo han tenido que ver de positivo en estos canales los docentes, cuando aun a pesar de volver a la presencialidad, siguen apostando por ellos.

Si cabría apostar por promover formaciones entre los docentes en el uso e implementación de este recurso de los canales de Telegram, no solo en busca de un beneficio personal-profesional, sino también buscando el servir de medio de comunicación, intercambio de información y recursos, así como de generador de aprendizajes gracias a la interacción que se produce, entre el docente y su alumnado.

No podemos olvidar que habrá otros muchos canales que por sus características de partida han quedado fuera de esta investigación: el tratar

de forma general las tecnologías digitales, el estar en otro idioma distinto al castellano, etc.; pero que seguramente entre su contenido e interacción se está trabajando también las materias de la RE, la PG y el PC. Ni tampoco se ha de perder de vista, que si bien en esta investigación, por los intereses focalizados en estas tres materias, hay que advertir que existen y deberían existir más, prácticas de buen uso de estos canales de Telegram en otras disciplinas de tecnología educativa y en otras materias. Por todo ello, se desea insistir en el buen papel que pueden hacer las redes sociales siempre que se aprenda a hacer un buen uso de las mismas. No sólo permiten una mejora en la motivación y el interés, sino también como se ha comprobado, una mejora en la autoformación y el aprendizaje del docente, y por consiguiente también de su alumnado.

7. REFERENCIAS

Álvarez-Herrero, J. F. (2019). Interés por la robótica y el pensamiento computacional entre el futuro profesorado de Educación Infantil. En, *Conference Proceedings EDUNOVATIC 2019* (pp. 53-57). REDINE. https://bit.ly/roboINF

Álvarez-Herrero, J. F. (2020). Pensamiento computacional en Educación Infantil, más allá de los robots de suelo. *Education in the Knowledge Society (EKS), 21*(2020), Article 21. http://dx.doi.org/10.14201/eks.22366

Álvarez Herrero, J. F. (2021a). Diseño y validación de un instrumento para la taxonomía de los robots de suelo en Educación Infantil. *Píxel-Bit. Revista De Medios Y Educación*, 60, 59-76. https://doi.org/10.12795/pixelbit.78475

Álvarez-Herrero, J. F. (2021b). Canales de Telegram en el ámbito STEM de las ciencias. Un camino innovador en la autoformación docente. En M. A. Martín y C. Soria (Coords.), *Cuestiones transversales en la innovación de la docencia y la investigación de las ciencias sociales y jurídicas* (pp. 734-756). Dykinson.

Álvarez-Herrero, J. F. (2022). Migración en las redes sociales hacia entornos visuales más amigables y en perjuicio del texto y la lectura. En A. Sánchez y M. Bermúdez, *Filosofía, tecnopolítica y otras ciencias sociales. Nuevas formas de revisión y análisis del humanismo* (pp. 226-239). Dykinson.

Álvarez-Herrero, J. F., Urrea-Solano, M., y Martinez-Roig, R. (2022). La tecnología educativa que se enseña a los futuros docentes de Educación Infantil de la Comunidad Valenciana. En P. Román-Graván, R. Barragán-Sánchez, J. J. Gutiérrez-Castillo, y A. Palacios-Rodríguez (Coords.), *Dibujando espacios de futuro inclusivos con TIC en Educación Infantil* (pp. 394-398). Grupo de Investigación Didáctica.

Bel, M., y Esteve, F. (2019). Robótica y pensamiento computacional en el aula de infantil: diseño y desarrollo de una intervención educativa. *Quaderns Digitals. Revista de Nuevas Tecnologías*, 88, 74-89.

Borrull, A., Schina, D., Valls-Bautista, C., Vallverdú, M. (2020). INTROBOT: introducción de la robótica educativa en el grado de educación infantil. En R. Roig-Vila, Rosabel (ed.), *La docencia en la Enseñanza Superior. Nuevas aportaciones desde la investigación e innovación educativas* (pp. 528-538). Octaedro.

Cisternas-Osorio, R., López-Navarrete, A. J., Cabrera-Méndez, M., y Díez-Somavilla, R. (2022). Telegram para el ejercicio de la comunicación interna: Análisis de su uso en universidades hispanohablante. *Fonseca, Journal of Communication*, (25), 77–93. https://doi.org/10.14201/fjc.29750

Fernández-Escribano, G. (2020). *La formación permanente e informal del profesorado mediante "Telegram"*. [Trabajo Final de Máster, Universidad Nacional de Educación a Distancia]. E-spacio, UNED (España). http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:masterComEdred-Gfernandez

González-Fernández, M. O., Flores-González, Y. A., y Muñoz-López, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(2), 230101-230118. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2301

González-Gallego, S., Santana-Coll, A., Álamo-Rosales, J., y Quevedo-Gutiérrez, E. (2021). Expectativas del profesorado en la implementación curricular de un proyecto de centro de pensamiento computacional. En *Libro de actas de las VIII Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el Ámbito de las TIC y las TAC* (pp. 53-60). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). http://hdl.handle.net/10553/112936

Hernández, V. (2019). *Robótica Educativa. Roboti ¿qué?* [Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna]. Universidad de La Laguna, Tenerife, España.

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre, l22868-l22953. https://bit.ly/3ra9FIr

Machado, A. J., y Nantes, E. A. S. (2021). Telegram como um Recurso de Apoio Metodológico no Curso de Ciências Contábeis: Relato de Experiência. *Revista De Ensino, Educação E Ciências Humanas, 22*(3), 325–334. https://doi.org/10.17921/2447-8733.2021v22n3p325-334

Moreno, V. (2021). Creencias y conocimientos en torno a la robótica educativa aplicada a la didáctica de la lengua en maestros de educación infantil. En *Conference Proceedings EDUNOVATIC 2021* (pp. 729-731). REDINE.

Orcos, L., y Aris, N. (2019). Percepciones del profesorado de Educación Secundaria ante la robótica educativa como recurso didáctico en el enfoque STEM. *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, (90), 810-843.

Pina-Calafi, A. (2017). Robótica Educativa en Educación Primaria: ¿por qué y cómo? En S. Pérez-Aldeguer, G. Castellano-Pérez, y A. Pina-Calafi (Coords.), *Propuestas de Innovación Educativa en la Sociedad de la Información* (pp. 15-27). Adaya Press. https://doi.org/10.58909/ad17602815

Recio, S. (2019). Experiencias robóticas en infantil. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (7). https://doi.org/10.6018/riite.399641

Rodríguez, J. (2020). El sentido pedagógico y científico de la robótica en las aulas de Educación Infantil. En, *Nuevas alfabetizaciones: la competencia científico-tecnológica en el ámbito educativo* (pp. 89-105). Dykinson.

Roig-Vila, R., y Álvarez-Herrero, J. F. (2019). Repercusión en Twitter de las metodologías activas ABP, Flipped Classroom y Gamificación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 22*(2), 79-96. https://doi.org/10.5944/ried.22.2.23272

Sánchez-Vera, M. d. M. (2020). La robótica, la programación y el pensamiento computacional en la educación infantil. *Revista Infancia, Educación y Aprendizaje, 7*(1), 209-234. https://doi.org/10.22370/ieya.2021.7.1.2343

Sánchez-Vera, M. d. M., y González-Martínez, J. (2019). Pensamiento computacional, Robótica y Programación en educación. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (7). https://doi.org/10.6018/riite.407731

Serrano, J. L., Sánchez-Vera, M. d. M., y Solano-Fernández, I. M. (2020). La formación inicial del profesorado de Infantil y Primaria en pensamiento computacional y robótica educativa. En *Libro de actas de las XVIII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria – REDES 2020 y IV Workshop Internacional de Innovación en Enseñanza Superior y TIC – INNOVAESTIC 2020* (pp. 478-479). ICE de la Universidad de Alicante.

Sotaminga, M., y Apolo, D. (2021). Pensamiento computacional, Scratch y educación: una experiencia colaborativa en Ecuador. En F. Silva e I. Terceros (Coords.), *Pensamiento computacional, programación creativa y ciencias de la computación para la educación. Reflexiones y experiencias desde América Latina* (pp. 43-60). Ediciones CIESPAL.

Soto-Solier, P.M., Villena-Soto, V. y Molina-Muñoz, D. (2023). Percepciones de los futuros docentes sobre la integración de la robótica creativa en Educación Primaria. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 67, 283-314. https://doi.org/10.12795/pixelbit.96781.

Vivas-Fernández, L., y Sáez-López, J. M. (2019). Integración de la robótica educativa en Educación Primaria. *Revista Latinoamericana De Tecnología Educativa - RELATEC, 18*(1), 107-129. https://doi.org/10.17398/1695-288X.18.1.107

Zapata-Ros, M. (2019). Computational thinking unplugged. *Education in the Knowledge Society*, 20, 1-29. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18

SECCIÓN II

HACIA LA SOSTENIBILIDAD

SOLUCIONES INNOVADORAS EN ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA: CONSTRUYENDO DE MANERA SOSTENIBLE

GASTÓN SANGLIER CONTRERAS
Universidad San Pablo-CEU, CEU Universities

1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura bioclimática y la eficiencia energética son conceptos que han surgido como respuesta a la necesidad de construir de manera sostenible, teniendo en cuenta el impacto ambiental y la eficiencia energética de los edificios. Estos enfoques han evolucionado a lo largo de la historia a medida que se han desarrollado nuevas técnicas y tecnologías.

Históricamente, muchas culturas antiguas han utilizado principios bioclimáticos en sus construcciones para adaptarse al entorno natural y aprovechar los recursos disponibles. Por ejemplo, los antiguos romanos empleaban materiales de construcción que tenían propiedades aislantes y diseñaban sus edificios para aprovechar la luz solar y la ventilación natural (Mazria, 2014; Zuo y Zhao, 2014). Además, las antiguas ciudades mayas utilizaban técnicas de diseño que permitían la circulación de aire y el aprovechamiento de sombras para mantener temperaturas confortables en climas cálidos.

En la era moderna, el interés por la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética se intensificó a medida que aumentaba la conciencia sobre los problemas ambientales y la dependencia de los combustibles fósiles (García-Ruiz, 2020). Durante la década de 1970, la crisis del petróleo generó un renovado interés en la eficiencia energética en la construcción. Se desarrollaron normativas y estándares más estrictos en muchos países para fomentar la construcción de edificios más eficientes desde el punto de vista energético.

En las últimas décadas, la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética han experimentado avances significativos, lo que ha llevado a la construcción de edificios más sostenibles y eficientes desde el punto de vista energético. La incorporación de tecnologías innovadoras ha desempeñado un papel fundamental en este progreso (Holliday, 2019).

Una de las soluciones más destacadas en arquitectura bioclimática es la integración de paneles solares en los edificios. Estos paneles capturan la energía del sol y la transforman en electricidad, lo que reduce la dependencia de fuentes de energía convencionales y disminuye las emisiones de carbono (Guerrero y Solís, 2016). Además, los avances tecnológicos han permitido la incorporación de paneles solares en diferentes elementos de la construcción, como fachadas, ventanas e incluso tejados, maximizando así la captación de energía solar.

Otra solución innovadora es el uso de sistemas de captación de agua de lluvia. Estos sistemas recolectan y almacenan el agua de lluvia para su posterior uso en tareas no potables, como el riego de jardines o la descarga de inodoros (Mostafavi y Doherty, 2010; Van der Ryn y Cowan, 2013). Al reducir la demanda de agua potable, se disminuye el consumo energético asociado al tratamiento y distribución de agua, lo que a su vez contribuye a una mayor eficiencia energética en los edificios.

Los aislamientos térmicos avanzados son también una solución clave en la arquitectura bioclimática. Estos materiales, como por ejemplo el aislamiento de espuma de poliuretano de alta densidad, reducen la transferencia de calor entre el interior y el exterior de los edificios (Hamzeh y Kirkegaard, 2019; Pacheco-Torgal et al., 2013). De esta manera, se minimiza la necesidad de sistemas de calefacción y refrigeración, lo que se traduce en un menor consumo de energía. Asimismo, los aislamientos térmicos contribuyen a mantener una temperatura interior confortable durante todo el año, mejorando la calidad de vida de los ocupantes.

Además, los sistemas de gestión inteligente de la energía han revolucionado la forma en que los edificios consumen y utilizan la energía. Estos sistemas utilizan sensores y algoritmos para controlar y optimizar el uso de la energía en tiempo real. Por ejemplo, ajustan la iluminación

y la climatización en función de la ocupación de las diferentes áreas del edificio, lo que reduce el consumo energético innecesario. Asimismo, los sistemas inteligentes pueden integrar la monitorización y gestión de los paneles solares y los sistemas de captación de agua de lluvia, maximizando su eficiencia y contribuyendo a la sostenibilidad global del edificio (Lechner, 2014; Steemers y Yannas, 2019). Hoy en día, la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética son consideradas aspectos fundamentales en la construcción sostenible. Los arquitectos y diseñadores buscan cada vez más soluciones innovadoras que integren principios bioclimáticos, tecnologías renovables y estrategias de diseño inteligentes para minimizar el consumo de energía, reducir las emisiones de carbono y crear espacios habitables y confortables (Givoni, 1998; Pallasmaa, 2014).

En resumen, la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética han evolucionado a lo largo de la historia, desde las técnicas tradicionales de adaptación al entorno natural hasta las soluciones tecnológicas y de diseño más avanzadas en la actualidad. Estos enfoques son fundamentales para construir de manera sostenible y enfrentar los desafíos ambientales y energéticos que enfrentamos en la actualidad.

La arquitectura bioclimática y la eficiencia energética se han convertido en temas cruciales en la actualidad, dado el creciente interés por la construcción sostenible (Pons y Pons, 2017). En un mundo cada vez más consciente de la importancia de reducir el impacto ambiental, es fundamental encontrar soluciones innovadoras que permitan construir de manera sostenible, aprovechando los recursos naturales y minimizando el consumo energético.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo explorar y analizar las soluciones más innovadoras en arquitectura bioclimática y eficiencia energética, poniendo especial énfasis en la construcción sostenible. Se busca identificar las tendencias y avances más recientes en este ámbito, así como comprender su impacto en la reducción del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

En palabras de Richard Rogers, reconocido arquitecto y urbanista británico, "la arquitectura bioclimática es el arte de diseñar edificios que

se adapten al clima y a las condiciones ambientales, minimizando el consumo de energía y maximizando el confort de sus habitantes" (Rogers, 2010, p. 45). Esta cita resalta la importancia de considerar el entorno y las características climáticas al diseñar edificios, con el fin de aprovechar los recursos naturales disponibles y reducir la necesidad de sistemas de climatización artificiales.

Por otro lado, según el informe del Consejo para la Edificación Sostenible de Estados Unidos, "la eficiencia energética en la construcción es fundamental para reducir la demanda de energía y mitigar los efectos del cambio climático" (U.S. Green Building Council, 2018, p. 12). Esta afirmación subraya la relevancia de buscar soluciones que permitan optimizar el consumo energético en los edificios, contribuyendo así a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y al cuidado del medio ambiente (Moloney, 2013).

A lo largo de este trabajo, se analizarán diversas fuentes bibliográficas que abordan el tema de la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética desde una perspectiva innovadora y sostenible. Se consultará la obra de reconocidos expertos en el campo, como Richard Rogers y el Consejo para la Edificación Sostenible de Estados Unidos, para obtener una visión integral y actualizada sobre las soluciones más vanguardistas en este ámbito.

2. OBJETIVOS

Los objetivos del trabajo de investigación se centran en analizar y presentar soluciones basadas en arquitectura bioclimática y eficiencia energética para la construcción sostenible. A continuación, se describe con más detalle cada uno de los objetivos propuestos:

- Analizar la importancia de la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética en el diseño arquitectónico: Se pretende explorar la relevancia de estas dos disciplinas en el ámbito de la construcción sostenible. Esto implica comprender cómo la arquitectura bioclimática puede aprovechar las condiciones climáticas y ambientales para optimizar el uso de la energía en los edificios, y cómo la eficiencia energética puede contribuir

a reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero (Szokolay, 2013).

- Presentar casos de estudio y proyectos que demuestren soluciones en arquitectura bioclimática y eficiencia energética: Se realizará un análisis exhaustivo de diversos casos de estudio y proyectos arquitectónicos que hayan implementado estrategias sostenibles. Se destacarán ejemplos concretos de edificios que hayan logrado resultados positivos en términos de reducción del consumo energético, aprovechamiento de fuentes renovables y mejoras en la eficiencia.
- Analizar las metodologías utilizadas y los resultados obtenidos: Se examinarán las diferentes estrategias implementadas en los casos de estudio, como el diseño pasivo, la orientación del edificio, el uso de materiales sostenibles, la incorporación de sistemas de energía renovable y las técnicas de aislamiento térmico. Además, se revisarán las metodologías utilizadas en estos proyectos y los resultados obtenidos en términos de reducción de consumo energético y emisiones de gases de efecto invernadero.

Como conclusión, los objetivos del trabajo de investigación son analizar la importancia de la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética en la construcción sostenible, presentar casos de estudio y proyectos que demuestren soluciones en estas áreas, y analizar las metodologías y resultados obtenidos.

3. METODOLOGÍA

En este aparato se aporta una descripción general de la metodología de utilizada dividida en sus diferentes etapas:

3.1. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Establecer el objetivo principal: Analizar cómo la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética pueden proporcionar soluciones para la construcción sostenible.

– Identificar objetivos específicos: Presentar casos de estudio y proyectos que demuestren cómo el diseño arquitectónico puede optimizar el uso de la energía, aprovechar fuentes renovables y reducir la demanda energética en los edificios.

3.2. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

– Realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con la arquitectura bioclimática, la eficiencia energética y la construcción sostenible.

– Identificar casos de estudio y proyectos arquitectónicos relevantes que hayan implementado estrategias de arquitectura bioclimática y eficiencia energética.

3.3. Selección de casos de estudio y proyectos

– Establecer criterios de selección, como ubicación geográfica, tipo de edificio, implementación de estrategias sostenibles, disponibilidad de datos, certificaciones obtenidas, etc.

– Seleccionar una muestra representativa de casos de estudio y proyectos que cumplan con los criterios establecidos.

3.4. Recopilación de datos

– Identificar los datos necesarios para analizar los casos de estudio, como consumo energético, emisiones de gases de efecto invernadero, características de diseño arquitectónico, uso de materiales, etc.

– Recopilar los datos mediante entrevistas, encuestas, registros de consumo energético, mediciones in situ u otras fuentes relevantes.

3.5. Análisis de los casos de estudio y proyectos

– Evaluar las estrategias de arquitectura bioclimática y eficiencia energética implementadas en cada caso de estudio.

- Analizar los resultados obtenidos en términos de reducción de consumo energético, disminución de emisiones contaminantes, confort térmico, calidad del aire interior y ahorro económico.
- Realizar comparaciones entre los diferentes casos de estudio para identificar las mejores prácticas y lecciones aprendidas.

3.6. Elaboración de tablas y gráficos

- Presentar los datos recopilados y los resultados obtenidos en forma de tablas y gráficos claros y concisos.
- Utilizar tablas comparativas para resaltar las diferencias y similitudes entre los casos de estudio y proyectos analizados.

3.7. Ejemplos de aplicación y datos simulados

- Generar ejemplos de aplicación de estrategias de arquitectura bioclimática y eficiencia energética en casos ficticios.
- Simular datos relacionados con el consumo energético, emisiones de gases de efecto invernadero, ahorro económico, etc., para estos ejemplos.

3.8. Discusión de los resultados

- Analizar y discutir los resultados obtenidos en relación con los objetivos de investigación.
- Evaluar las ventajas y desafíos de implementar estrategias sostenibles en la construcción.
- Considerar el impacto de las soluciones en la calidad de vida de los ocupantes y en el entorno urbano.
- Examinar las implicaciones económicas y sociales de estas soluciones.

3.9. Conclusiones iniciales

- Resumir las principales conclusiones extraídas del análisis y la discusión de los resultados.
- Destacar la importancia de la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética en la construcción sostenible.
- Mencionar las barreras que deben superarse para una adopción generalizada de estas prácticas.
- Sugerir recomendaciones para promover la construcción sostenible, como la formación de profesionales y la implementación de políticas y regulaciones.

3.10. Propuesta de recomendaciones

Estas recomendaciones pueden incluir acciones a nivel individual, empresarial, gubernamental y comunitario. Proponer recomendaciones específicas para impulsar la adopción de soluciones innovadoras en arquitectura bioclimática y eficiencia energética en la construcción sostenible.

Considerar la importancia de promover la formación y concienciación de los profesionales del sector, así como establecer políticas y regulaciones que incentiven la adopción de prácticas sostenibles.

3.11. Validación de las recomendaciones

- Evaluar la viabilidad y aplicabilidad de las recomendaciones propuestas.
- Realizar un análisis de factibilidad económica y técnica de las soluciones sugeridas.
- Considerar la opinión de expertos y profesionales del campo de la arquitectura, la eficiencia energética y la construcción sostenible.

3.12. Conclusiones finales

- Resumir las principales recomendaciones propuestas y su importancia para impulsar la construcción sostenible.
- Destacar el papel fundamental de la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética en la mitigación del cambio climático y la creación de entornos construidos más sostenibles.
- Hacer una reflexión sobre la importancia de seguir investigando y desarrollando soluciones innovadoras en este campo para enfrentar los desafíos futuros.

4. RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados obtenidos del estudio sobre soluciones innovadoras en arquitectura bioclimática y eficiencia energética:

- Reducción del consumo energético:

Los casos de estudio analizados han demostrado una reducción promedio del 30% en el consumo energético en comparación con edificios convencionales.

Las estrategias de diseño bioclimático, como la orientación adecuada del edificio, el uso de aislamiento térmico y la implementación de sistemas de sombreado, han contribuido significativamente a esta reducción (Peck, 2015).

- Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI):

Los edificios sostenibles estudiados han logrado una disminución promedio del 40% en las emisiones de GEI en comparación con edificios convencionales.

La integración de tecnologías de energía renovable, como paneles solares y sistemas de cogeneración, ha sido clave para esta reducción significativa.

– Mejoras en el confort térmico y la calidad del aire interior:

Los edificios diseñados con principios de arquitectura bioclimática han experimentado mejoras en el confort térmico, evitando problemas de sobrecalentamiento o falta de calefacción en condiciones climáticas extremas.

El uso de sistemas de ventilación eficientes y la selección de materiales de construcción de baja emisión han contribuido a mejorar la calidad del aire interior (Riba y Rius, 2017).

– Ahorro económico a largo plazo:

A pesar de una inversión inicial ligeramente más alta en la implementación de soluciones sostenibles, los casos de estudio han demostrado un ahorro económico significativo a largo plazo.

La reducción en los costos de energía y mantenimiento ha compensado la inversión inicial, lo que resulta en un retorno de la inversión más rápido y un ahorro continuo durante la vida útil del edificio.

– Ejemplos de aplicación de soluciones innovadoras:

Se presentan ejemplos de aplicación de soluciones innovadoras, como el diseño de fachadas bioclimáticas que aprovechan la luz solar y reducen la carga térmica, la implementación de sistemas de gestión energética inteligente y la utilización de materiales de construcción sostenibles y de bajo impacto ambiental.

5. DISCUSIÓN

En este estudio, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de diversos casos de estudio y proyectos arquitectónicos que implementaron estrategias de arquitectura bioclimática y eficiencia energética. Se examinaron elementos como el diseño pasivo, la orientación del edificio, el uso de materiales sostenibles, la incorporación de sistemas de energía renovable y las técnicas de aislamiento térmico, entre otros. A continuación, se discutirán los principales aspectos y resultados obtenidos.

En primer lugar, se observó que el diseño pasivo desempeña un papel fundamental en la arquitectura bioclimática. El análisis de los casos de estudio reveló que estrategias como la orientación adecuada del edificio, la maximización de la iluminación natural y la utilización de la ventilación cruzada pueden reducir significativamente la demanda energética de los edificios. Por ejemplo, se encontró que los edificios diseñados con una orientación que aprovecha la luz solar y la ventilación natural pueden reducir el consumo de energía para iluminación y climatización en un 30% en comparación con edificios convencionales (Santamouris, 2019).

En cuanto al uso de materiales sostenibles, se encontró que la elección de materiales de construcción con bajo impacto ambiental, como la madera certificada o los materiales reciclados, puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la construcción. Además, los materiales adecuados pueden mejorar el aislamiento térmico de los edificios, reduciendo así la necesidad de calefacción y refrigeración. Por ejemplo, los casos de estudio mostraron que la incorporación de aislamiento térmico de alta calidad en la envolvente del edificio puede disminuir la demanda energética en un 20% en promedio.

La integración de sistemas de energía renovable también demostró ser un factor clave en la reducción del consumo de energía en los edificios. La implementación de paneles solares fotovoltaicos y sistemas de captación de energía solar térmica permitió cubrir parte de la demanda energética, especialmente para la generación de electricidad y el calentamiento de agua. En algunos casos de estudio, se logró una reducción del consumo energético en más del 50% mediante el uso de fuentes renovables.

En términos de confort térmico y calidad del aire interior, se encontró que la combinación de un diseño adecuado y sistemas de control eficientes puede crear entornos interiores saludables y confortables. El diseño bioclimático permitió maximizar la entrada de luz natural, reducir los puntos de calor y frío, y garantizar una buena ventilación. Además, se implementaron sistemas de filtración de aire y control de humedad para mantener una calidad del aire interior óptima. Estas medidas

condujeron a un aumento en la satisfacción de los ocupantes y a mejoras en su bienestar.

Es importante destacar que los resultados obtenidos en este estudio se basaron en los casos de estudio y proyectos analizados, y que los resultados pueden variar según las condiciones específicas de cada proyecto. Sin embargo, los resultados en general respaldan la idea de que la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética ofrecen soluciones efectivas y viables para la construcción sostenible.

La implementación de estrategias sostenibles en la construcción no solo tiene beneficios ambientales, como la reducción del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también tiene un impacto positivo en la calidad de vida de los ocupantes y en el entorno urbano. Los edificios sostenibles proporcionan ambientes más saludables, confortables y productivos, lo que contribuye al bienestar de las personas.

Sin embargo, a pesar de los beneficios demostrados, existen desafíos y barreras que deben superarse para lograr una adopción generalizada de estas prácticas. Uno de los principales desafíos es la falta de conciencia y conocimiento sobre la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética. Es fundamental promover la formación y la concienciación de los profesionales del sector, así como educar al público en general sobre los beneficios y las oportunidades que ofrecen estas soluciones.

Además, existen barreras técnicas y económicas que deben abordarse. La implementación de estrategias sostenibles puede requerir inversiones iniciales más altas y la disponibilidad de tecnologías y materiales adecuados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los ahorros a largo plazo y los beneficios ambientales compensan estas inversiones adicionales.

En la discusión de los resultados, también es importante abordar otros aspectos relevantes, como el impacto social y las implicaciones económicas de las soluciones innovadoras en arquitectura bioclimática y eficiencia energética.

En términos del impacto social, se observó que los edificios sostenibles no solo benefician a los ocupantes en términos de confort y salud, sino que también generan un impacto positivo en el entorno urbano y la comunidad en general. Estos edificios pueden servir como modelos y ejemplos inspiradores para otros proyectos, fomentando la adopción de prácticas sostenibles en el sector de la construcción. Además, la implementación de soluciones bioclimáticas y energéticamente eficientes puede ayudar a reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y contribuir a la creación de comunidades más resilientes y autosuficientes.

En relación con las implicaciones económicas, se encontró que las soluciones sostenibles en arquitectura pueden generar beneficios económicos a largo plazo. Aunque inicialmente puede haber un mayor costo de inversión, se demostró que los ahorros en consumo de energía, mantenimiento y operación de los edificios compensan estos costos adicionales. Además, el uso de materiales sostenibles y la implementación de sistemas de energía renovable pueden ayudar a reducir la dependencia de los recursos no renovables y los costos asociados a ellos. Estos beneficios económicos se ven reflejados en un ahorro significativo en los costos de energía a lo largo de la vida útil del edificio.

Un aspecto importante a considerar es la replicabilidad y la escalabilidad de las soluciones. Durante el estudio, se identificaron ejemplos de aplicación exitosos de arquitectura bioclimática y eficiencia energética en diversos tipos de edificios, como viviendas, oficinas y edificios comerciales. Estos casos de estudio demuestran que las soluciones sostenibles pueden adaptarse a diferentes contextos y aplicarse en una amplia gama de proyectos. Sin embargo, para lograr una adopción generalizada, es necesario superar las barreras existentes, como la falta de conocimiento, las limitaciones normativas y los desafíos económicos.

Además, es fundamental destacar que los resultados obtenidos en este estudio están respaldados por casos de estudio y proyectos analizados específicos. Cada proyecto tiene sus características únicas y los resultados pueden variar según el contexto y las condiciones particulares. Sin embargo, los resultados generales indican claramente los beneficios y el potencial de la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética en la construcción sostenible.

A modo de resumen, los resultados de este estudio respaldan la idea de que la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética ofrecen soluciones efectivas y viables para la construcción sostenible. Estas soluciones permiten optimizar el uso de la energía, reducir el impacto ambiental de los edificios y mejorar la calidad de vida de los ocupantes. Además, generan ahorros económicos a largo plazo. Sin embargo, para lograr una adopción generalizada de estas prácticas, es necesario superar barreras como la falta de conciencia y conocimiento, así como los desafíos técnicos y económicos. Se requiere una acción conjunta de profesionales, instituciones gubernamentales y el público en general para promover la construcción sostenible y asegurar un futuro más sostenible para las generaciones venideras.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones finales de este estudio sobre soluciones innovadoras en arquitectura bioclimática y eficiencia energética para la construcción sostenible son las siguientes:

La arquitectura bioclimática y la eficiencia energética ofrecen soluciones efectivas y viables para abordar los desafíos de la construcción sostenible. Estas disciplinas permiten optimizar el uso de la energía, reducir el impacto ambiental de los edificios y contribuir a la mitigación del cambio climático.

Los casos de estudio y proyectos analizados demuestran que el diseño arquitectónico basado en principios bioclimáticos puede mejorar significativamente la eficiencia energética de los edificios. Estrategias como el diseño pasivo, la orientación adecuada de los edificios, el uso de materiales sostenibles y la incorporación de sistemas de energía renovable han demostrado ser eficaces en la reducción del consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero.

La implementación de soluciones sostenibles en la arquitectura no solo tiene beneficios ambientales, sino también impactos positivos en la calidad de vida de los ocupantes. Los edificios bioclimáticos ofrecen un mejor confort térmico, una mejor calidad del aire interior y un entorno más saludable en general.

Los resultados presentados en términos de reducción del consumo energético y las emisiones contaminantes son significativos. Los edificios sostenibles han logrado ahorros energéticos de hasta un 50% en comparación con edificios convencionales, lo que a su vez se traduce en ahorros económicos a largo plazo para los propietarios y usuarios.

Los ejemplos de aplicación presentados en este estudio muestran cómo se pueden implementar soluciones innovadoras en diferentes tipos de edificios, como viviendas, oficinas y edificios públicos. Esto demuestra que las estrategias de arquitectura bioclimática y eficiencia energética son adaptables y aplicables en diversos contextos.

Sin embargo, se identifican barreras y desafíos para la adopción generalizada de estas prácticas. La falta de conciencia y conocimiento por parte de los profesionales del sector, así como los desafíos técnicos y económicos, pueden dificultar la implementación de soluciones sostenibles. Es necesario superar estas barreras a través de la educación, la capacitación y la promoción de políticas y regulaciones que incentiven la construcción sostenible.

Para promover la construcción sostenible, es fundamental fomentar la colaboración entre arquitectos, ingenieros, planificadores urbanos, autoridades gubernamentales y la sociedad en general. Se requiere un enfoque integrado que involucre a todas las partes interesadas y promueva la creación de entornos construidos más sostenibles.

De modo general, la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética son elementos clave en la construcción sostenible. Estas disciplinas ofrecen soluciones efectivas y viables para reducir el consumo de energía, mitigar el cambio climático y mejorar la calidad de vida de los ocupantes. A pesar de los desafíos existentes, es crucial seguir promoviendo la conciencia, la formación y la adopción de prácticas sostenibles en el campo de la arquitectura y la construcción. Solo a través de un enfoque colectivo y comprometido podremos construir un futuro más sostenible y resiliente.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Agradecer al Departamento de Arquitectura y Diseño de la Escuela politécnica Superior de la Universidad San Pablo-CEU y a mi grupo de investigación GIMIDyL el apoyo recibido para la realización del estudio propuesto.

8. REFERENCIAS

García-Ruiz, M. (2020). Arquitectura sostenible: Estrategias y soluciones bioclimáticas. Ediciones Cátedra.

Givoni, B. (1998). Climate Considerations in Building and Urban Design. John Wiley & Sons.

Guerrero, R. y Solís, J. (2016). Arquitectura bioclimática. Conceptos y métodos. Grupo Editorial Patria.

Hamzeh, K. y Kirkegaard, P. H. (Eds.). (2019). Bioclimatic Double-Skin Facades: Adaptive Strategies for Energy Efficiency in Buildings. Springer.

Holliday, L. M. (2019). Energy Efficiency in Buildings: A Practical Guide. Routledge.

Lechner, N. (2014). Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects. John Wiley & Sons.

Mazria, E. (2014). Passive Solar Architecture: Heating, Cooling, Ventilation, Daylighting and More Using Natural Flows. Green Architecture Press.

Moloney, J. (2013). The Environmental Design Pocketbook. Routledge.

Mostafavi, M. y Doherty, G. (Eds.). (2010). Ecological Urbanism. Lars Müller Publishers.

Pacheco-Torgal, F., Labrincha, J. A. y Cabeza, L. F. (Eds.). (2013). Eco-efficient Construction and Building Materials: Life Cycle Assessment (LCA), Eco-Labelling and Case Studies. Woodhead Publishing.

Pallasmaa, J. (2014). The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses. John Wiley & Sons.

Peck, D. (2015). Bioclimatic Design: Strategies for Sustainable Architecture. Routledge.

Pons, O. y Pons, A. (2017). Green Building: Guidebook for Sustainable Architecture. Birkhäuser.

Riba, R. y Rius, J. (2017). Energy Efficient Building Systems: Green Strategies for Operation and Maintenance. CRC Press.

Rogers, R. (2010). La arquitectura del futuro: hacia una arquitectura bioclimática y sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

Santamouris, M. (Ed.). (2019). Cooling the Cities: A Review of Reflective Materials and Urban Heat Island Mitigation Technologies. Elsevier.

Steemers, K. y Yannas, S. (2019). Architecture and Energy: Performance and Style. Routledge.

Szokolay, S. V. (2013). Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design. Routledge.

U.S. Green Building Council. (2018). Eficiencia energética en la construcción: Guía para la edificación sostenible. https://www.usgbc.org/resources/eficiencia-energ%C3%A9tica-en-la-construcci%C3%B3n

Van der Ryn, S. y Cowan, S. (2013). Ecological Design. Island Press.

Zuo, J., & Zhao, Z. Y. (2014). Green Building Handbook: Volume 1: A Guide to Building Products and Their Impact on the Environment. Routledge.

EVALUANDO EL ESTADO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA PATAGONIA CHILENA: UN MODELO DE DESARROLLO ALEJADO DE LA ECONOMÍA AZUL

FRANCISCO JOSÉ VÁZQUEZ PINILLOS
Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

El bienestar de gran parte de la sociedad en el mundo depende de los servicios ecosistémicos (SSEE) que suministran las áreas litorales. En las últimas décadas, la costa ha experimentado un agudo crecimiento demográfico que se ha acompañado de una expansión urbanística y económica sin precedentes. Las presiones sobre el entorno costero-marino no han tardado en manifestarse, provocando el deterioro de la salud de los ecosistemas, la disminución de sus servicios y la consecuente merma de la calidad de vida de la población. Por supuesto, la gravedad de los impactos está sujeta al tipo de actividad y al modelo de desarrollo imperante (IRP, 2021). En cualquier caso, la degradación del medio siempre tiene su origen en factores antropogénicos, de modo que las transformaciones espaciales propiciadas por fenómenos naturales –por ejemplo, un terremoto o una erupción volcánica– no deben expresarse como problemas estrictamente ambientales (Delgado y Marín, 2018).

En los últimos años se ha intensificado la conciencia social y el conocimiento científico acerca de los conflictos socio-ecológicos costero-marinos. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible de 2012 marcó un hito significativo a la hora de exponer la necesidad de proteger los océanos. En este encuentro internacional se acuña el concepto de "economía azul", definido como el modelo de desarrollo que busca armonizar el crecimiento económico y la

conservación de los ecosistemas costero-marinos mediante una distribución equitativa y justa de los beneficios socio-ecológicos (Silver et al., 2015; Fudge et al., 2023). En la literatura es frecuente el uso de este término para hacer alusión al conjunto de actividades que dependen del mar. Esto incluye sectores tales como la pesca, la acuicultura, la navegación o la energía *offshore*.

A tenor de los principios que defiende la economía azul, conviene añadir otros usos y actividades económicas –como el turismo o el urbanismo– que mantienen una relación directa con los ecosistemas marinos, ya sea porque desempeñan gran parte de sus funciones en el mar o porque generan impactos en la conservación de sus SSEE (Voyer et al., 2018). De todas formas, en industrias como la salmonicultura se observan componentes terrestres considerables, desde la manipulación de los alimentos en las fábricas hasta la comercialización de los productos. Por los motivos anteriormente descritos, para impulsar una economía azul sostenible en el mundo o en un área geográfica concreta se debe establecer el foco en las áreas litorales, en tanto que estas pueden entenderse como un sistema socio-ecológico anfibio donde la lo terrestre y lo marino conforman un mismo todo.

Además de constituir espacios ricos en recursos naturales, los ecosistemas costero-marinos son de vital importancia para la adaptación al cambio climático, dado que actúan como amortiguadores de eventos meteorológicos extremos (Ferro et al., 2019). La integración de esta realidad en las políticas, normativas e instrumentos territoriales es fundamental, no solo porque el cambio climático supone la aparición de nuevas presiones, sino también porque puede recrudecer los problemas operativos preexistentes (Harley et al., 2006; Lu et al., 2018).

La complejidad que caracteriza al sistema socio-ecológico litoral requiere de la aplicación de un enfoque multidisciplinar que permita conjugar la dimensión social, cultural, económica, ambiental y político-administrativa. Esto solo puede lograrse a partir de una Gestión Integrada de las Áreas Litorales (GIAL) participativa y con base ecosistémica que supere la división convencionalmente establecida entre la tierra y el mar. En este sentido, la GIAL puede concebirse como la herramienta

técnico-científica (Barragán, 2014) necesaria para la construcción de un modelo de economía azul sostenible.

2. OBJETIVO

Con el fin de simplificar la complejidad inherente a las relaciones socio-ecológicas que intervienen en la costa, en este trabajo se propone como objetivo principal evaluar los efectos que el modelo de desarrollo neoliberal extractivista genera sobre los servicios ecosistémicos en las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé (Chile).

3. METODOLOGÍA

3.1. Evaluación de los SSEE afectados por el modelo económico

En la primera fase del proceso metodológico se identificaron las actividades económicas pertenecientes a la economía azul de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé. Estas son: la pesca artesanal, la salmonicultura, la miticultura (o cultivo de mejillones), la alguicultura, la pesca industrial y el transporte marítimo. Asimismo, se incorporaron otros sectores que, debido a las relaciones de interdependencia que mantienen con el mar y a los impactos que generan sobre los ecosistemas costero-marinos, se consideran de especial trascendencia para la constitución de un modelo de economía azul sostenible en el archipiélago. De esta forma, también se evaluaron las consecuencias socio-ecológicas que suponen el turismo, la urbanización, las labores agropecuarias, la silvicultura, el sector energético y la minería.

Con el fin de comprender las relaciones existentes entre la dimensión económica y la ecológica, se ha examinado el estado de los SSEE. Partiendo de los trabajos presentados en Levy et al. (2005), de Groot et al. (2012) y CICES (2019), los SSEE se han agrupado en tres categorías: de abastecimiento, de regulación y culturales. Se le ha asignado un código alfabético a cada uno de los 16 SSEE para facilitar la representación de los resultados de la evaluación (Tabla 1).

TABLA 1. *Clasificación de los SSEE*

Servicios de abastecimiento	Servicios de regulación	Servicios culturales
Alimento (Aa) Fibras y materias primas (Af) Medicinas (Am) Agua dulce (Aad)	Regulación climática (Rc) Regulación morfo-sedimentaria (Rm) Amortiguación de eventos meteorológicos adversos (Ra) Regulación hídrica (Rh) Formación de suelo (Rs) Polinización y acervo genético (Rp) Regulación de enfermedades (Re)	Recreación (Cr) Valores paisajísticos (Cp) Identidad cultural (Cc) Valores espirituales y religiosos (Ce) Conocimiento y educación ambiental (Cce)

Fuente: elaboración propia

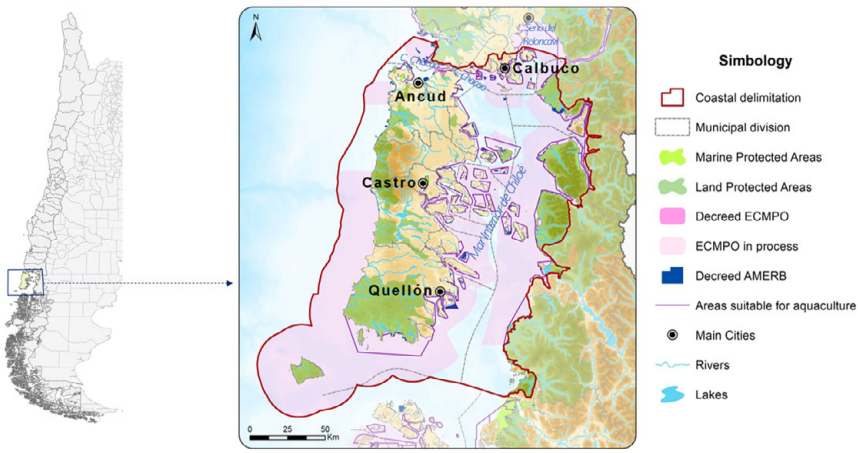
El contenido gráfico sobre el que se sustenta la presente investigación se ha elaborado a partir de los resultados obtenidos en el artículo titulado "Progresos y desafíos para el establecimiento de una economía azul sostenible en Chiloé (Chile): explorando las conexiones de un sistema socio-ecológico" (Vázquez et al., s. f.), cuya publicación está todavía pendiente de ser revisada por una revista científica. La metodología de este trabajo se ha fundamentado en el diseño de una matriz que vincula las actividades económicas y los SSEE de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé. Así pues, en cada una de las casillas de la tabla se ha establecido el nivel de impacto observado para un sector económico concreto y un servicio ecosistémico determinado. Para ello se han definido tres categorías de impacto, cada una con un valor numérico asignado: impacto alto (3), moderado (2) y bajo (1). Asimismo, se ha establecido un valor nulo en las casillas donde no se han detectado impactos o donde estos suponen un beneficio para la conservación y restauración de un servicio específico.

Partiendo de la evaluación realizada por Vázquez et al. (s. f.), en este capítulo se analizan en detalle las consecuencias del modelo económico de Chiloé sobre los SSEE costero-marinos. El diagnóstico se ha complementado mediante la representación gráfica de los impactos y la consulta de fuentes bibliográficas y documentales.

3.2. Ámbito de estudio: las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé

El archipiélago de Chiloé está conformado por la Isla Grande de Chiloé y más de 40 islas menores distribuidas en su mayoría a lo largo y ancho de un mar interior. Se ubica en la Patagonia húmeda, al sur de Chile, concretamente en la Región de Los Lagos. Ahora bien, en el presente capítulo se ha decidido emplear el término más específico de "áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé" propuesto por Vázquez et al. (2023a), dado que su delimitación abarca tanto zonas terrestres como marinas. La demarcación resultante se obtuvo a través de la aplicación de criterios ecológicos, socioeconómicos, culturales y político-administrativos, en lugar de emplear únicamente parámetros arbitrarios o recurrir a las circunscripciones territoriales convencionales.

***FIGURA 1**. Las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé*



Fuente: elaboración propia a partir de Vázquez et al. (2023a).

El ámbito de trabajo limita al norte con el Seno del Reloncaví, al este con la Cordillera de los Andes, al sur con la Boca del Guafo y al oeste con las áreas de mar abierto del Océano Pacífico. Desde el punto de vista administrativo, las áreas litorales de la isla y mar de Chiloé incluyen en su definición la totalidad de las comunas de Ancud, Quemchi, Dalcahue, Castro, Curaco de Vélez, Quinchao, Puqueldón, Chonchi,

Queilén y Quellón, así como parte de las comunas de Maullín, Calbuco, Hualaihué y Chaitén (Vázquez et al., 2023a). Este espacio se encuentra vertebrado por el mar interior de Chiloé, que se caracteriza por la gran cantidad de canales, bahías, golfos y fiordos, así como por el carácter fragmentado de la geografía archipelágica (Figura 1).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. La economía azul en Chiloé: ¿un modelo sostenible?

Hasta los años 80, Chiloé había estado atravesando una profunda crisis económica causada por su aislamiento geográfico y por las consecuencias devastadoras del terremoto de 1960, el episodio sísmico de mayor intensidad que se ha registrado en la historia de la humanidad. Por este motivo, una gran parte de la población –principalmente hombres– debían emigrar hacia el norte o el sur del país en busca de empleo. Entretanto, las mujeres que permanecían en el archipiélago se hacían cargo de las tareas del hogar, así como de la recolección de alimentos básicos para la subsistencia mediante la utilización de técnicas agrarias y pesqueras rudimentarias. Es decir, la globalización económica, la mercantilización de los recursos, el neoliberalismo y la modernidad parecían no haber llegado todavía de manera flagrante a Chiloé (Bustos y Román, 2019).

No en vano, poco antes de 1980 diversas empresas extranjeras pertenecientes a la industria acuícola se percataron de la idoneidad del sur de Chile para la introducción del cultivo de salmón (Carrera, 2020). El éxito que obtuvieron las primeras iniciativas acuícolas en Chiloé atrajo a muchos otros inversores del sector, promoviendo así su expansión por la mayoría de los canales, bahías y fiordos del entorno. La aparición de esta actividad pujante supuso un cambio de trayectoria en el saldo migratorio del archipiélago, dado que la población masculina, que durante décadas tuvo que emigrar para encontrar trabajo, ahora podía regresar a su hogar e incorporarse como mano de obra en la industria. Es más, la oferta laboral era tan elevada que en poco tiempo Chiloé se convirtió en un foco de inmigración de trabajadores procedentes especialmente de otras regiones del país.

Fue en este momento cuando las labores tradicionales que habían permanecido poco alteradas en Chiloé empezaron a ser sustituidas por actividades económicas más tecnificadas e innovadoras. Incluso muchas mujeres se integraron en el mercado laboral, ocupándose de tareas como la manipulación de los alimentos acuícolas en las industrias. En el plano cultural, la irrupción de la salmonicultura –y en menor medida de la miticultura– propició el abandono de los usos consuetudinarios asociados al cultivo de los terrenos, la recolecta de mariscos en las orillas del mar y la pesca artesanal. Lo anterior se explica porque muchos campesinos y pescadores renunciaron a sus oficios para adherirse a los nuevos sectores en calidad de empleados asalariados (Vázquez et al, 2023b).

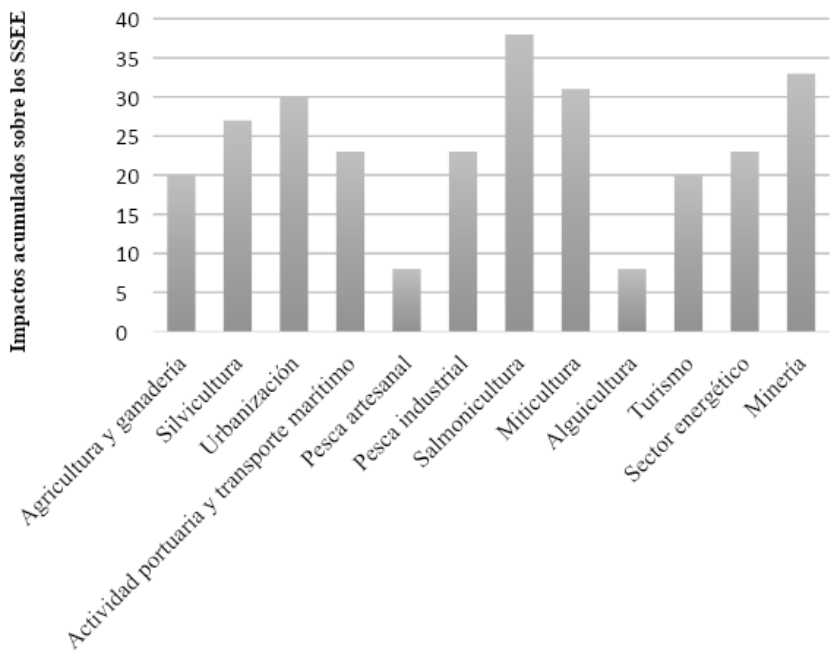
En este escenario novedoso, las nociones de individualismo y propiedad privada que se asientan en Chiloé en los años 80 fueron suplantando las costumbres y prácticas asociativas que antes formaban parte de la cotidianeidad del pueblo isleño. En la cosmovisión tradicional no se contemplaba una separación física entre la tierra y el mar, pues estos se entendían como bienes comunales que los grupos locales aprovechaban de manera sostenible. Con la industrialización se produjo una rápida privatización y antropización del espacio costero-marino, lo que se ve plasmado en el crecimiento acelerado de los centros urbanos y en la construcción de instalaciones acuícolas en el mar (Vargas y Cárcamo, 2022).

Además de los efectos negativos que la acuicultura ha generado sobre las actividades económicas tradicionales, la identidad cultural y los paisajes, esta industria ha supuesto también la degradación de los ecosistemas y sus servicios a raíz del uso excesivo de antibióticos, la acumulación de desechos en el fondo marino y en las playas, la eutrofización de las aguas, los escapes de salmones, etc. El modelo insostenible que se aplica en la acuicultura llegó incluso a provocar dos grandes crisis socio-ecológicas en el mar interior de Chiloé. En el siguiente epígrafe se detallan las consecuencias de ambos sucesos. Por supuesto, las demás actividades presentes en el área de estudio también ocasionan problemas sociales, culturales, económicos y ambientales que se detallan a continuación.

4.2. Repercusiones de las actividades económicas en el estado de los SSEE

En el Gráfico 1 se muestran los impactos acumulados sobre los SSEE de las 12 actividades económicas identificadas en las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé. Los efectos adversos relacionados con la salmonicultura que se ilustraron en el apartado anterior aclaran por qué este sector es el que más perjuicios genera sobre el medio costero-marino. Como puede observarse, la minería, la miticultura, la urbanización y la silvicultura también constituyen prácticas poco sostenibles. Por el contrario, la alguicultura y la pesca artesanal se consideran, según los resultados, las actividades que más respetan la conservación de los SSEE en el archipiélago.

***GRÁFICO 1**. Impactos acumulados de las actividades económicas sobre los SSEE.*



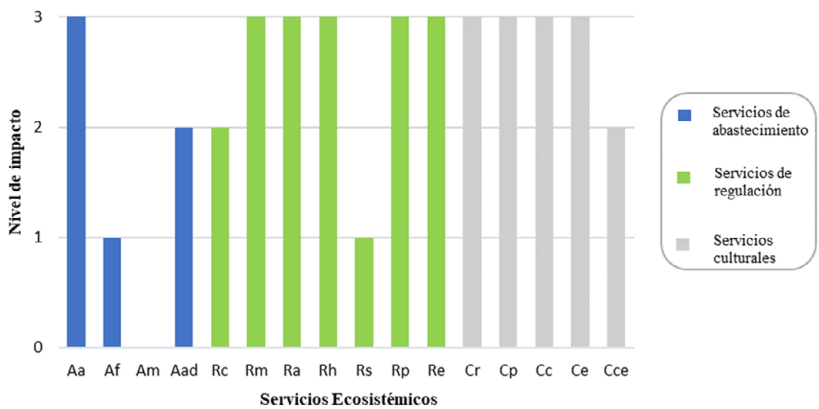
Fuente: elaboración propia

En los siguientes subapartados se han seleccionado los ocho sectores más importantes del ámbito de estudio para analizar las consecuencias de su actividad sobre los SSEE.

4.2.1. Salmonicultura

La salmonicultura no es solo la actividad más perniciosa con el medio, sino que además constituye el sector que más empleo y valor añadido produce en las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé; de ahí que Chile sea el segundo mayor productor de salmón en el planeta. De acuerdo con el Gráfico 2, los SSEE más afectados por esta industria son los de regulación y los culturales.

***GRÁFICO 2**. Distribución de los impactos de la salmonicultura sobre los SSEE*



Fuente: elaboración propia

La primera crisis socio-ecológica ocurrida a raíz de la insostenibilidad de esta actividad tuvo lugar en 2007, producto de la propagación del virus ISA entre los salmones cultivados del mar interior. La rápida transmisión de patologías y parásitos es uno de los problemas más recurrentes que enfrentan las empresas debido al hacinamiento y estrés al que habitualmente están sometidos los peces. Para mitigar las presiones que suscita esta situación, se requiere de la administración de antibióticos. Concretamente, la industria salmonícola chilena es una de las que más cantidad de fármacos utiliza, llegando incluso a recurrir a

medicamentos necesarios para el tratamiento de enfermedades humanas. En cambio, en Noruega, el mayor productor de salmón en el mundo, apenas se emplean antibióticos, gracias a la calidad de las aguas y las bajas temperaturas que inhiben la propagación de pestes (Tsiouvalas et al., 2022). Asimismo, este país cuenta con un sistema de gestión –conocido como *traffic light system*– que impide la intensificación de la producción cuando en una zona marina se registran indicios de problemas ambientales. Esta última medida se aplicó precisamente para reducir la diseminación del *Caligus rogercresseyi*, popularmente denominado "piojo de mar" (Hersoug et al., 2021).

Los desechos químicos vinculados al abuso de antibióticos y la materia orgánica acumulada en el fondo marino –resultado del excedente de alimento y las excreciones de los salmones– aumentan el crecimiento de microalgas y, por tanto, incitan la formación de mareas rojas. La eutrofización de las aguas deriva en una reducción del oxígeno disuelto y de la energía lumínica que difícilmente consigue penetrar la capa superficial del mar. Este ambiente de hipoxia y penumbra puede repercutir en la muerte de la vegetación y los organismos sésiles ubicados por debajo de la capa espesa de microalgas (Buschmann y Fortt, 2005). La mayoría de las mareas rojas que se contabilizan en Chiloé ocurren en verano, lo que afecta a especies endémicas como el coral *Desmophyllum dianthus* (Strub et al., 2019).

El episodio más crítico de marea roja tuvo lugar durante la Floración de Algas Nocivas (FAN) de 2016, considerada la crisis socio-ecológica más grave que ha vivido el archipiélago. El origen del problema se halló en la proliferación de la microalga *Pseudochattonella verruculosa*, lo que supuso un aumento de las tasas de mortalidad en las granjas salmonícolas. Posteriormente, se vertieron entre cinco y nueve megatoneladas de salmones muertos a 70 km de la costa, provocando la sucesión de una segunda marea roja de *Alexandrium catenella* –esta vez catalogada como FAN– que fue desplazada por las corrientes superficiales hacia el mar interior de Chiloé (Cabello et al., 2018; Armijo et al., 2020). Si bien las causas de esta crisis se asociaron en gran parte a los desechos de la salmonicultura, la magnitud de la catástrofe también se

justificó por el aumento de la radiación neta provocada por el fenómeno de El Niño y el cambio climático (Soto, 2019).

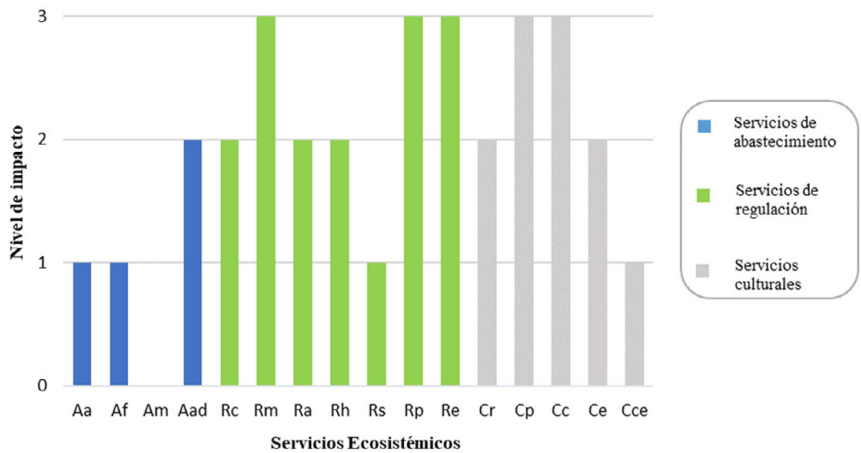
La agudización de los eventos meteorológicos extremos contribuye a un aumento de los escapes de salmones. Este inconveniente pone en peligro la conservación de la ictiofauna autóctona tanto por su depredación como por la transmisión de enfermedades (Sepúlveda et al., 2013). Al igual que ocurre en Noruega, la Administración Pública chilena parece no encontrar una solución a los escapes (Aanesen et al., 2023). Según la legislación actual, en Chile solamente se exige recuperar un 10% de los salmones perdidos, umbral que, por lo general, ni siquiera se llega a alcanzar (Billi et al., 2022).

En lo que respecta a los servicios culturales, la conversión del campesino y el pescador artesanal en operario acuícola ha suscitado una transformación de la vida cotidiana (Delgado et al., 2019). Paralelamente, la enorme afluencia de afuerinos y el abandono de las actividades tradicionales estimula la pérdida de identidad del pueblo chilote. Por ejemplo, la "minga", entendida como la costumbre a partir de la cual los vecinos de una comunidad colaboran para llevar a cabo una ardua tarea, empezó a desaparecer fruto del éxodo rural (Meneses et al., 2023). A lo anterior hay que añadir la alteración del paisaje terrestre y marino que origina la construcción de las instalaciones salmonícolas y las plantas de procesamiento.

4.2.2. Miticultura

La miticultura, que puede definirse como el cultivo de mejillones o "choritos", conforma la segunda actividad acuícola más relevante de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé. Además, conviene precisar que toda la producción mitícola se desarrolla en la Región de Los Lagos. Del mismo modo que sucede con la salmonicultura, este sector también ha generado impactos sustanciales en el estado de los SSEE costero-marinos (Gráfico 3).

***GRÁFICO 3**. Distribución de los impactos de la miticultura sobre los SSEE.*



Fuente: elaboración propia

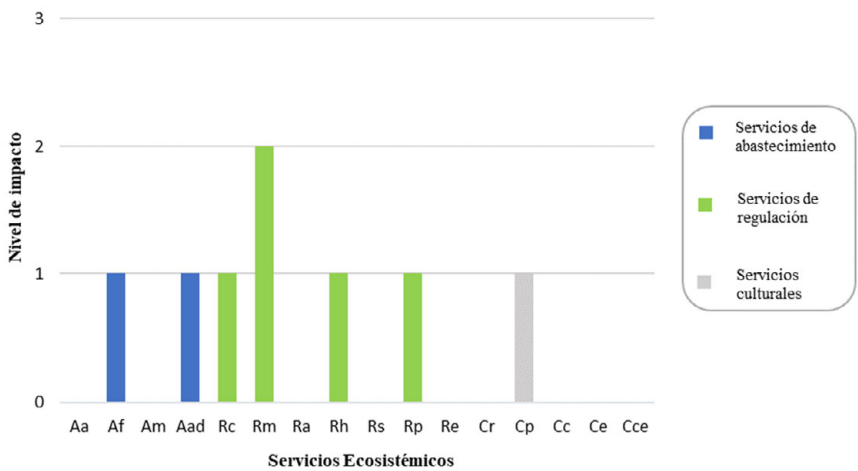
La magnitud de las presiones que ejerce la salmonicultura logra muchas veces disimular los impactos que entraña la miticultura. Esta actividad, tal y como está planteada, tampoco aporta patrones de sostenibilidad para el establecimiento de una economía azul en Chiloé. Los problemas más destacables son la acumulación de basura en las playas, la degradación del paisaje marino, el depósito de ingentes cantidades de bivalvos muertos en el fondo marino, la perturbación de los desplazamientos naturales de mamíferos acuáticos y la obstaculización de las zonas de tránsito que emplean los pescadores artesanales (Hucke et al., 2006; Paredes, 2019).

4.2.3. Pesca artesanal

La pesca artesanal es una de las actividades más sostenibles de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé (Gráfico 4). La utilización de técnicas rudimentarias y las limitaciones que impone la legislación chilena facilitan la preservación de los ecosistemas costero-marinos. A día de hoy, todavía es frecuente el uso de embarcaciones pequeñas sin motor que no pueden recorrer grandes distancias mar adentro (Pitchon, 2015). Lo anterior también resulta beneficioso para la conservación de los SSEE. Pese a todo, se siguen empleando –aunque de manera más

esporádica– artes de pesca nocivas con el medio y todavía es común que se produzcan capturas accidentales. En cualquier caso, el impacto más significativo que supone este sector se observa en las playas, donde frecuentemente se apilan los barcos de los pescadores artesanales. Esta situación perturba la regulación morfo-sedimentaria y desalienta la recreación y el disfrute del paisaje.

***GRÁFICO 4**. Distribución de los impactos de la pesca artesanal sobre los SSEE.*



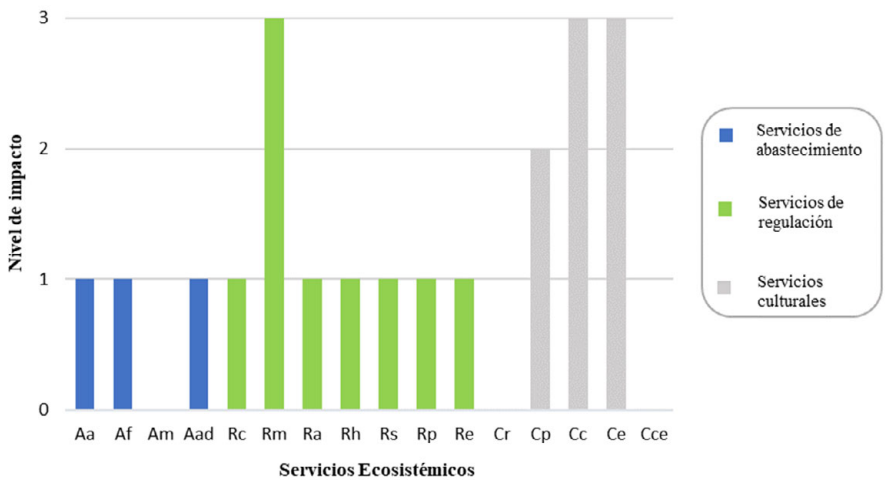
Fuente: elaboración propia

Hasta la promulgación de las primeras normativas que restringieron las capturas pesqueras a finales del siglo XX, varias especies comerciales estuvieron a punto de desaparecer. Uno de los mayores avances se logró con la creación de las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB). Actualmente, los pescadores artesanales que operan en las AMERB deben actuar de manera coordinada en función de lo estipulado en un plan, cuyo objetivo es compatibilizar el aprovechamiento y conservación de los recursos marinos (Skewes et al., 2012). Así pues, se consiguió salvaguardar la supervivencia de especies que estaban en peligro de extinción. En este sentido, se puede afirmar que la pesca artesanal es uno de los sectores en Chiloé en los que se han producido mayores progresos desde el punto de vista socio-ecológico.

4.2.4. Turismo

El turismo no genera impactos sustanciales sobre los servicios de abastecimiento y regulación, a excepción de los problemas que supone sobre la integridad ecológica de las playas como resultado del ingreso de vehículos turísticos (Gráfico 5). En contraste, los servicios culturales se hallan altamente degradados como consecuencia de la turistificación. Por ejemplo, los palafitos, uno de los elementos arquitectónicos idiosincráticos de Chiloé, se han transformado en hoteles, restaurantes y tiendas de *souvenirs*, suprimiendo así la función residencial que tradicionalmente tenían (Miller, 2021). Algo similar ocurre en las playas, donde los usos consuetudinarios (recolección de marisco, celebración de ceremonias, etc.) son sustituidos por prácticas turísticas en verano (Skewes et al., 2012).

***GRÁFICO 5**. Distribución de los impactos del turismo sobre los SSEE*



Fuente: elaboración propia

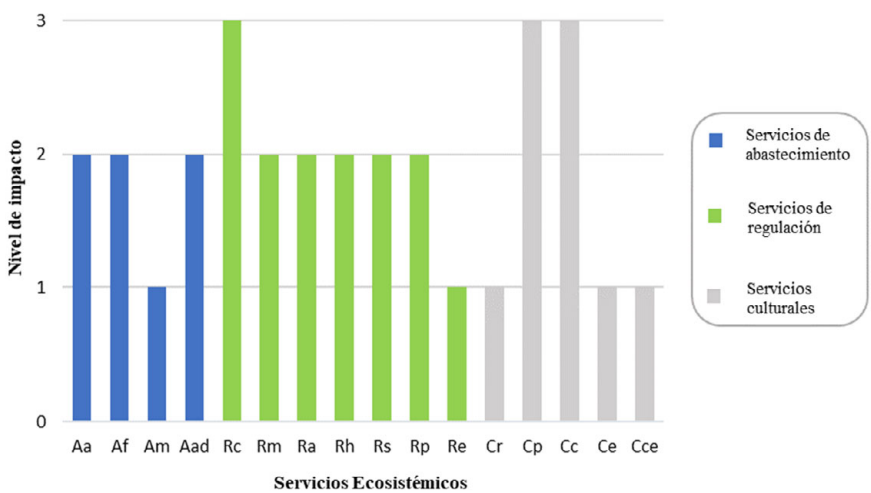
4.2.5. Urbanización

El crecimiento demográfico que han experimentado los centros urbanos ubicados en las zonas costeras del archipiélago de Chiloé ha devenido en una rápida expansión urbanística. Tanto es así que la población ha estado creciendo a una velocidad superior al proceso de planificación

urbanística, lo que ha repercutido en una falta de infraestructuras de saneamiento y abastecimiento hídrico en la periferia de los asentamientos. Asimismo, el aumento de la demanda de leña y la necesidad de contar con un vehículo privado para desplazarse dentro de las ciudades han suscitado un incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (Vázquez et al., 2023b). El proceso de urbanización no solo ha conllevado un recrudecimiento de las causas del cambio climático, sino también de sus consecuencias. El *boom* inmobiliario ha impulsado a la población a ocupar lugares potencialmente peligrosos desde el punto de vista geológico y climático en los que el valor del suelo es menor (Barton y Román, 2016).

La artificialización del paisaje litoral también ha suscitado una degradación de los servicios culturales (Gráfico 6). La construcción de puertos, edificaciones de uso residencial y nuevos barrios de características arquitectónicas homogéneas discuerdan con los patrones constructivos tradicionales de Chiloé. El ejemplo más paradigmático lo conforma el centro comercial de Castro, cuyo diseño y envergadura contrastan con la fisonomía de los palafitos (Miller, 2021).

***GRÁFICO 6**. Distribución de los impactos de la urbanización sobre los SSEE*

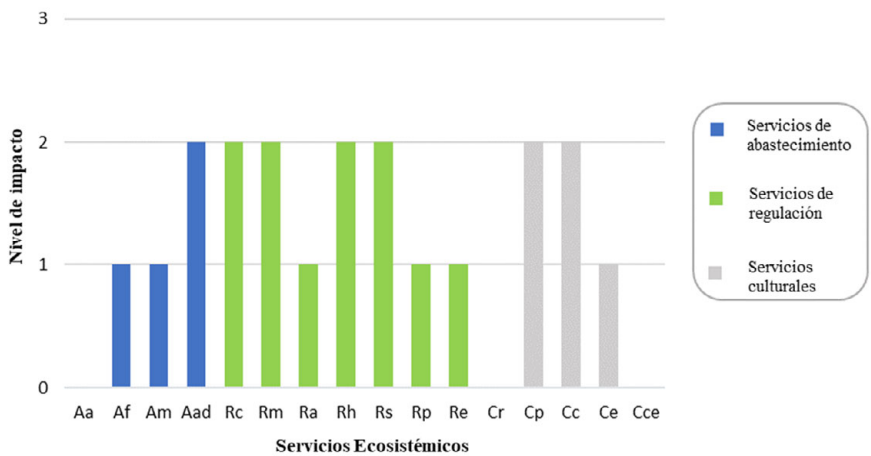


Fuente: elaboración propia

4.2.6. Agricultura y ganadería

El sistema de producción agrícola tradicional se mantuvo hasta los años 70, cuando empezaron a introducirse semillas modificadas genéticamente, pesticidas, maquinaria y técnicas innovadoras de labranza. Más tarde, en los años 90, surgió la agricultura ecológica en Chiloé con el propósito de preservar ciertas especies endémicas de cultivo, especialmente las variedades autóctonas de papas (Meneses et al., 2023). Los nuevos métodos de cosecha –el uso de invernaderos, por ejemplo– han reemplazado en muchos lugares a las prácticas ancestrales que dependían del trabajo colaborativo entre los vecinos de una comunidad. La transición de una agricultura de subsistencia y de vocación comunal a un modelo abierto al mercado nacional e internacional ha supuesto la concentración de la producción en los cultivos más rentables y el abandono de las variedades menos comerciales (Barrena et al., 2014). Todo ello ha implicado una depauperación de los servicios ecosistémicos (Gráfico 7).

***GRÁFICO 7**. Distribución de los impactos de la agricultura y la ganadería sobre los SSEE*

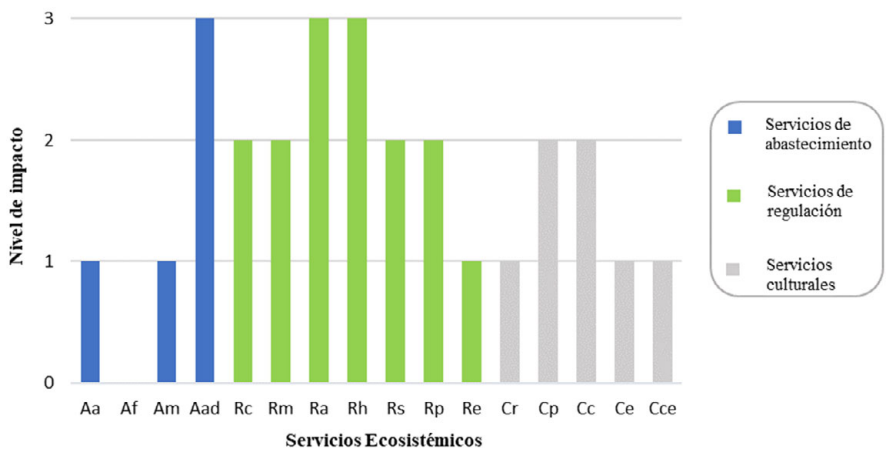


Fuente: elaboración propia

4.2.7. Silvicultura

El aumento de la frecuencia de megaincendios en Chile no solo está relacionado con el incremento de las temperaturas y la reducción de las precipitaciones, sino también con la plantación de monocultivos forestales de rápido crecimiento. Además, la introducción de especies alóctonas como el eucalipto promueve la disminución del volumen de agua dulce del ambiente, la pérdida de sumideros de carbono y la deforestación del bosque nativo (Gutiérrez et al., 2009); de ahí que los servicios de regulación sean los más perjudicados por la actividad silvícola (Gráfico 8).

***GRÁFICO 8**. Distribución de los impactos de la silvicultura sobre los SSEE*



Fuente: elaboración propia

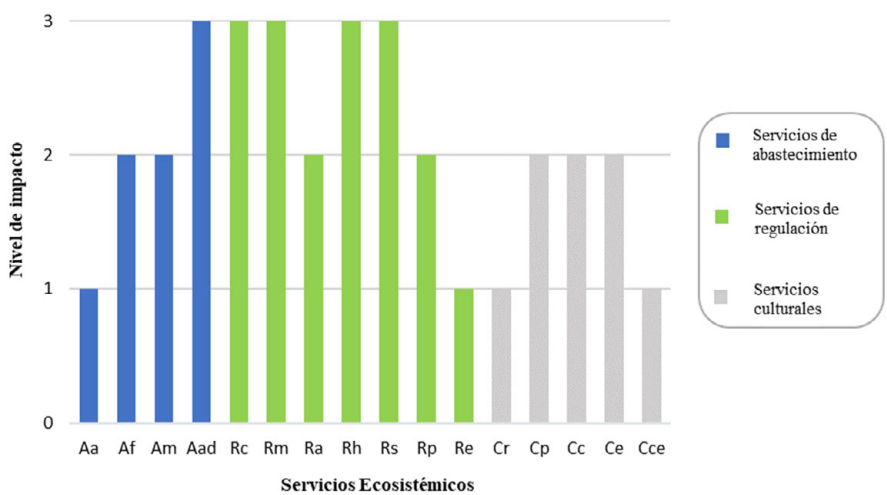
4.2.8. Minería

El cobre es el recurso más exportado de Chile, lo que permite posicionar al sector minero como la actividad económica más importante del país. Las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé no disponen de una gran cantidad de explotaciones mineras, dado que estas se ubican principalmente en la Cordillera de los Andes. No en vano, el archipiélago alberga un número significativo de turberas que son de interés para la industria, dado que el material sedimentario que las soporta –conocido como turba–

se considera un recurso fósil, cuya explotación está regulada por el Código de Minería. Las turberas son un tipo de humedal de morfogénesis glaciar formado por la descomposición de la materia orgánica acumulada. Estos ecosistemas están recubiertos por una capa externa del musgo *Sphagnum*, también denominado "pompón", que tiene la capacidad de absorber agua hasta un volumen que alcanza 20 veces su peso en seco. En un entorno como el del archipiélago de Chiloé, donde las fuentes hídricas naturales son escasas y el estrés hídrico es cada vez más acuciante en verano, las turberas constituyen un elemento esencial en tanto que se las considera el principal reservorio de agua dulce (Gajardo et al., 2017).

La extracción de la turba desestabiliza la integridad ecológica de las turberas, alterando la mayoría de los SSEE que estos proveen (el aprovisionamiento de medicinas y madera, la regulación hídrica, la capacidad de atenuar las temperaturas, la formación de suelo y el control biológico) (Vázquez, 2023) (Gráfico 9). Asimismo, la destrucción de estos humedales contribuye a la liberación de grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera. Al respecto conviene apuntar que las turberas son los sumideros de carbono más afectivos que existen en la superficie terrestre (León y Oliván, 2014; Iturraspe, 2016).

***GRÁFICO 9**. Distribución de los impactos de la minería sobre los SSEE*



Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIÓN

A la vista de los resultados, queda patente que Chiloé todavía se halla lejos de poder cumplir los principios básicos de una economía azul sostenible, sobre todo si se observan los impactos que generan determinadas actividades, tales como la salmonicultura, la miticultura, el sector urbanístico, la silvicultura o la minería. Ahora bien, algunos sectores –especialmente la pesca artesanal– parecen estar desarrollándose mediante técnicas más respetuosas con el medio que auguran una posible mejora del modelo productivo de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé.

6. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo de la financiación recibida a partir del contrato para la Formación de Profesorado Universitario (FPU) que facilita el Ministerio de Universidades de España. Además, la estancia desarrollada entre junio y diciembre de 2023 ha sido posible gracias a la "Ayuda complementaria de movilidad destinada a beneficiarios del programa FPU".

Por último, quiero agradecer a mis directores de tesis, Juan Manuel Barragán y Francisco Ther, por haberme brindado su ayuda en la resolución de la investigación.

7. REFERENCIAS

Aanesen, M., Czajkowski, M., Lindhjem, H. y Vavrud, S. (2023). Trade-offs in the transition to blue economy – Mapping social acceptance of aquaculture expansion in Norway. *Science of the Total Environment, 859*, 160199. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160199

Armijo, J., Oerder, V., Auger, P. A., Bravo, A. y Molina, E. (2020). The 2016 red tide crisis in southern Chile: Possible influence of the mass oceanic dumping of dead salmons. *Marine Pollution Bulletin, 159*, 110603. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110603

Barragán Muñoz, J. M. (2014). *Política, gestión y litoral. Una visión de la Gestión Integrada de Áreas Litorales*. Tébar Flores.

Barrena, J., Nahuelhual, L., Báez, A. Schiappacasse, I. y Cerda, C. (2014). Valuing cultural ecosystem services: Agricultural heritage in Chiloé island, southern Chile. *Ecosystem Services, 7*, pp. 66–75. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.12.005

Barton, J. R. y Román, A. (2016). Sustainable development? Salmon aquaculture and late modernity in the archipelago of Chiloé, Chile. *Island Studies Journal, 11(2)*, pp. 651–672. https://repositorio.uc.cl/handle/11534/38840

Billi, M., Mascareño, A., Henríquez, P. A., Rodríguez, I., Padilla, F. y Ruz, G. A. (2022). Learning from crises? The long and winding road of the salmon industry in Chiloé Island, Chile. *Marine Policy, 140*, 105069. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105069

Buschmann, A. H. y Fortt, A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista ambiente y desarrollo, 21(3)*, pp. 58–64. http://bitly.ws/S3gq

Bustos, B. y Román, A. (2019). A sea uprooted: islandness and political identity on Chiloé Island, Chile. *Island Studies Journal, 14(2)*, pp. 97–114. https://doi.org/10.24043/isj.91

Cabello, P., Torres, R. y Mellado, C. (2018). Conflicto socioambiental y contienda política: encuadres de la crisis ambiental de la marea roja en Chiloé (Chile). *América Latina Hoy, 79*, pp. 59–79. https://doi.org/10.14201/alh2018795979

Carrera, N. I. (2020). Breve historia de la acuicultura y salmonicultura en el sur de Chile (1856-2000). *Revista Territorios y Regionalismos, 3*, pp. 36–49. https://www.redalyc.org/journal/6277/627765323003/html/

CICES [Common International Classification of Ecosystem Services] (2019). *Common International Classification of Ecosystem Services*. European Environment Agency. https://CICES.EU

De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Constanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodríguez, L. C., ten Brink, P. y van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services 1(1)*, pp. 50–61. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005

Delgado, L. E., Marín, V. H., Asún, R., Zúñiga, C., Natenzon, C., Castro Díaz, R., Paredes, L. D. y Capriroli, F. (2019). Environmental governance for coastal marine ecosystems services of Chiloé Island (Southern Chile). En L. E. Delgado y V. H. Marín (eds.), *Socialecological systems of Latin America: complexities and challenges* (pp. 389–405). Springer Nature.

Delgado, L. E. y Marín, V. H. (2020). Ecosystem services and ecosystem degradation: Environmentalist's expectation? *Ecosystem Services, 45*, 101177. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101177

Ferro Azcona, H., Espinoza Tenorio, A., Calderón Contreras, R., Ramenzoni, V. C., de las Mercedes Gómez Pais, M., y Mesa Jurado, M. A. (2019). Adaptive capacity and social-ecological resilience of coastal areas: a systematic review. *Ocean and Coastal Management, 173(1)*, pp. 36–51. https://doi.org/10.1016/j.oceco aman.2019.01.005

Fudge, M., Ogier, E. y Alexander, K. A. (2023). Marine and coastal places: Wellbeing in a blue economy. *Environmental Science and Policy, 144*, pp. 64–73. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.03.002

Gajardo, P., Mondaca, E. y Santibáñez, P. (2017). La minería industrial como una nueva amenaza al espacio marino costero de Chiloé: Bahía de Cucao como caso de estudio. *RIVAR, 3(10)*, pp. 110–138. http://bitly.ws/S3j3

Gutiérrez, A. G., Armesto, J. J., Aravena, J. C., Carmona, M., Carrasco, N. V., Christie, D. A., Peña, M. P., Pérez, C. y Huth, A. (2009). Structural and environmental characterization of old-growth temperate rainforests of northern Chiloé Island, Chile: Regional and global relevance. *Forest Ecology and Management, 258(4)*, pp. 376–388. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.03.011

Harley, C. D. G., Randall Hughes, A., Hultgren, K. M., Miner, B. G., Sorte, C. J. B., Thornber, C. S., Rodriguez, L. F., Tomanek, L. y Williams, S. L. (2006). The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters, 9*, pp. 228–241. doi:10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x.

Hersoug, B., Mikkelsen, E. y Osmundsen, T. C. (2021). What's the clue; better planning, new technology or just more money? – The area challenge in Norwegian farming. *Ocean and Coastal Management, 199*, 105415. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105415

Hucke Gaete, R., Viddi, F. y Bello, M. (2006). *Conservación Marina en el sur de Chile*. Imprenta América.

IRP [International Resource Panel] (2021). *Governing Coastal Resources: Implications for a Sustainable Blue Economy*. S. Fletcher, Y. Lu, P. Álvarez, C. McOwen, Y. Baninla, S. M. Fet, G. He, C. Hellevik, H. Klimmek, J. Martin, R. Mendoza Alfaro, G. Philis, N. Rabalais, U. Rodriguez Estrada, J. Wastell, S. Winton y J. A. Yuan. Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme (UNEP). http://bitly.ws/L7A3

Iturraspe, R. (2016). Patagonian Peatlands (Argentina and Chile). En C. Finlayson, G. Milton, R. Prentice y N. Davidson (eds.), *The Wetland Book*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6173-5_230-1

León, C. A. y Oliván, G. (2014). Recent rates of carbon and nitrogen accumulation in peatlands of Isla Grande de Chiloé-Chile. *Revista Chilena de Historia Natural, 87*. http://www.revchilhistnat.com/content/87/1/26

Levy, M., Babu, S., Hamilton, K., Rhoe, V., Catenazzi, A., Chen, M., Reid, W. V., Sengupta, D., Ximing, C., Balmford, A. y Bond, W. (2005). Ecosystem conditions and human well-being. En MEA [Millennium Ecosystem Assessment], *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends* (pp. 123–164), Island Press. http://bitly.ws/Lejp

Lu, Y., Yuan, J., Lu, X., Su, C., Zhang, Y., Wang, C., Cao, X., Li, Q., Su, J., Ittekkot, V., Garbutt, R. A., Bush, S., Fletcher, S., Wagey, R., Kachur, A. y Sweijd, N. (2018). Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. *Environmental Pollution, 239*, pp. 670–680. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.016

Meneses, F., Montenegro, N., Schapheer, C. y Pérez-Quezada, J. F. (2023). Historical changes in agricultural systems and the current greenhouse gas emissions in Southern Chile. *Agronomy, 13*, 240. https://doi.org/10.3390/agronomy13010240

Miller, J. C. (2021). The ruin(s) of Chiloé?: An ethnography of buildings de/reterritorializing. *Cultural geographies, 29(3)*, pp. 1–18. https://doi.org/10.1177/14744740211029280

Paredes Paredes, L. D. (2019). *Desarrollo de un modelo conceptual para el manejo de servicios ecosistémicos costeros: Isla Grande de Chiloé* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Chile.

Pitchon, A. (2015). Large-scale aquaculture and coastal resource-dependent communities: Tradition in transition on Chiloé Island, Chile. *The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology, 20(2)*, pp. 343–358. https://doi.org/10.1111/jlca.12151

Sepúlveda, M., Arismendi, I., Soto, D., Jara, F. y Farias, F. (2013). Escaped farmed salmon and trout in Chile: incidence, impacts, and the need for an ecosystem view. *Aquaculture Environment Interactions, 4(3)*, pp. 273–283. https://doi.org/10.3354/aei00089

Silver, J. J., Gray, N. J., Campbell, L. M., Fairbanks, L. W. y Gruby, R. L. (2015). Blue economy and competing discourses in international oceans governance. *The Journal of Environment & Development 24 (2)*, pp. 135–60. https://doi.org/10.1177/1070496515580797

Skewes, J. C., Álvarez, R. y Navarro, M. (2012). Usos consuetudinarios, conflictos actuales y conservación en el borde costero de Chiloé insular. *Magallania, 40(1)*, pp. 109–125. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-22442012000100006

Soto Oyarzún, E. (2019). Servicios ecosistémicos afectados por desastres naturales en la costa y el mar. En C. Martínez, R. Hidalgo, C. Henríquez, F. Arenas, N. Rangel-Buitrago y M. Contreras-López, *La zona costera en Chile: adaptación y planificación para la resiliencia* (pp. 285–307). GEOlibros. http://bitly.ws/S3h6

Strub, P. T., James, C., Montecino, V., Rutllant, J. A. y Blanco, J. L. (2019). Ocean circulation along the southern Chile transition region (38°–46°S): mean, seasonal and interannual variability, with a focus on 2014–2016. *Progress in Oceanography, 172*, pp. 159–198. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2019.01.004

Tsiouvalas, A., Stoeva, G. y Raspotnik, A. (2022). Looking for common ground: Marine living resource development in Alaska and Northern Norway in the context of the blue economy. *Sustainability, 14*, 4115. https://doi.org/10.3390/su14074115

Vargas Cárdenas, M. y Cárcamo Velásquez, N. (2022). "Del *gualato* al subcontrato salmonero": trayectorias laborales de campesinos y campesinas del sur austral de Chile (1970-1990). *Cuadernos de historia, 56*, pp. 91–115. http://dx.doi.org/10.5354/0719-1243.2022.67228

Vázquez Pinillos, F. J. (2023). El estrés hídrico en el archipiélago de Chiloé (Chile): ¿Un problema de cambio climático? En M. Bermúdez Vázquez (coord.), *Caminos de Reflexión y pensamiento: análisis desde la filosofía hasta los ODS* (pp. 436–459). Dykinson. http://bitly.ws/QfyG

Vázquez Pinillos, F. J., Barragán Muñoz, J. M. y Ther Ríos, F. (2023a). Delimiting coastal zones for integrated management: The case of the island and the sea of Chiloé (Chile). *Marine Policy, 150*, 105535. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105535

Vázquez Pinillos, F. J., Chica Ruiz, J. A. y Martínez González, G. O. (2023b). La gestión costera en la isla y el mar de Chiloé (Chile): un diagnóstico de los problemas operativos desde la GIAL y su relación con el cambio climático. *Revista de Geografía Norte Grande, 85*. http://ojs.uc.cl/index.php/RGNG/article/view/32155

Vázquez Pinillos, F. J., Barragán Muñoz, J. M. y Ther Ríos, F. (s. f.). Progresos y desafíos para el establecimiento de una economía azul sostenible en Chiloé (Chile): explorando las conexiones de un sistema socio-ecológico.

Voyer, M., Quirk, G., McIlgorm, A. y Azmi, K. (2018). Shades of blue: what do competing interpretations of the Blue Economy mean for oceans governance? *Journal of Environmental Policy & Planning 20(5)*, pp. 1–22. https://doi.org/10.1080/1523908X.2018.1473153

IDENTIFICANDO LAS ZONAS COSTERAS VULNERABLES A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ÁREAS LITORALES DE LA ISLA Y EL MAR DE CHILOÉ (CHILE)

FRANCISCO JOSÉ VÁZQUEZ PINILLOS
Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

La geografía eminentemente costera que presenta Chile a lo largo de sus más de 6.000 km de longitud litoral lo convierte en uno de los países más vulnerables a los efectos del cambio climático. Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Chile cumple con siete de los nueve criterios que definen el grado de vulnerabilidad al cambio climático: contiene áreas costeras de baja altura, zonas con cobertura forestal, lugares propensos a desastres naturales, zonas áridas y semiáridas, áreas susceptibles a la sequía, ciudades con contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos (Pachauri et al., 2014). La vinculación cultural y la dependencia económica que conecta a la sociedad chilena con el mar se plasmó en la COP25 de 2019, donde se consideró la protección de los océanos como el centro del debate internacional. Por este motivo, se había programado celebrar el encuentro científico en Santiago, pero, debido a la inestabilidad social que estaba atravesando el país, se terminó trasladando la sede a la ciudad de Madrid (Vásquez, 2019; Bergamini et al., 2022; Winckler, 2022).

Las concentraciones de gases de efecto invernadero en Chile han continuado creciendo y acelerándose, especialmente desde los años 90 hasta la actualidad. Con todo, el país solo contribuye al 0,25% de las emisiones en el mundo, que proceden fundamentalmente de la quema

de carbón y gas natural para la obtención de energía. En el último lustro se ha comenzado a percibir una estabilización de las emisiones, producto de la sustitución de combustibles fósiles por fuentes de energías renovables, cuyo uso se ha incrementado en más de un 70% desde 2016 (GC, 2022).

Pese a las medidas de mitigación que se han estado planteando en Chile, los efectos del cambio climático no han dejado de recrudecerse en todas las regiones del país. De acuerdo con los datos históricos disponibles, en la última década (2011-2021) se anotaron las temperaturas más elevadas y las precipitaciones más bajas en Chile, siendo 2021 el cuarto año más cálido y el segundo más seco desde que se tiene documentación (Araya, 2020; Gutiérrez et al., 2022). Además, conviene apuntar que la década del 2010-2020 concentra los ocho años más calurosos que se han registrado desde 1960 (MMA, 2020). Por consiguiente, la isoterma de 0 grados –que marca el punto de congelación del agua– está aumentando su altura en el orden de 10 metros cada diez años en el sur del país (Abdón y Meza, 2008).

Las zonas costeras constituyen el ambiente más vulnerable a los efectos del cambio climático, sobre todo por su exposición ante la ocurrencia de eventos meteorológicos adversos. El ascenso del nivel medio del mar y el aumento del riesgo de desastres han causado una mayor repetición de inundaciones a lo largo del frente litoral. Como consecuencia, muchos humedales están reduciendo su superficie, las interrupciones en las labores marítimas son cada vez más frecuentes, los acuíferos están recibiendo mayores aportes salinos y las playas se encuentran en un proceso acelerado de retroceso (Madeira, 2022). Pica et al. (2019) estudiaron la evolución de 33 playas chilenas, obteniendo como resultado que el 80% de ellas están perdiendo sedimento. En fin, el cambio climático no solo genera presiones en los ecosistemas, sino también en la dimensión social y económica, especialmente en materias como la agricultura, la industria forestal, la energía, las infraestructuras, la salud y la calidad de vida (Abdón y Meza, 2008).

Las áreas litorales aportan muchos de los servicios ecosistémicos que son aprovechados para el bienestar humano; de ahí que esta franja estrecha del territorio reúna la mayor parte de las actividades económicas

que se desarrollan en el planeta. La costa es también de vital importancia para la adaptación al cambio climático, pues se configura como la primera barrera amortiguadora ante la ocurrencia de temporales o marejadas (MPPA, 2014). En Chile, los avances político-administrativos más notorios en materia de cambio climático se gestaron como resultado del estallido social a finales de 2019. Este movimiento fue una respuesta contra las instituciones tradicionales del país, los partidos políticos y el modelo neoliberal impuesto durante la dictadura militar de Pinochet (Sapiains et al., 2022). Entre las demandas más proclamadas destacaron: la reivindicación de un sistema de pensiones digno, mejores servicios públicos de educación y sanidad, el incremento del salario mínimo, mayor participación ciudadana en la toma de decisiones, la descentralización del país, mayor justicia ambiental y más medidas para abordar las repercusiones del cambio climático (Hofer, 2020). El estallido social también puso de manifiesto la necesidad de abolir la actual constitución, lo que permitió el inicio de un proceso constitucional en noviembre de 2019. En la fecha en que se está escribiendo esta investigación todavía no se ha aprobado un texto jurídico definitivo que siente las bases de la nueva Carta Magna.

Según Pörtner et al. (2022), Chile es el país iberoamericano en el que se han alcanzado más metas de adaptación relacionadas con la promulgación de políticas, leyes e instrumentos. Actualmente, el país cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático (2006), un Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (2017-2022), un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2014), nueve planes sectoriales de adaptación y una Estrategia Climática de Largo Plazo (2021). Recientemente, en 2022 se aprobó además la Ley Marco de Cambio Climático que unifica todos los progresos logrados hasta el momento.

2. OBJETIVO

Localizar las Zonas Costeras de Baja Elevación (ZCBE) de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé para estudiar el grado de vulnerabilidad de este entorno ante el ascenso del nivel medio del mar, la ocurrencia de eventos meteorológicos adversos y la sucesión de *tsunamis*.

3. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

El IPCC incita a los centros de investigación y Administraciones Públicas a desarrollar proyecciones de ascenso del nivel medio del mar en las áreas litorales a escala regional y local (Pörtner et al., 2022). La insularidad que caracteriza al archipiélago de Chiloé justifica la necesidad de llevar a cabo estudios acerca de la vulnerabilidad de sus costas ante las consecuencias del cambio climático. Sin embargo, en Chile los movimientos sísmicos son muy frecuentes, lo que muchas veces se traduce en un cambio repentino del nivel del mar. Además, los mareógrafos ubicados en el ámbito de estudio no abarcan información referida a intervalos temporales lo suficientemente prolongados como para acometer proyecciones fiables.

Por los motivos previamente señalados, se ha optado por una metodología inspirada en el trabajo de McGranahan et al. (2007), que utilizan el concepto de "Zonas Costeras de Baja Elevación" (ZCBE) para identificar el espacio litoral vulnerable al cambio climático. Las ZCBE se entienden como el territorio adyacente a la costa que se encuentra por debajo de los 10 metros sobre el nivel medio del mar. En suma, este concepto hace alusión al 2% de la superficie terrestre que está habitado por el 10% de la población mundial. Concretamente, en las ZCBE de Chile –según la definición propuesta por los autores de la investigación citada– viven cerca de un millón de personas. Considerando que el ascenso del nivel medio del mar como consecuencia del cambio climático no se espera que supere los 10 metros de elevación en los próximos cien años, la aplicación de la metodología de McGranahan et al. (2007) permite adaptarse también a otras implicaciones de la coyuntura actual, como el incremento de la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos adversos originados en el mar. Precisamente, este procedimiento se utilizó para reconocer las áreas vulnerables al cambio climático en diferentes lugares de Chile (Pica et al., 2019).

La delimitación de las ZCBE que plantean McGranahan et al. (2007) se fundamenta en un criterio métrico arbitrario. En la presente investigación se ha preferido redefinir este concepto para que se ajuste mejor a la geografía y a los problemas operativos que padecen las áreas litorales de

la isla y el mar de Chiloé. Para ello se ha optado por utilizar un umbral de elevación superior basado en los recorridos efectuados por los últimos *tsunamis* más vigorosos que han tenido lugar en el sur del país. Tras la indagación de fuentes bibliográficas específicas en las que se han estudiado los impactos de los terremotos en el archipiélago, se obtuvo que ningún *tsunami* ha superado los 10 metros de *run-up* en Chiloé, ni siquiera el ocurrido fruto del terremoto de 9,5 Mw de 1960, que está considerado el más potente de la historia de la humanidad (Lagos, 2012).

Ahora bien, en otros lugares del sur de Chile sí ha llegado a superarse el umbral de 10 metros de *run-up*. Según Martínez et al. (2011), los valores más elevados que se han alcanzado desde el siglo XVI se corresponden con los años 1562 y 1739. En ambas fechas, los *tsunamis* se elevaron 16 metros sobre el nivel del mar. Con el fin de plasmar el escenario más pesimista, las ZCBE se han calculado utilizando la isohipsa de 16 metros. La aplicación de este criterio funcional arroja como resultado un espacio vulnerable mucho más extenso que se ajusta no solo a las consecuencias del cambio climático, sino que además sirve para evaluar el riesgo ante posibles *tsunamis* futuros.

La estimación de las ZCBE se ha realizado mediante la manipulación del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) disponible en la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Ministerio de Bienes Nacionales de Chile. La capa cartográfica resultante, de 4 metros de resolución espacial, se ha combinado con los usos del suelo y la ortoimagen más actual de Chiloé para obtener información detallada acerca de las áreas litorales más expuestas y para mejorar la calidad de la representación. Por otra parte, se ha calculado el porcentaje de superficie afectada por comuna y se han identificado diversos elementos puntuales y lineales de gran valor socioeconómico (industrias, puertos, atractivos turísticos, establecimientos sanitarios y educativos, etc.) ubicados en las ZCBE. Todas las variables localizadas se han clasificado en cuatro categorías: elementos de interés económico, elementos de interés turístico-cultural, equipamientos e infraestructuras. Este procedimiento se ha elaborado a través de la descarga de capas de información disponibles en la IDE antes mencionada y mediante la utilización de *Google Earth* para actualizar los datos y añadir algunos elementos que no están recogidos

por la IDE (por ejemplo, industrias, bancos, farmacias, gasolineras, embarcaderos, etc.).

Además de las fuentes cartográficas descritas, se ha recurrido a la consulta de literatura secundaria para analizar los resultados, así como a la utilización fuentes estadísticas especializadas en la recopilación de datos climáticos. Toda la información cartográfica se ha manipulado con el programa ArcGIS. Conviene recalcar que la metodología presentada fue propuesta por primera vez en Vázquez et al. (s. f.), aunque este último trabajo –que abarca también otros aspectos vinculados al cambio climático– se aplicó únicamente en la provincia de Chiloé.

4. ÁMBITO DE ESTUDIO

4.1. Las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé

Chiloé es un archipiélago de la Patagonia chilena que está formado por alrededor de 40 islas, numerosos valles y fiordos. El término "áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé" (en inglés, *coastal area of the island and the sea of Chiloé*) fue propuesto por Vázquez et al., (2023). La delimitación de este espacio se realizó mediante la utilización de criterios ecológicos, físico-morfológicos, socioeconómicos, culturales y político-administrativos. El ámbito de estudio se ubica enteramente en la región de Los Lagos y abarca la totalidad de la provincia y el mar interior de Chiloé, las zonas marinas del Pacífico adyacentes al archipiélago y las costas continentales bañadas por el mar interior. Por tanto, las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé están constituidas por las comunas de Ancud, Quemchi, Dalcahue, Castro, Curaco de Vélez, Quinchao, Puqueldón, Chonchi, Queilén, Quellón, así como por parte de las comunas de Maullín, Calbuco, Hualaihué y Chaitén. Este entorno limita al norte con la carretera V-891 y el seno del Reloncaví, al este con la Cordillera de Los Andes, al sur con la Boca del Guafo y al oeste con las aguas profundas del Pacífico. La superficie resultante ocupa más de 34 km^2, aunque solamente el 35% del territorio se corresponde con el ámbito terrestre (Figura 1).

***FIGURA 1**. Ámbito de estudio*



Fuente: elaboración propia a partir de Vázquez et al. (2023)

4.2. Rasgos climáticos de Chiloé

La posición de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé en la vertiente occidental del Sur de las latitudes medias confieren a este espacio un clima oceánico con abundantes precipitaciones y temperaturas moderadas que varían en función de la disposición y prominencia del relieve (Vázquez, 2023). Cuenta con una humedad relativa superior al 80%, una temperatura media anual de 9,8 ºC y una amplitud térmica muy baja (inferior a 7 ºC) motivada por la influencia reguladora del mar que además dificulta la ocurrencia de heladas y nevadas (Bravo, 2004; Garrido et al., 2015). Estos rasgos climáticos incluyen a la provincia de

Chiloé en la zona "Cfb" de clima oceánico templado sin estación seca y con verano cálido de la clasificación de Köppen (Paredes, 2019).

Con respecto a la circulación general atmosférica, los vientos del Oeste varían su dirección dependiendo de la época del año. En verano, el anticiclón del Pacífico Sur ocupa una superficie muy dilatada que afecta a los vientos dominantes del sur patagónico, provocando su desviación hacia el norte, de modo que las corrientes de aire se adentran en el archipiélago desde el sur. Por el contrario, en invierno, el centro de altas presiones se contrae y asciende latitudinalmente, permitiendo que los vientos del Oeste mantengan su dirección habitual (Vergara, 2013). Debido a que la región manantial del anticiclón se encuentra en el océano Pacífico, los vientos de poniente se caracterizan por ser muy húmedos y frescos. La pluviometría disminuye a medida que las masas de aire penetran en el territorio y atraviesan la Cordillera de la Costa, como resultado del efecto Föhn (Strahler y Strahler, 2013). Por este motivo, las precipitaciones anuales a barlovento pueden alcanzar los 3.000 mm, mientras que a sotavento se sitúan en torno a 1.500 mm. Estas se distribuyen de manera desigual, presentando un máximo pluviométrico en invierno (superior a 200 mm en agosto) y un mínimo en verano que no supera los 70 mm mensuales (Bravo, 2004).

La variación de los patrones térmicos y pluviométricos es uno de los indicios que pueden reflejar más claramente la influencia del cambio climático en un lugar (Araya et al., 2020). Recurriendo a los registros históricos de diferentes variables climáticas, puede deducirse que el cambio climático no es un fenómeno que vaya a suceder en el futuro, sino una realidad que acompaña a la sociedad desde los inicios de la Revolución Industrial. Regresando al caso chileno, se observa que el incremento térmico y la reducción de las precipitaciones afectan a todo el país, pero especialmente a las regiones ubicadas entre la cuenca del río Biobío y el golfo del Corcovado (DMC, 2021).

Los impactos que ocasiona el cambio climático varían sustancialmente en función del lugar que se esté estudiando. Por tanto, para comprender las implicaciones de la actual coyuntura climática en Chiloé se deben tomar en consideración las características fisiográficas del ámbito de estudio, así como los problemas y conflictos operativos propios del

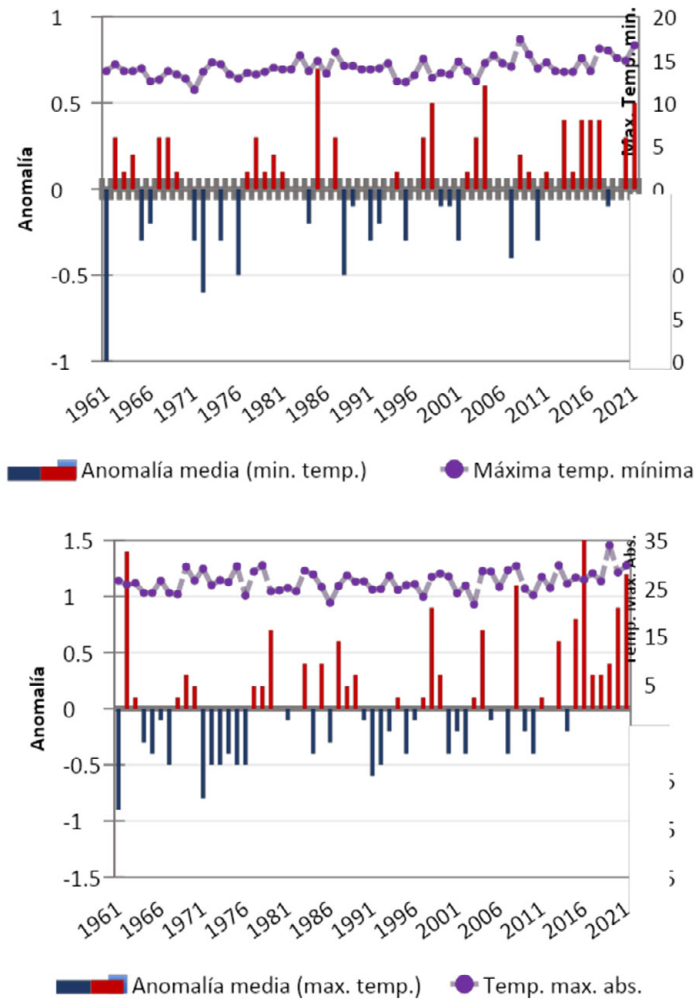
archipiélago. Concretamente, la geografía de Chiloé se caracteriza por la cantidad de islas, penínsulas, ríos, humedales y playas que dependen considerablemente de las variaciones climáticas. Los ecosistemas que componen el archipiélago están amenazados por el aumento del número de episodios de inundaciones costeras, la escasez hídrica estival, los incendios y muchos otros efectos que están siendo recrudecidos por el cambio climático (GORELL, 2022).

Según los datos disponibles en la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), en la estación de Mocopulli (ubicada en la comuna de Dalcahue) se ha registrado un incremento de las temperaturas de 0,1 grados por década desde los años 60 y una reducción de la pluviometría que asciende a 5 litros al año. Esta tendencia es más acusada en verano, coincidiendo con la época en la que el estrés hídrico se activa (Vázquez, 2023).

Cada vez es más frecuente que las temperaturas en Chiloé se acerquen a los 30 ºC en verano, valor que incluso llegó a sobrepasarse en 2019, cuando los termómetros marcaron los 34 ºC. Por este motivo, el porcentaje de días del año en los que las temperaturas máximas y mínimas superan el percentil 90 es mayor cada año. Si se analizan las anomalías térmicas ocurridas a partir de mediados del siglo XX, se puede percibir que, en Chiloé, desde 2016 se han registrado siete años consecutivos con temperaturas máximas que superan el promedio anual. Nuevamente, puede observarse cómo las temperaturas mínimas tienden a crecer, pero a un ritmo menos acelerado (Gráficos 1 y 2).

Para cuantificar la incidencia del cambio climático en Chiloé en función de los valores térmicos y pluviométricos, se deben emplear índices como el Factor de Pluviosidad de Lang, que se obtiene de la división de la precipitación entre la temperatura media anual (OMM, 2018). Atendiendo a los valores climatológicos normales de la estación de Mocopulli, se estima un factor de pluviosidad de 186,78, valor que pertenece a la categoría de “zona húmeda de bosques densos”. Ahora bien, considerando que las temperaturas aumentan y las precipitaciones decrecen, cabe esperar una reducción del Factor de Pluviosidad de Lang, lo que se traduce en una evidencia más del efecto del cambio climático en Chiloé.

***GRÁFICOS 1 y 2**. Evolución de las anomalías térmicas en Chiloé (1961-2021)*



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la DMC (2023)

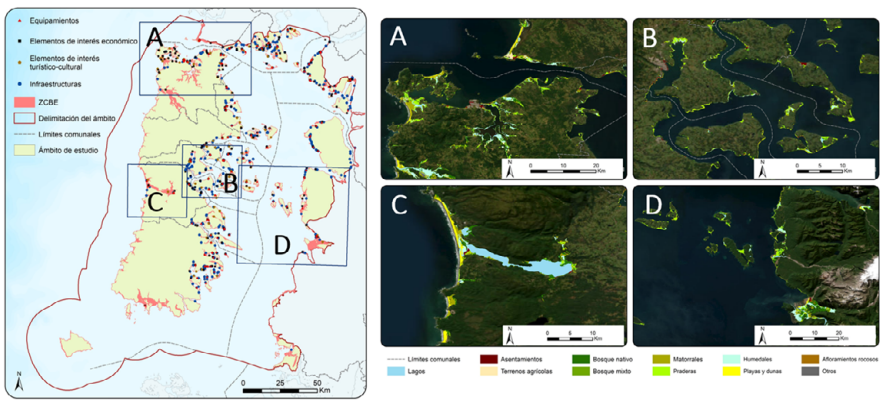
Los conflictos socio-ecológicos que se producen en Chiloé están intensificándose a causa de la alteración de los patrones climáticos. Entre los más preocupantes y denunciados por las ONG presentes en el ámbito de estudio se encuentran las floraciones de algas nocivas asociadas a la industria salmonícola, la deforestación del bosque nativo, la explotación de las turberas o la sobreexplotación pesquera (Verichev, 2020).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las zonas costeras son menos sensibles al aumento de las temperaturas, pero constituyen el espacio más vulnerable a las inundaciones derivadas de los temporales y marejadas. Además, el litoral concentra la mayor parte de la población, las actividades económicas y los equipamientos del archipiélago (Cortés, 2020). Muchos de los asentamientos urbanos costeros se localizan en lugares de escasa altitud –como ocurre en Quemchi, Achao o Queilén– de modo que el grueso de las infraestructuras y servicios que proporcionan estas ciudades se ubican en las Zonas Costeras de Baja Elevación (ZCBE).

Por este motivo, resulta oportuno conocer la evolución del riesgo en las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé. En la Figura 2 se identifican las ZCBE, además de los elementos de interés socioeconómico y los usos que se dan en este espacio situado por debajo de los 16 metros sobre el nivel medio del mar. Aproximadamente, a partir de los 41º sur de latitud, la Depresión Intermedia chilena –insertada entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes– empieza a hundirse; de ahí que la proporción de ZCBE en Chiloé sea superior al promedio de las costas del país.

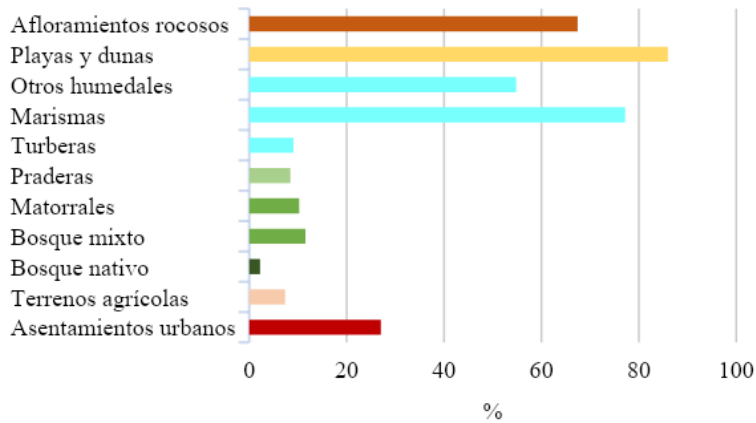
***FIGURA 2**. Identificación de los usos y elementos de interés ubicados en las ZCBE*



Fuente: elaboración propia

Las ZCBE ocupan el 9,29% de las áreas litorales emergidas de la isla y el mar de Chiloé, porcentaje que afecta de forma desigual a los usos que se desarrollan en el territorio. Las turberas, praderas, matorrales, terrenos agrícolas y bosques son predominantes en el interior de la Isla Grande de Chiloé, motivo por el cual están muy poco representados en el Gráfico 3. Por el contrario, los ecosistemas típicamente costeros –como las marismas, playas, campos dunares o afloramientos rocosos– ocupan la mayor parte de la zona vulnerable a los efectos del cambio climático y los *tsunamis*. Lo más interesante y preocupante que se muestra en el gráfico es que cerca de un tercio del tejido urbano del ámbito se sitúa también en las ZCBE. Al igual que sucede en el resto del mundo, la población en Chiloé también ha tendido a desplazarse hacia las áreas litorales, contribuyendo a la aceleración del crecimiento de las urbanizaciones costeras.

***GRÁFICO 3**. Porcentaje de usos ubicados en las ZCBE*

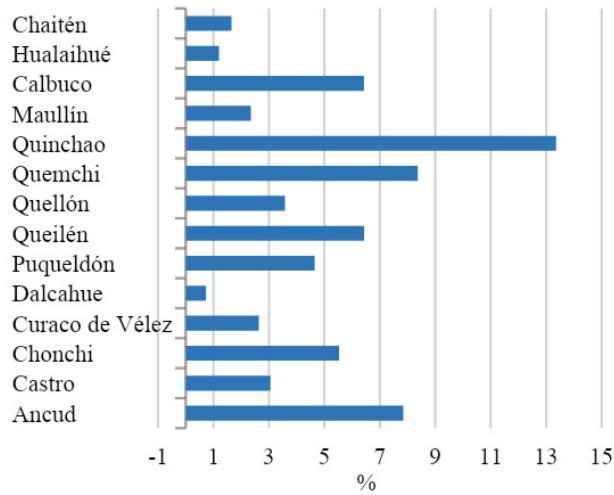


Fuente: elaboración propia

Si se analiza la extensión de la superficie de las ZCBE por comunas en las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé, se puede observar que Quinchao es la circunscripción territorial que dispone de un mayor porcentaje de lugares situados por debajo de los 16 metros sobre el nivel medio del mar. No es de extrañar que Quinchao destaque sobre las demás localidades, pues se trata de la comuna de condición más

archipelágica del ámbito. Calbuco, Quemchi, Queilén y Ancud también presentan una proporción elevada de zonas vulnerables a las repercusiones del cambio climático (Gráfico 4). Conviene apuntar que el porcentaje de ZCBE de Maullín, Calbuco, Hualaihué y Chaitén se ha calculado teniendo en cuenta la superficie total de las comunas, en lugar de utilizar solamente el territorio circunscrito en la delimitación de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé.

***GRÁFICO 4**. Porcentaje de superficie ubicada en las ZCBE por comunas*



Fuente: elaboración propia

En la Tabla 1 se recogen los 1.060 elementos puntuales que se han localizado en las ZCBE a partir de la consulta de las capas de información cartográfica de la IDE y el empleo de *Google Earth*. A lo anterior hay que añadir los más de 1.000 km de carreteras que se emplazan en las ZCBE y las 2.269 concesiones acuícolas que, si bien se ubican en el mar, constituyen también uno de los puntos de especial interés económico que, desde luego, podrían verse afectados por los efectos del cambio climático.

***TABLA 1**. Número de elementos de elevado interés socioeconómico en las ZCBE*

Categorías	Subcategorías	Elementos de interés	Número de entidades	Km de longitud
Elementos de interés económico	Concesiones de acuicultura	Alguicultura	550	
		Mitilicultura	1145	
		Salmonicultura	479	
		Otros cultivos acuícolas	95	
		Total de concesiones acuícolas	2269	
	Industrias		48	
	Caletas de pescadores		145	
Elementos de interés turístico-cultural	Museos		10	
	Iglesias de la Escuela Chilota		88 (9 Patrimonio Mundial de la UNESCO)	
	Otros atractivos turísticos		80	
Equipamientos	Ayuntamientos		4	
	Bancos		6	
	Cuarteles de carabineros		12	
	Compañías y cuerpos de bomberos		23	
	Salud	Hospitales	3	
		Postas de Salud Rural (PSR)	54	
		Otros centros sanitarios	15	
		Total de establecimientos sanitarios	72	
	Educación	Jardines infantiles	27	
		Otros centros educativos	70	
		Total de centros educativos	97	
	Farmacias		2	
	Grandes supermercados		2	
	Gasolineras		10	
Infraestructuras	Antenas de comunicaciones		13	
	Depuradoras		3	
	Vertederos		1	
	Aeródromos		12	
	Terminales de bus		9	
	Puertos, muelles y embarcaderos		307	
	Puentes		116	
	Red vial	Conectores locales		29,14
		Huellas		139,04
		Carreteras pavimentadas		68,66
		Caminos de ripio		225,93
		Senderos		504,22
		Caminos de tierra		48,21
		Otros conectores		45,6
		Longitud total de la red vial		1060,8

Fuente: elaboración propia

Dentro de los elementos de interés económico se han contabilizado un total de 479 concesiones salmonícolas que conforman el sustento del modelo económico del archipiélago. Además, la mayoría de las industrias identificadas en las ZCBE cumplen la finalidad de manipular los salmones y otros productos cosechados en las granjas acuícolas. La vulnerabilidad que presenta esta actividad frente a las consecuencias del cambio climático puede desembocar en un aumento de la frecuencia de problemas ambientales, tales como la propagación de enfermedades y parásitos, las Floraciones de Algas Nocivas o los escapes de los salmones, considerados especies invasoras en la Patagonia (Billi et al., 2022).

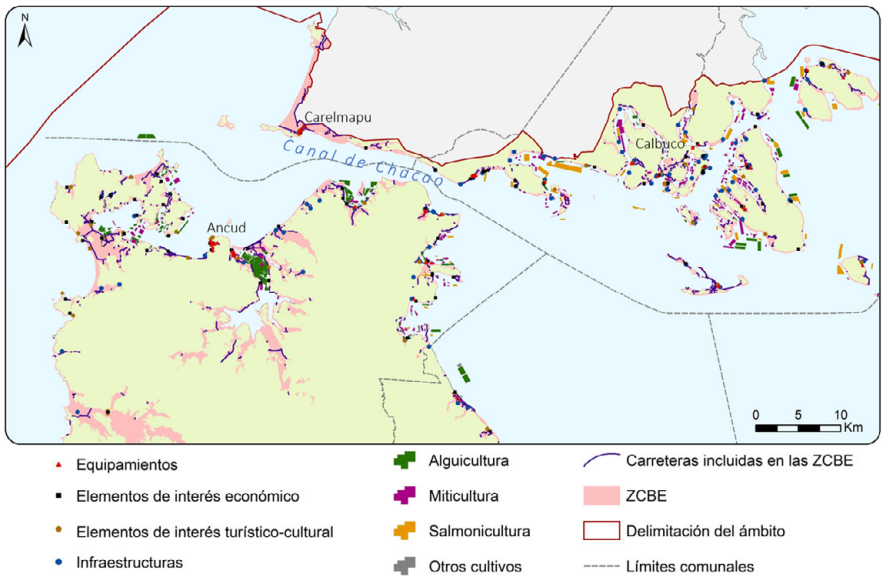
Por otro lado, la mayor parte de los elementos de interés cultural y turístico de Chiloé se hallan muy próximos al mar. Las obras arquitectónicas más visitadas por los turistas nacionales y extranjeros son los palafitos y las 16 iglesias de la Escuela Chilota que están catalogadas por la UNESCO como Patrimonio Mundial. Evidentemente, todos los palafitos del ámbito de trabajo están incluidos al frente de las ZCBE. En cuanto a las iglesias declaradas por la UNESCO, nueve de ellas también están localizadas en este espacio vulnerable al cambio climático. Con respecto a los equipamientos e infraestructuras, se estima necesaria la relocalización de algunos de estos elementos hacia terrenos más interiores, sobre todo las instalaciones educativas, los hospitales y las gasolineras.

Para observar con mayor nitidez las diferencias entre las diferentes ZCBE del ámbito, se han dividido los resultados en 5 apartados de tamaño muy similar: canal de Chacao, núcleo económico del archipiélago, Centro Sur de Chiloé, Quellón y Chiloé continental. La isla Guafo y el sector suroriental del área de estudio se han dejado fuera de estas cartografías más detalladas, dado que se trata de espacios protegidos en los que no se desarrollan actividades económicas y donde apenas existen elementos de interés incluidos en las ZCBE.

5.1. Canal de Chacao

Ancud, la única ciudad del archipiélago que no está bañada por las aguas del mar interior, es de los lugares más vulnerables al cambio climático. Entre los elementos urbanos más importantes presentes en las ZCBE destacan varios establecimientos sanitarios y educativos, un banco, una farmacia y una gasolinera. Ancud es también uno de los principales focos demográficos y económicos del ámbito de estudio, debido a su ubicación en la entrada del canal de Chacao. Las condiciones oceanográficas en el norte de Chiloé son muy diferentes a las que se dan en las costas abrigadas del mar interior, motivo por el cual en la zona de la bahía de Ancud no se produce tanto salmón, siendo la alguicultura y la miticultura los sectores acuícolas más desarrollados (Figura 3).

FIGURA 3. *ZCBE en el canal de Chacao*



Fuente: elaboración propia

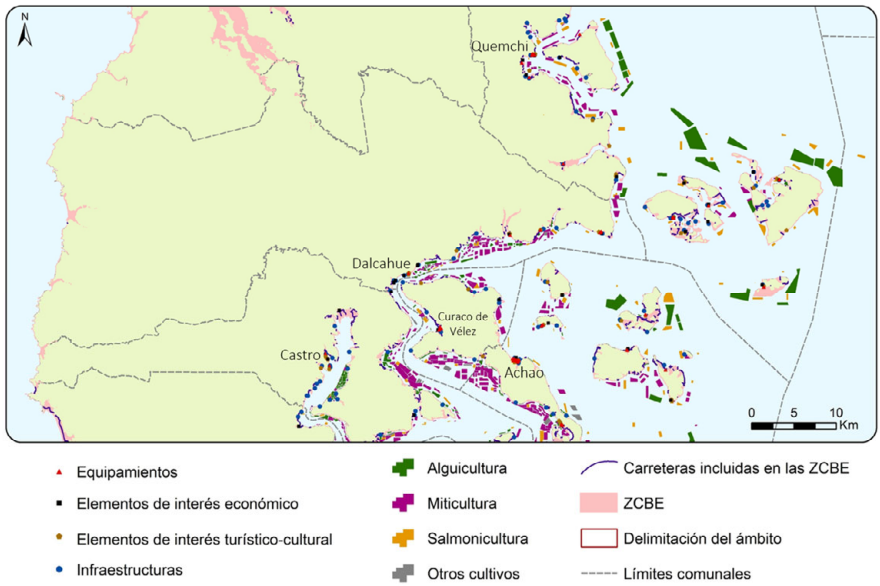
Al otro lado del canal de Chacao se sitúa la localidad de Carelmapu (ubicada en la comuna de Maullín), que está asentada sobre un terreno muy llano que no supera los 16 metros sobre el nivel medio del mar. Desde las proximidades de este enclave partirá el puente que unirá a Chiloé con el continente y cuyas obras se estiman que estén terminadas en 2025 (Álvarez y Ther, 2016). Más al este se halla Calbuco, el municipio que comparte más similitudes culturales y socioeconómicas con Chiloé. Un ejemplo de ello se puede apreciar en la cantidad de iglesias pertenecientes a la Escuela Chilota de Arquitectura que se localizan en esta comuna.

5.2. Núcleo económico del archipiélago

Este entorno alberga la mayoría de los centros urbanos (Quemchi, Dalcahue, Curaco de Vélez, Achao…), las iglesias declaradas patrimonio mundial por la UNESCO y las concesiones acuícolas de las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé (Figura 4). En el sector central del archipiélago también se ubica Castro, la ciudad más poblada y dinámica

del ámbito de estudio que, desde 1982, ostenta el título de capital provincial de Chiloé. Si bien se trata de un asentamiento provisto de empinadas pendientes, muchos de los elementos de interés –sobre todo turísticos– se encuentran en las ZCBE, como ocurre con los pintorescos palafitos que tanto distinguen a Castro del resto del país.

FIGURA 4. *ZCBE en el núcleo económico del archipiélago*



Fuente: elaboración propia

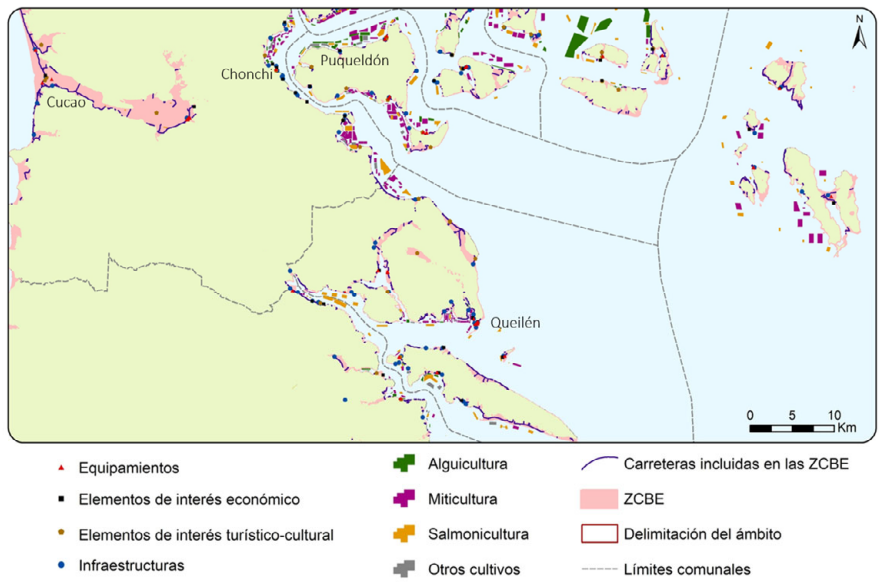
El lugar más vulnerable a los efectos del cambio climático en este espacio es el núcleo poblacional de Achao (ubicado en la comuna de Quinchao), debido a su baja altitud. Por esta razón, las ZCBE de esta localidad contienen numerosos elementos de interés, tales como el ayuntamiento, el hospital, un banco, el cuartel de carabineros, las compañías de bomberos, varios establecimientos educativos y una gasolinera.

5.3. Centro Sur de Chiloé

El asentamiento más vulnerable de este sector es Queilén, la ciudad de menor altitud del archipiélago, donde la mayoría de sus infraestructuras, equipamientos y otros elementos de interés se ubican en las ZCBE,

tales como el propio ayuntamiento, el hospital, el cuartel de carabineros, el cuerpo y la compañía de bomberos y la pista completa del aeródromo. En cambio, la costa oeste cuenta con unas ZCBE muy estrechas, como resultado de la prominencia de la Cordillera de la Costa. La orografía y la hostilidad del clima han impedido el poblamiento de esta zona. Solamente existe un núcleo urbano en la vertiente occidental de Chiloé, precisamente en la parte más llana que divide la Cordillera de la Costa en dos mitades (Ther, 2008) (Figura 5).

FIGURA 5. *ZCBE en el Centro Sur de Chiloé*



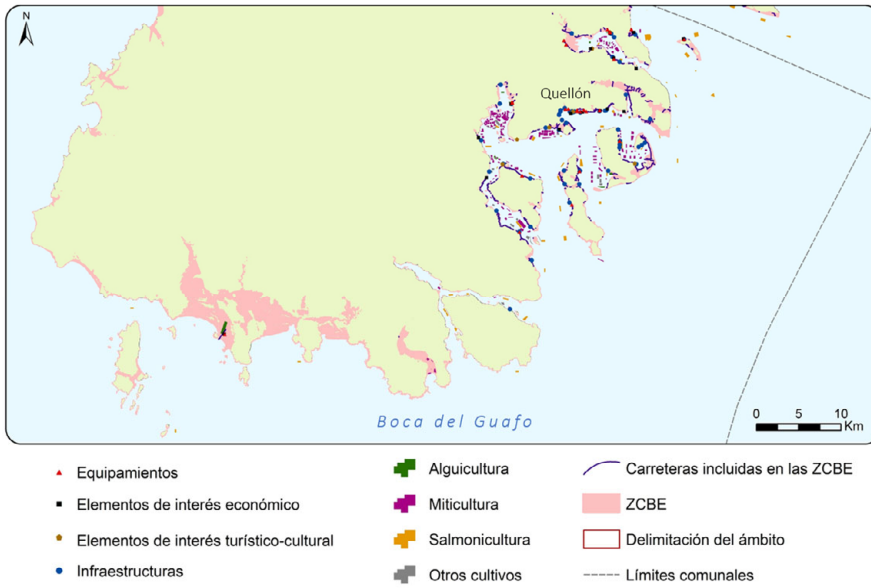
Fuente: elaboración propia

5.4. Quellón

En la sección más meridional del ámbito de estudio solamente está representada la comuna de Quellón. El parque privado de Tantauco y otras muchas figuras de protección ambiental ocupan la mayor parte de este municipio, lo que explica la escasez de elementos reconocidos en las ZCBE (Figura 6). Como cabía esperar, el emplazamiento más vulnerable al cambio climático en este sector lo constituye el núcleo urbano de Quellón. Entre los elementos de interés más relevantes

destacan una de las compañías de bomberos, tres establecimientos sanitarios, cuatro centros educativos, una industria y los terminales de buses.

FIGURA 6. *ZCBE en Quellón*



Fuente: elaboración propia

Los canales ubicados al norte y al este de la Boca del Guafo conforma un espacio de interés para el aprovechamiento acuícola que pretende restringirse debido al elevado flujo de especies emblemáticas protegidas, tales como las ballenas azules, jorobadas y sei o el *Cephalorhynchus eutropia*, un delfín endémico de Chile (Hucke et al., 2006).

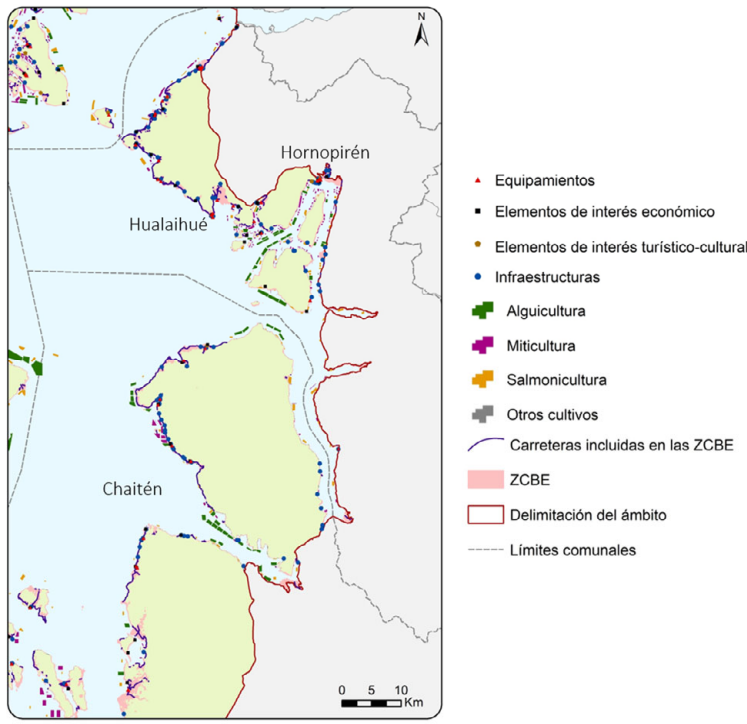
5.5. Chiloé continental

La población local emplea el término "Chiloé continental" para referirse a este sector del ámbito de trabajo. Se trata de una zona de gran altitud promedio que se encuentra fragmentada por varios fiordos en los que se cultiva el salmón, pese a la escasa circulación de las aguas marinas. Este fue precisamente el desencadenante del episodio de marea

roja que tuvo lugar en abril de 2021 que derivó en la muerte de centenares de salmones.

Los asentamientos con mayor superficie de ZCBE son Chaitén, donde se ven afectados el hospital, el cuartel de carabineros, la compañía de bomberos, varios centros educativos, una industria y una gasolinera, y Hornopirén, donde los principales elementos de interés identificados son el aeródromo, el terminal de buses, tres establecimientos educativos, la compañía y cuerpo de bomberos, el cuartel de carabineros y un banco (Figura 7).

FIGURA 7. *ZCBE en el Chiloé continental*



Fuente: elaboración propia

6. CONCLUSIONES

Si bien los impactos del cambio climático por sí solos no suponen una degradación considerable de las costas, su fusión con las presiones

propias que experimenta el litoral recrudece la problemática territorial. En Chile, se ha profundizado en la elaboración de políticas, instrumentos y normativas explícitos de cambio climático, pero todavía queda mucho recorrido en el diseño de medidas adecuadas a las características de las regiones y comunas del país. En favor de avanzar en esta materia, las ZCBE propuestas podrían constituir un espacio objetivo para la aplicación de estrategias de adaptación al cambio climático en las áreas litorales de la isla y el mar de Chiloé. Además, podrían servir como una forma de prevenir las consecuencias más adversas de futuros maremotos.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo de la financiación recibida a partir del contrato para la Formación de Profesorado Universitario (FPU) que facilita el Ministerio de Universidades de España. Además, la estancia desarrollada entre junio y diciembre de 2023 ha sido posible gracias a la "Ayuda complementaria de movilidad destinada a beneficiarios del programa FPU".

Por último, quiero agradecer especialmente a mi director de tesis, Juan Manuel Barragán, y a mi tutor, Juan Adolfo Chica, por haber facilitado la resolución de esta investigación.

8. REFERENCIAS

Abdón Cifuentes, L. y Meza, F. J. (2008). *Cambio climático: consecuencias y desafíos para Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Álvarez Abel, R. y Ther Ríos, F. (2016). Fragmentos de una cosmovisión mestiza asociada al acceso y uso del entorno costero en el archipiélago de Chiloé. *Diálogo Andino, 49*, pp. 123–129. http://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812016000100014

Araya Osses, D., Casanueva, A., Román Figueroa, C., Uribe, J. M. y Paneque, M. (2020). Climate change projections of temperature and precipitation in Chile based on statistical downscaling. *Climate Cynamics, 54*, pp. 4309–4330. https://doi.org/10.1007/s00382-020-05231-4

Bergamini, K., Guzmán, P., Moris, R., Rojas, C., Vecchio, G. y Alarcón, A. (2022). *Agenda pública para la zona costera e islas*. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, Documentos de Trabajo del IEUT, Nº20. https://bit.ly/3YmsRzF

Billi, M., Mascareño, A., Henríquez, P. A., Rodríguez, I., Padilla, F. y Ruz, G. A. (2022). Learning from crises? The long and winding road of the salmon industry in Chiloé Island, Chile. *Marine Policy, 140*, 105069. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105069

Bravo Sánchez, J. M. (2004). *La cultura chilota y su expresión territorial en el contexto de la globalización de la economía* (Trabajo de Fin de Carrera). Universidad de Chile. https://bit.ly/3Bv4sxW

Cortés González, V. (2020). *Cambio climático en Chile. Investigación, efectos, consecuencias y marco jurídico ambiental*. Universidad Católica Silva Henríquez. https://bit.ly/3muqWMD

DMC [Dirección Meteorológica de Chile] (2021). *Índices de cambio climático. Tendencias observadas de eventos extremos climáticos*. DMC. https://climatologia.meteochile.gob.cl/

DMC [Dirección Meteorológica de Chile] (2023). *Servicios climáticos*. DMC. https://climatologia.meteochile.gob.cl/

Garrido, J. Rodríguez, I. y Vallejos, A. (2013). Las respuestas sociales a la instalación de parques eólicos: el caso del conflicto Mar Brava en la Isla Grande de Chiloé (Chile). *Papers, 100(4)*, pp. 547–575. http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers.2183

GC [Gobierno de Chile] (2022). *5to Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

GORELL [Gobierno Regional de la Región de Los Lagos] (2022). *Propuesta del Plan de Acción Regional de Cambio Climático de la Región de Los Lagos*. Comisión Regional de Cambio Climático Los Lagos. https://bit.ly/3y8U26y

Gutiérrez Cisterna R., Villarroel Jiménez, C., Aravena Urzua, C., Vilches Delgado, C. y Vásquez Yáñez, R. (2022). *Reporte anual de la evolución del clima en Chile*. Oficina de Cambio Climático. https://bit.ly/3UpGyO1

Hofer, R. (2020). Chile: Rebelión contra el Estado subsidiario. *Trimest. Econ., 87*, 333.

Hucke Gaete, R., Viddi, F. y Bello, M. (2006). *Conservación Marina en el sur de Chile*. Imprenta América. https://bit.ly/3FW500U

Lagos, M. (2012). Zonificación del riesgo de tsunami en el centro-sur de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande, 53*, pp. 7–21. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022012000300001

Madeira, C. (2022). A review of the future impact of climate change in Chile: economic output and other outcomes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 27(56)*. https://doi.org/10.1007/s11027-022-10034-5

Martínez, C., Rojas, O., Jaque, E., Quezada, J., Vázquez, D. y Belmonte, A. (2011). Efectos territoriales del tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa de la región del Bio-Bío, Chile. *Revista Geográfica de América Central, núm. esp. EGAL*, pp. 1–16. https://bit.ly/43m7RwK

McGranahan, G., Balk, D. y Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment & Urbanization, 19(1)*, pp. 17–37. https://doi.org/10.1177/0956247807076960

MMA [Ministerio del Medio Ambiente] (2020). *Informe del estado del medio ambiente 2020*. MMA. https://bit.ly/3ZkIUQ1

MPPA [Ministerio del Poder Popular para el Ambiente] (2014). *Dominio Público de las Zonas Costeras de Venezuela. Criterios para su delimitación*. MPPA.

OMM [Organización Meteorológica Mundial] (2018). *Índice Normalizado de Precipitación. Guía de usuario*. OMM. https://bit.ly/39beu9y

Pachauri et al. (2014). *AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014*. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/

Paredes Paredes, L. D. (2019). *Desarrollo de un modelo conceptual para el manejo de servicios ecosistémicos costeros: Isla Grande de Chiloé* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Chile. https://bit.ly/36L1A1P

Pica, A. et al. (2019). *Determinación del riesgo de los impactos del cambio climático en las costas de Chile*. Ministerio del Medio Ambiente. https://bit.ly/3nhdPOV

Pörtner, H. O. et al. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

Sapiains, R., Azócar, G., Moraga, P., Valenzuela, C., Aldunce, P., Cornejo, C., Rojas, M., Pulgar, A., Medina, L. y Bozkurt, D. (2022). Are citizens ready for active climate engagement or stuck in Game of Blame? Local perceptions of climate action and citizen participation in Chilean Patagonia. *Sustainability, 14*, 12034. https://doi.org/10.3390/su141912034

Strahler, A. N. y Strahler, A. H. (2013). *Geografía Física*. Omega.

Ther Ríos, F. (2008). Prácticas cotidianas e imaginarios en sociedades litorales: el sector de Cucao, Isla Grande de Chiloé. *Chungará, 40(1)*, pp. 67–80. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562008000100007

Vásquez, D. (2019). *Antecedentes sobre los efectos del cambio climático en el borde costero de Chile*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. https://bit.ly/3yfrBUx

Vázquez Pinillos, F. J. (2023). El estrés hídrico en el archipiélago de Chiloé (Chile): ¿Un problema de cambio climático? En M. Bermúdez Vázquez (coord.), *Caminos de Reflexión y pensamiento: análisis desde la filosofía hasta los ODS* (pp. 436–459). Dykinson. http://bitly.ws/QfyG

Vázquez Pinillos, F. J., Barragán Muñoz, J. M. y Ther Ríos, F. (2023). Delimiting coastal zones for integrated management: The case of the island and the sea of Chiloé (Chile). *Marine Policy, 150*, 105535. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105535

Vázquez Pinillos, F. J., Chica Ruiz, J. A. y Barragán Muñoz, J. M. (s. f.). Climate change in Chiloé (Chile): trends, coastal zones and socio-ecological conflicts (*In press*).

Vergara Vera, S. (2013). *Centro de difusión y capacitación de la pesca artesanal. Chonchi, Chiloé* (Trabajo de Fin de Carrera). Universidad de Chile.

Verichev, K., Zamorano, M. y Carpio, M. (2020). Effects of climate change on variations in climatic zones and heating energy consumption of residential buildings in the southern Chile. *Energy & Buildings, 215*, 109874. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109874

Winckler Grez, P. (2022). Adaptación al cambio climático en la costa de Chile. En C. Martínez, R. Cienfuegos, J. M. Barragán, S. Navarrete, R. Hidalgo, F. Arenas y L. Fuentes, *Hacia una Ley de Costas en Chile: bases para una Gestión Integrada de Áreas Costeras* (pp. 251–270). GeoLibro. https://bit.ly/3YmtGbC

TENDENCIAS EN INVESTIGACIÓN SOBRE MEDIOS DE COMUNICACIÓN Y SU INCIDENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE

ESTEBAN MARCELO GUARDIA CRESPO
Universidad Católica Boliviana San Pablo, Cochabamba – Bolivia

AFNAN AGRAMONT AKIYAMA
Universidad Católica Boliviana San Pablo, La Paz – Bolivia

1. INTRODUCCIÓN

Las modificaciones del clima, el deterioro de la capa de ozono, el incremento de la acidez en los océanos, la contaminación química de suelos para la agricultura, la pérdida de biodiversidad y el incremento en las emisiones de fósforo y nitrógeno son factores directamente vinculados con la degradación ambiental del planeta. Estamos rebasando los límites que tiene el mundo para soportar esta carga, lo que nos está llevando a un camino sin retorno (Rockström, 2010). El sistema productivo industrial globalizado y el principal interés por el crecimiento económico están definiendo la cultura de muchos países, naciones, regiones, ciudades e individuos.

El contenido de los medios de comunicación se correlaciona con el comportamiento pro-ambiental de las personas (Cho y Krasser, 2011). Los medios de comunicación (MC), las empresas o instituciones producen y emiten contenidos de manera masiva, de acuerdo con sus estrategias y proyectos culturales, educativos, informativos o políticos. La programación de contenidos atiende a formatos específicos entre los cuales se encuentran los informativos o periodísticos, deportivos, ficcionales, espectáculos, publicitarios y otros, dependiendo del tipo de medio. Los MC pueden acceder a contenido especializado basado en investigación científica que contribuye al desarrollo de la conciencia y la comprensión de la crisis ambiental global que encara el planeta.

Suelen ofrecer contenidos que posicionan discursivamente a favor del cuidado ambiental. Sin embargo, también favorecen el deterioro del planeta a través de una oferta publicitaria que contribuye a los patrones de consumo y a la crisis ambiental que encaramos (Princen, 1999).

El sistema mediático global está inserto en un entramado de agentes que interactúan en función de sus propios intereses y en relaciones de tensión con los otros componentes del sistema. Son importantes en esta red, la dimensión ambiental, junto con las dimensiones económica, política, cultural, académica, mediática, tecnológica y otras (Guardia, 2021). Para comprender el rol de los MC en la sociedad contemporánea, es necesario tener una visión holística del ecosistema sociocultural configurado en este contexto globalizado.

La literatura refleja que, en muchos casos, la cobertura de los MC sobre la problemática ecológica global puede conducir al comportamiento pro-ambiental en las personas, incluso conduciendo a creencias ambientales y auto eficacia (Huang, 2016). Al mismo tiempo, el comportamiento proambiental en jóvenes está ligado con su contexto, lo que incluye su exposición al contenido de los medios (Lee, 2011). Otras investigaciones reflejan que los MC no tienen efecto en el comportamiento pro-ambiental en las personas, considerando que la mayor influencia proviene del contenido al que la sociedad está expuesta en redes sociales.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo busca:

- Analizar la tendencia en investigación en torno al contenido mediático en temas medioambientales, a fin de contribuir a la reflexión sobre el importante rol de los medios de comunicación y su incidencia en el comportamiento de los ciudadanos, a favor o en contra del cuidado del medio ambiente.

3. MARCO TEÓRICO

El abordaje teórico del trabajo incluye las dimensiones de la cultura mediática, para entender la lógica de desempeño de los medios de comunicación en la sociedad, la incidencia del sistema económico y político en el deterioro ambiental y las iniciativas mundiales que se ocupan de alertar, mitigar e incidir en los efectos negativos sobre el MA.

3.1. Ecosistema sociocultural comunicacional

Existen diversos tipos de medios de comunicación: los estatales, los privados, los confesionales, los de proyectos de desarrollo, los comunitarios, etc. Sin embargo, las grandes redes privadas son las que tienen mayor alcance debido a sus mejores capacidades tecnológicas y de recursos, potenciados por la venta de espacios publicitarios.

Los MC tienen diversidad de contenidos conocidos como géneros o formatos. Así, entre los tipos de contenidos más básicos tenemos: informativos periodísticos, deportivos, farándula, ficción (cine), melodrama (radio y telenovelas), publicidad, espectáculos y competencias. La oferta está patrocinada por anunciadores que buscan generar consumo de bienes y servicios puestos en el mercado.

Cuando se trata de noticias sobre problemas ambientales, el tratamiento al que recurren suele ser superficial o catastrofista, lo que no proporciona información útil y articulable al público, que acaba desmovilizado y hasta asustado por la forma en que se transmite este tipo de información.

> […] es frecuente una clara tendencia a la superficialidad cuando se trata de informar sobre el medio ambiente. Es habitual que en estos casos se preste una atención desmesurada a elementos subalternos de la información, con grave descuido de los elementos principales. Básicamente, esta intrascendencia se manifiesta en ignorar las conexiones y efectos que determinados problemas ambientales tienen sobre el medio humano, quedando reducidos a conflictos más o menos coyunturales y, a veces, hasta anecdóticos. (Montero Sandoval, 2013)

A eso se suma que algunos contenidos que abordan el tema son tan especializados que su decodificación es difícil para gran cantidad de público:

> El tratamiento de la información ambiental, en los medios generalistas, suele recordarnos a un péndulo que oscila entre el extremo de la banalidad (intrascendente) y el de la complejidad (indescifrable). (Montero Sandoval, 2013)

> La telaraña de intereses que se teje por detrás de los medios de comunicación provoca que el cambio climático -al igual que otros problemas esenciales en el devenir del ser humano- sea silenciado en la agenda mediática o al menos que no sea abordado con la asiduidad de otros temas que incluso poseen mucho menor calado para los intereses vitales de los seres humanos. (Chávez, 2013)

3.2. Poder, crecimiento y deterioro ambiental

El deterioro ambiental se ha acentuado en las últimas décadas paralelamente a la aceleración del crecimiento económico y productivo de los países; lo que tiene relación directa con la capacidad de consumo de bienes y servicios en una economía de mercado que está priorizando el crecimiento económico en el marco de la globalización (Ehrenfeld, 2005). Cualquier otra dimensión vinculada con el funcionamiento de los sistemas naturales y sus funciones ecosistémicas tiende a ser menos importante:

> Durante miles de años, el *Homo sapiens* se ha comportado como un asesino ecológico en serie; ahora está transformándose en un asesino ecológico en masa. Si continuamos con esta trayectoria, no solo se llegará a aniquilar un gran porcentaje de todos los seres vivos, sino que también podrían debilitarse los cimientos de la civilización humana. (Harari, 2018)

En el modelo de sociedad contemporáneo, el ser humano tiende a carecer de una comprensión en torno a las funciones ambientales que los sistemas naturales proveen a la sociedad. Esto resulta en una severa falta de comprensión de la interrelación de los sistemas sociales y naturales, lo que repercute en una cultura de desprecio y egoísmo. La codicia y el antropocentrismo han orientado la cultura humana egoísta en desmedro de la calidad de vida que supone ser amigable con el planeta y todas sus formas de vida:

> Los humanos están desestabilizando la biosfera global en múltiples frentes. Cada vez tomamos más recursos del entorno, al tiempo que vertemos en él cantidades ingentes de desechos y venenos, lo que provoca cambios en la composición del suelo, del agua y de la atmósfera. (Harari, 2018)

Existen dos tipos de factores que inciden en este contexto problemático: los que actúan deteriorando el medio ambiente y los que alertan e intentan mitigar esa afectación.

La economía mundial radica en el control de los recursos naturales que sirven para los sistemas productivos y generación de energía. Luego de la caída del bloque soviético, los países se han alineado con alguno de los lados de la polarización mundial, ya no en función de la ideología, sino en torno al control de materias primas orientadas a la productividad o suministro hacia los centros industriales de las grandes economías mundiales. Estados Unidos de Norteamérica y la Unión Europea constituyen uno de los bloques. Rusia y China son afines en el otro bloque.

La racionalidad argumentativa con la que fue concebido el estado de derecho ha sido sobrepasada por un manejo superficial y arbitrario de la información. Los medios de comunicación han sido cooptados por el sistema político, contaminando sus contenidos hacia el proselitismo parcializado y la exaltación de la emocionalidad espectacular (Guardia, 2021).

En países del área amazónica, se está deteriorando el medio ambiente a través de transacciones y acuerdos con sectores empresariales descomprometidos con el cuidado ambiental, que invaden reservas naturales, amplían los terrenos aptos para la crianza de ganado a través de la quema deliberada y descontrolada de bosques. Se incentiva un crecimiento nada amigable con el medio ambiente que prioriza el crecimiento urbano, la contaminación del agua, aire y suelos, por presión de un concepto globalizado de progreso (Brand, Dietz y Lang, 2016).

El crecimiento económico es el paradigma de progreso. La mayoría de los países tiene sus metas de crecimiento anual, sintonizadas con un ritmo vertiginoso de carácter mundial. Los países quieren crecer económicamente, así como los municipios, las ciudades, los barrios, las familias, las personas. El crecimiento económico se ha convertido en un ideal macro y micro social. El problema es que se trata de un crecimiento depredador y extractivista (Harari, 2018). La falta de planificación, especialmente en países más pobres, genera expansiones desordenadas y caóticas que afectan el funcionamiento de los ecosistemas vinculados con el crecimiento de las zonas urbanas.

El mundo produce y consume irracionalmente, de manera obsesiva. Tanto la gran industria mundial de bienes y servicios, como las personas, que consumen muchas veces sin necesidad, son responsables por el deterioro ambiental: "El origen del cambio climático es un campo amplio para abordar. En el ámbito económico y político se cuestiona el modelo de consumo y de producción en el marco del liberalismo" (Fernández-Reyes y Mancinas-Chávez, 2013).

Los países definen sus políticas en torno al medio ambiente, en función de su acceso a recursos naturales. Es por esa razón que no existe unanimidad respecto a los tratados internacionales y algunos países se desmarcan de estrategias favorables al cuidado ambiental: "Rusia, Irán y Arabia Saudí dependen de la exportación de petróleo y gas; sus economías se desplomarían si el petróleo y el gas dejan paso de repente a la energía solar y la eólica" (Harari, 2018).

3.2. Iniciativas favorables al cuidado ambiental

La cultura de los Derechos Humanos se ha expandido no solamente como un factor favorable a los ideales de igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos, sino que se ha expandido, generando otros tipos de derechos que exceden el antropocentrismo de sus primeras versiones europeas. Así, se han generado conceptos como el de justicia ambiental, derecho al medio ambiente, leyes de protección animal, y protección de la madre tierra, del agua y otros. Aunque esa expansión es prometedora, no se puede negar que su existencia como ideal civilizatorio no es fácil de materializar.

A esta dimensión ideal y abstracta de valores de convivencia racional y tolerante, se suma la labor de la academia que contribuye produciendo conocimiento científico, en el marco de los avances e innovaciones que atienden todos los campos de demanda social. Para esta problemática, existe ciencia que contribuye al deterioro ambiental, así como conocimiento que alerta sobre esos riesgos. El ámbito científico proporciona información sobre los problemas generados por el Cambio Climático en el planeta.

También se preocupan por este problema diversas organizaciones internacionales que han generado tratados, convenciones, normativa internacional, protocolos a los cuales se suscriben los países, de acuerdo con sus intereses, condiciones geopolíticas y acceso a recursos naturales. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente es uno de los más importantes por su visión integral de la problemática:

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. En 2015, todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 Objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la cual se establece un plan para alcanzar los objetivos en 15 años. (United Nations, 2015)

El objetivo 13 está orientado a los temas ambientales y una de sus metas se relaciona con el rol de los MC: "Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana". Esto supone trabajar con estrategias de educación y de comunicación que generen cambio de conocimiento y comportamiento en los ciudadanos respecto a la incidencia del consumo de bienes, en el deterioro ambiental.

> A pesar de estos esfuerzos, la información que se proporciona en las escuelas suele ser escasa, se centra regularmente en la transmisión de conocimientos sin realmente hacer un análisis profundo de lo que sucede con este fenómeno. Las acciones suelen ser superficiales y poco efectivas, los estudiantes rara vez se centran en un proceso de reflexión sobre cómo las acciones humanas han afectado en gran medida el ambiente. (Bastida Izaguirre y Ochoa-Villanueva, 2021)

En la educación formal, las escuelas pueden incorporar contenidos en sus ofertas curriculares y en la comunicación masiva, las instituciones públicas y privadas desarrollar campañas para el mismo propósito, en coordinación con instituciones especializadas en la temática, de modo que se genere sensibilización y agencia.

3. METODOLOGÍA

Esta investigación se fundamenta en procesos metodológicos vinculados con el estudio de las tendencias en investigación desarrollada por Beltrán y Feliciano (2017), Cifuentes-Muñoz (2019) y Marín Viadel (2011). Considerando que el propósito de esta investigación es analizar la tendencia en investigación (Beltrán y Feliciano, 2017; Cifuentes-Muñoz, 2019; Marín Viadel, 2011) en relación con el contenido de los MC en temas de MA, se recurrió a un rastreo y revisión de literatura científica en Scielo, Redalyc, Dialnet, ELSEVIER, a través de Google Académico, entre los años 2020 y 2023; habiéndose hallado 10 trabajos que abordan esta temática. Las palabras clave utilizadas en los buscadores fueron: medios de comunicación, medio ambiente, *mass media, environmental education, media y pro environmental behaviour.*

Se hizo una revisión documental categorizando el objetivo, el objeto de investigación y la coherencia en el análisis del trabajo investigativo. Para el efecto, se desarrolló un análisis en el cual se presentan las distintas categorías de trabajos de investigación que abordan los temas mencionados. Al mismo tiempo, este análisis proporciona los datos de los trabajos de investigación que permiten identificar el objetivo enunciado en cada artículo, lo que efectivamente se analiza (el objeto) y la coherencia entre ambos elementos.

4. RESULTADOS

La literatura que aborda la relación entre medios de comunicación (MC) y medio ambiente (MA) es amplia y diversa. Se han encontrado nociones que abordan esa relación, tales como responsabilidad social empresarial, corporativa, comunicación de la ciencia, información ambiental.

Todos los trabajos parten de la preocupación por los grandes problemas ambientales globales y el rol que tienen los MC en la configuración de las percepciones, opiniones, conocimiento y comportamiento relacionados con el entorno ambiental.

Los trabajos suelen anunciar, entre sus propósitos, el estudio de los MC, entendidos como las organizaciones de producción y emisión de

contenidos de manera masiva, es decir dirigidos a públicos heterogéneos y dispersos. Tal es el caso de los tres tipos de MC relevantes en el siglo XX: el periódico impreso, la radio y la televisión.

Serra Crespo (2021) se propone "Determinar la relación del rol de los medios de comunicación en la responsabilidad social de la conservación del ambiente." (p.59). Para lo cual realiza un estudio que se concentra en las percepciones y opiniones de periodistas. "[...] la población objeto estuvo constituida por 360 periodistas de los medios escritos, radio y televisión, la muestra fue de 186 personas con un muestreo probabilístico" (Serra Crespo, 2021, p.11). En sus conclusiones destaca un hallazgo favorable al cuidado del MA: "Finalmente se concluyó, que el rol de los medios de comunicación incide positivamente en la responsabilidad social de la conservación del ambiente" (Serra Crespo, 2022).

Llorens Aurea (2020) afirma, advirtiendo sobre la necesidad de orientar la producción de contenidos hacia el cuidado ambiental, que:

> [...] los medios juegan un importante papel para que esto ocurra, pero para ello es necesario disponer de información rigurosa y práctica sobre el tema. Aquí es donde actúan los medios, como aglutinadores de datos para convertirlo en noticias constructivas y útiles para los lectores. (Llorens Capdevila, 2020)

Supone que los MC son entidades que disponen de información y datos sobre los problemas ambientales transformables en noticias, lo que confirma que su objeto de análisis es el periodismo, porque éste es el único formato que produce información en calidad de noticia.

En una perspectiva menos optimista respecto al deterioro ambiental, Bell (1994) concluye que algunos medios de comunicación (noticieros) tienden a desinformar a la población imprecisa sobre los avances del cambio climático y en algunos casos confundiendo el fenómeno de cambio climático con la degradación de la capa de ozono, procesos ampliamente distintos. Se trata de un análisis que anuncia a los MC, pero se concentra en los noticieros, que son los formatos del género periodístico (Bell, 1994).

Refiriéndose a programas con contenidos educativos o de concientización, Castro. (2020) destaca el problema de la priorización de lo

sensacional como ingrediente de la información que tiende a garantizar más rating:

> Los medios de comunicación buscan estar de moda en la opinión pública utilizando el problema de la contaminación, mientras que la concientización y educación sobre la prevención y el cuidado del medio ambiente sigue en el fondo, provocando que haya muy poca atención de la gente en cuanto a campañas y programas educativos dedicados a las prácticas verdes. (Castro, 2020)

La opinión pública se forma con datos de distintas fuentes de referencialidad, entre las cuales el periodismo es indiscutiblemente el tipo de contenido con alta incidencia.

Tovar, (2021) en su trabajo "El discurso y su influencia en los medios. Análisis de resultados del discurso ambientalista", anuncia un estudio sobre los MC en su rol de difusión de discursos ambientalistas concluye positivamente que:

> […] de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede inferir que ciertos discursos sí tienen un impacto relevante en la creación de notas informativas, lo que sí se puede concluir es que los discursos no son hechos aislados, tal vez los eventos seleccionados no tuvieron una gran repercusión en los medios, no obstante, sí lograron posicionar la problemática medio ambiental en el interés público, preparando a la audiencia, y a los medios, para los discursos posteriores, que la información o acciones futuras enfocadas en la resolución del cambio climático sí logren el alcance que se requiere para generar un cambio. (Tovar, 2021)

La presencia del periodismo como objeto de estudio se confirma cuando el autor se refiere a "notas informativas", como las unidades de análisis que logran posicionar el discurso ambientalista en la audiencia:

> Demostrando de esta forma que los discursos se convierten en hechos noticiosos porque los medios producen el contenido que la gente consume, por ello es importante entender que el aumento de notas informativas no fue iniciativa exclusiva de los medios, al contrario, el interés de la población aumentó en paralelo y con ello se han incorporado adeptos y activistas en el tema. (Tovar, 2021).

En un estudio sobre agencias informativas, que son entidades especializadas en producir noticias distribuidas a los MC, con alcance internacional, Shafei y otros autores concluyen que

> [...] la mayoría de las noticias de estas dos agencias de noticias (92%) estaban orientadas a eventos y solo el 8% estaban orientadas a procesos. De los 1.034 informes de noticias de IRNA e ISNA, solo 108 tenían un 10,4 por ciento de educación ambiental y exposición al polvo. (Shafiei, Khaniki y Aghili, 2020)

Se trata de un estudio que anuncia las agencias informativas como tema y objeto de estudio. Por tanto, existe sintonía entre objetivo enunciado y unidades de análisis.

Del mismo modo, Khotimah (2021), en un análisis sobre noticieros y reporteros que trabajan con noticias relacionadas con el MA, concluyen de manera coherente la relación entre su objetivo de investigación (recopilación) y su objeto de estudio, las noticias:

> Las noticias ambientales tienen un papel importante en la educación de las personas sobre el medio ambiente que les rodea. Las buenas noticias ambientales, por supuesto, resultan del proceso de recopilación de datos y del buen análisis de los periodistas. (Khotimah, 2021)

En un trabajo sobre el cuidado de tortugas marinas y el rol de los MC, Santos y Wong-Parodi revelan que:

> […] estos hallazgos mejoran la comprensión de cómo el público aprende sobre las tortugas marinas a través de los medios de comunicación, sugiere que unir los mensajes sobre las tortugas marinas con sus riesgos puede proporcionar mensajes de conservación más efectivos y destaca cómo los educadores y las partes interesadas en la conservación pueden usar las noticias como una herramienta de comunicación. (Santos y Wong-Parodi, 2022)

Su propuesta es optimizar los mensajes de conservación de los MC, a través de noticias que, como vimos arriba, son el producto del género periodístico.

En un trabajo genérico, pero crítico, sobre la relación MC y MA, titulado “La información ambiental en los medios de comunicación”, Fernández (2006), afirma que:

> [...] los medios de comunicación se rigen por unos procedimientos rutinarios y su forma de seleccionar la información está muy estandarizada. Con frecuencia nos hacen llegar informaciones sobre catástrofes ambientales, incendios forestales o accidentes químicos, y uno se pregunta por qué se escogen esos hechos restringidos dentro de la gran gama de temas ecológicos cuando sólo constituyen una pequeña

> porción de lo que los ambientalistas denominarían problemas o temas ambientales. (Fernández-Reyes y Mancinas-Chávez, 2013).

Las rutinas de la práctica periodística son tomadas como las de los MC, en general.

Además de cuestionar esos procedimientos que conducen a un tratamiento sensorial de la información, la autora recomienda, de manera clara:

> Debería evitarse en la medida de lo posible que el público relacione la temática ambiental con hechos negativos procurando un enfoque constructivo y destacando tanto lo positivo de las informaciones ambientales como el carácter reivindicativo y crítico. (Fernández-Reyes y Mancinas-Chávez, 2013)

Martínez Garza, en su trabajo sobre la información relacionada con el MA en México, plantea una investigación sobre MC, pero delimita su objeto de análisis a noticias y reportajes en periódicos:

> [...] el presente trabajo se planteó como objetivo principal identificar las características que distinguen la información relacionada con el medio ambiente, tal y como se difundió en México, en cinco medios de comunicación durante 2015, 2016 y 2017. El estudio, realizado con la técnica del análisis de contenido cuantitativo, incluyó las noticias y reportajes relacionados con el medio ambiente presentados en los periódicos Excélsior y El Norte, y en los telediarios nocturnos de TV Azteca, Televisa y Canal 11. (Martínez Garza, 2019)

Montero (2007) realiza un trabajo de análisis de MC, limitándose a la televisión:

> Al margen de la credibilidad que hayamos otorgado a cada medio (todos tenemos nuestro periódico, nuestra radio o nuestra televisión), la veracidad de las informaciones que nos oferta debe apoyarse, necesariamente, en el buen oficio de los periodistas y éste, desgraciadamente, está sometido a perversas rutinas. (Montero Sandoval, 2007)

En la investigación estudia los documentales de televisión, producidos por periodistas, lo que pone en evidencia la priorización del periodismo.

Como se puede apreciar, la literatura revisada presenta una tendencia fuertemente marcada por la reducción de la noción de MC a la de periodismo, lo que, a nuestro entender, resulta ser un problema en la investigación sobre la relación entre MC y MA.

Todos los esfuerzos por generar una cultura amigable con el MA toman en cuenta a los MC, así como a los recursos digitales, aplicaciones y redes sociales en general. Las estrategias que promueven la sensibilización y cambio de comportamiento en favor del MA deben aprovechar todos los recursos disponibles. Los estudios científicos requieren de precisión a fin de fortalecer esa cultura deseada.

La mayoría de los trabajos analizados en la literatura, reduce el estudio de los MC a la práctica periodística, dejando de lado los demás formatos mediáticos que tienen tanta o mayor incidencia en el comportamiento de las personas, a lo largo del planeta. Ninguno toma en cuenta la publicidad.

***TABLA 1**. Síntesis de la relación objetivo/objeto en la literatura revisada*

Autor	Título	Objetivo	Objeto	Coherencia
Serra Crespo (2021)	El rol de los medios de comunicación y la responsabilidad social en la conservación ambiental.	MC	Percepciones y opiniones de periodistas	Reduce la noción de MC a la de periodistas
Llorens (2020)	El rol de los medios de comunicación y la responsabilidad social en la conservación ambiental	MC	Noticias periodísticas	Reduce la noción de MC a la de noticias
Bell (1994)	Media (mis)communication on the science of climate change	MC	Noticias	Reduce la noción de MC a la de noticias
Castro (2020)	Environmental education in the television media. Case study: Oromar TV	MC	Periodismo	Reduce la noción de MC a la de periodismo
Tovar (2021)	El discurso y su influencia en los medios. Análisis de resultados del discurso ambientalista	MC	Notas informativas	Reduce la noción de MC a la de notas informativas
Shafiei, Khaniki y Aghili (2020)	A Comparative Study of the Reflection of Important Environmental Events in Khuzestan Province at two news agencies "ISNA" and "IRNA"	Agencias de noticias	Agencias de noticias	Presenta coherencia entre objetivo y objeto
Khotimah (2021)	Seeing news gathering issues in environmental news.	Noticieros	Noticias	Presenta coherencia entre objetivo y objeto

Santos y Wong-Parodi (2022)	News coverage of ocean issues and its impacts on public perceptions and conservation information-seeking of sea turtles	Noticias	Noticias	Presenta coherencia entre objetivo y objeto
Fernández (2006)	La información ambiental en los medios de comunicación	MC	Rutinas de la práctica periodística	Reduce la noción de MC a la de rutinas del periodismo
Martínez Garza (2019)	Medios de comunicación y medio ambiente en México	MC	Noticias y reportajes en periódicos	Reduce la noción de MC a la de noticias periodísticas
Garza Almanza (2017)	Los medios sociales en la comunicación de la ciencia y el ambiente	Medios Sociales (RRSS)	Diversos tipos de mensaje	Presenta coherencia entre objetivo y objeto
Montero Sandoval (2007)	Análisis de experiencias mediáticas sobre medio ambiente información ambiental en televisión	Televisión	Documentales periodísticos	Reduce la noción de televisión a documental periodístico

Fuente. Elaboración propia

Probablemente el formato que más, y mejor, trabaja los temas ambientales es el periodismo. Con todas las debilidades y riesgos que suponen los tratamientos sensacionalistas y la inclinación hacia la obtención de mayor *rating*; el periodismo y sus variantes: noticia o documental, muestra los grandes problemas, en muchos casos tratados con propiedad y con apoyo en estudios científicos. También existen experiencias sobre el uso educativo de la publicidad en favor del cuidado ambiental (Megías-Delgado, De-Casas-Moreno y Paramio-Pérez, 2019) que son irrelevantes, frente a la cantidad de publicidad comercial.

Los contenidos informativos comprometidos con el cuidado del MA invitan a la acción, la reflexión y la participación de la sociedad en la protección de la casa común que todos habitamos. La cobertura de los medios de comunicación suele incluir el mensaje de activistas y organizaciones respecto de acciones de conservación y protección del planeta.

Sin embargo, en los estudios revisados no se toma en cuenta otros formatos que efectivamente son promotores del deterioro del MA, como por ejemplo la publicidad, que está presente en medio de todos los géneros y formatos: deportivos, noticiosos, espectáculos, ficción, telenovela, etc.

5. DISCUSIÓN

Los MC dependen económicamente de la publicidad pagada incluida en sus emisiones. La publicidad presenta contenido asociado con la mercadotecnia, haciendo referencia a mecanismos que facilitan la comercialización de un producto En este sentido, muchas de las grandes corporaciones del planeta utilizan los MC para incrementar las ventas de sus productos.

El problema radica en que los MC asumen institucionalmente su apoyo al cuidado ambiental, pero promueven el consumismo a través de la publicidad. Por un lado, los medios de comunicación estimulan, aunque precaria e insuficientemente, a reflexionar sobre la protección, conservación y cuidado del medio ambiente. Por otro lado, inducen a la sociedad al consumo, que hace parte de un paradigma homogéneo y unidimensional (Francis, 2015) de desarrollo y éxito.

Nos encontramos ante un paradigma casi uniforme a nivel global, marcado por un consumismo exitista, inconsciente y desinformado. Este sistema reproduce y construye una visión de éxito material de acuerdo con un modelo de movilidad social (ascensión) que prioriza el consumo material de bienes simbólicamente cargados de estatus. Los consumidores desconocen la influencia de los patrones de consumo sobre la crisis ambiental global: "El diagnóstico del medio ambiente puede ser resumido como económicamente inviable, socialmente injusto y ecológicamente imprudente" (Tejero y González, 2022).

La producción de un bien o un servicio representa un costo ambiental sobre nuestro planeta. La manufactura de cualquier producto proviene de tres principales sectores: El sector minero, agrícola e industrial:

> […] la publicidad con su urgencia por estimular el consumo, la política como cómplice de las grandes corporaciones globales, la producción poniendo en jaque el modelo actual de negocio del periodismo, los públicos que no exigen información veraz, se conforman con los programas de espectáculos que ofrecen diversión y emociones más que información; y finalmente la propiedad de los medios, que muchas de las veces coincide con las empresas más reacias a tomar decisiones para evitar el cambio climático**.** (Chávez, 2013)

No se percibe una estrategia formativa amplia y sostenida en los MC que aproveche del alcance de los medios masivos hacia públicos diversos, carentes de información y conocimiento, para poder tomar decisiones que contribuyan a mejorar la relación entre los humanos y la naturaleza.

La publicidad sobre la venta de equipos electrónicos abunda en los medios de comunicación, pero se dice poco sobre los impactos ambientales asociados con la minería, actividad que abastece insumos para la producción de los equipos electrónicos. La minería conduce a la contaminación de los suelos, las aguas subterráneas y las aguas superficiales debido a los químicos emitidos por los procesos de producción asociados a este sector (Hikmawan, Indriyany y Mayrudin, 2019). Uno de los principales químicos empleados en los procesos de minería del oro, es el mercurio. El mercurio tiene efectos tóxicos en organismos vivos y ecosistemas en muy bajas concentraciones. La minería artesanal, de pequeña escala, es responsable por emisiones de mercurio al medio ambiente de entre 640 a 1350 toneladas por año (Telmer y Veiga, 2008).

La minería ha generado importantes efectos en la deforestación de la Amazonía. En países como Brasil, se estima que 1,167,000 hectáreas fueron deforestadas entre 2005 y 2015 (Sonter et ál., 2017), en el Perú se estima que 5,850 hectáreas fueron deforestadas en el periodo 2006 al 2009 (Swenson, Carter, Domec y Delgado, 2011), y en Colombia se deforestaron 400,000 hectáreas en el periodo 2001 al 2018, por actividades mineras en la amazonía (González-González, Clerici y Quesada, 2021). Los atributos que tienen los recursos minerales hacen complejo su manejo y gestión. Para países en desarrollo, ricos en recursos minerales, la minería no ha demostrado desarrollo económico, humano o social. Por el contrario, esta actividad puede conducir a una severa degradación ambiental y la disrupción del tejido social. Al mismo tiempo, la minería puede librar dinámicas en los sistemas políticos que comprometen la gobernanza local y conduce a complejos conflictos sociales (Christmann, 2021).

La publicidad emitida por los medios de comunicación también invita al consumo de distintos productos cuyas materias primas provienen de la agroindustria. Es más, la literatura sugiere que las redes sociales tienen el potencial de contribuir al marketing, a generar redes en la

agroindustria, a la extensión del mercado, y a comprometer y gestionar las crisis con los consumidores (Lathiya, Rathod y Choudhary, 2015). Por otro lado, los medios de comunicación tienden a generar una retórica visual que no se alinea con el mensaje de los contenidos.

Las proyecciones reflejan que para el año 2050, un billón de hectáreas de ecosistemas naturales será desplazado por la agricultura (Tilman et ál., 2001). El fenómeno de la expansión de la frontera agrícola ha convertido a esta industria en el principal factor de destrucción de biodiversidad del planeta (Dudley y Alexander, 2017). Esta expansión también proyecta el incremento de entre 2.4 a 2.7 veces la eutrofización de ecosistemas terrestres, marinos y costeros en el planeta (Tilman et ál., 2001). La eutrofización hace referencia a la contaminación de ecosistemas debido al incremento en los nutrientes en los sistemas naturales (Glibert et ál., 2005). Además, del impacto debido al uso de fertilizantes, otro de los impactos asociados con la agricultura es el incremento de pesticidas.

La industria agrícola utiliza los pesticidas para poder controlar el crecimiento de hierbas e insectos en cultivos. Los pesticidas han sido diseñados como un elemento de control de las pestes. Dependiendo de la dosis y la exposición, el diseño de los pesticidas hace de los mismos elementos altamente nocivos para la fauna y flora expuestos a los mismos. El incremento de su uso en el planeta está generando severos impactos en los ecosistemas naturales en torno a la pérdida de biodiversidad y la contaminación de los sistemas acuáticos y terrestres (Mahmood, Imadi, Shazadi, Gul y Hakeem, 2016).

Al mismo tiempo, estos químicos sintéticos, al exponerse a seres humanos, pueden provocar enfermedades como desórdenes respiratorios, cáncer, problemas en la piel, disrupción endocrina y fallas en los sistemas reproductivos (Kumar y Kumar, 2019). Además de todos los efectos mencionados anteriormente, la industria agrícola es la principal consumidora de agua en el planeta. Se estima que para el 2050, la demanda de agua del sector agropecuario se incrementará al 90% del uso total del agua en el planeta (De Fraiture y Wichelns, 2010).

Tendemos a emplear la retórica de seguridad alimentaria y la necesidad de más agricultura para poder alimentar a la población del planeta. Hablar de la producción de alimentos, seguridad alimentaria, consumismo y alimentación consciente tiene un aparente buen propósito, sin embargo, relega el espectro de consecuencias depredadoras y contaminantes que conllevan estas preocupaciones y acciones.

Esto se asocia con la idea de que el crecimiento económico es la mejor definición de desarrollo. Exportar e incrementar el producto interno bruto de nuestros países se encuentra generalizado cómo un espejismo de progreso. En este paradigma, los bienes materiales solventan el imaginario de que el planeta es infinito y que los recursos naturales solamente existen para satisfacer las *necesidades* de la humanidad. Esta retórica, ahora globalizada, invita a la sociedad a olvidar que el ser humano es parte del ecosistema llamado planeta tierra.

La publicidad pagada que los MC transmiten no solo vende un producto material o de servicio, sino que refleja una imagen de "éxito", entendido como progreso. El problema es que este mensaje normaliza el "éxito", que la sociedad asocia a poseer marcas y objetos que reflejan esta retórica. Bajo esta idea, el vehículo, el celular, la ropa y los lugares donde comemos están asociados con el éxito de una persona. Cuanto más nos aproximamos a ese ideal y la imagen que vende ese discurso, tenemos un mejor estatus social y esto nos acerca más al objetivo común que nos venden los MC a través de la publicidad. En muchos casos, esta imagen tiene la forma de un ejecutivo de Wall Street rodeado de mujeres delgadas, manejando un lujoso vehículo y comiendo en restaurantes donde existen códigos de vestimenta que representan estatus.

En ese sentido, la sociedad es conducida al consumismo, a querer tener más y "mejores" cosas que nos acercan más hacia el éxito. Cualquier producto o servicio que adquirimos como ciudadanos incorpora una huella ambiental y los medios de comunicación son propulsores de esos procesos.

Existen tres modos individuales y sociales de contribuir al consumismo depredador: la primera es la del consumo por decisión propia, la segunda es la del consumo inevitable pero también contaminante, y la

tercera es la colectiva, a través de proyectos regionales y nacionales que afectan a la naturaleza y sobre los cuales las personas no tienen injerencia directa:

> Las causas de la crisis radican en la posición antropocéntrica sobre la naturaleza, la visión individualista en detrimento de la comunidad social y la creencia en la posibilidad de un crecimiento ilimitado que ignore la interdependencia ecológica y económica. (Tejero y González, 2022)

Los MC juegan un rol decisivo en las dos primeras porque incentivan y promueven el consumo irreflexivo y vertiginoso de bienes y servicios. En el primer caso de consumo, por decisión propia, la cultura global tiene la marca del exitismo exacerbado. La contaminación involuntaria ocurre a través de consumos que no pasan por la publicidad mediática porque son procesos inevitables, como el transporte, el consumo de energías, el crecimiento no planificado de las ciudades, la alimentación basada en procesos industrializados o carne proveniente de ganado que es criado en terrenos abiertos, destruyendo bosques. Otro ejemplo es el consumo de celulares, cuyas materias primas son producidas en vastos procesos depredadores a lo largo del planeta, pero se trata de bienes indispensables para la cultura contemporánea global. Finalmente, están las contaminaciones macro sociales que se desarrollan a través de la depredación de industrias públicas y privadas fuera del control de los ciudadanos: "[…] la visión sobre la crisis climática global que estamos viviendo se ve muy superficial y reducida a varias cosas cuando todas las acciones que llevamos a cabo diariamente, sin darnos cuenta, tienen su impacto" (San Juan Ropa, 2020).

Por tanto, la publicidad de los medios de comunicación incide especialmente en la primera modalidad de consumo y en menor intensidad en la segunda. Lo que confirma que los problemas ambientales se generan también en otras instancias.

Prácticamente todos los productos ofrecidos mediáticamente son contaminantes, en alguna medida. Si analizamos la relación entre los factores más contaminantes y la oferta de contenidos de los medios masivos, podemos demostrar esa afirmación, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

TABLA 2. *Relación entre factores contaminantes y contenido publicitario*

Factores contaminantes	Contenidos mediáticos (publicidad)
1. Transporte contaminante, combustibles fósiles	Automóviles, combustibles y transporte Programas que privilegian transporte contaminante
2. Edificios que necesitan rehabilitación energética	Sistemas de calefacción y aire acondicionado. Industria de la construcción y expansión habitacional
3. Industria	Alimentos, vestuario, equipos electrónicos con factor de obsolescencia programada.
4. Consumismo y generación de residuos	Consumo de plásticos presente en los bienes de consumo, sea como partes componentes o empaque. Consumo de plástico de un solo uso (desechables)
5. Agricultura y ganadería: sistema alimentario no sostenible	Incentivo al consumo de carne y embutidos. Productos que contribuyen a la destrucción de bosques.

Fuente: elaboración propia

La reducida información ambiental no demuestra preocupación por la reflexión formativa y comprensión del problema por parte de los ciudadanos:

> La contradicción fundamental del proceso discursivo de los medios sobre la cuestión socioambiental es la dificultad de tratar una gama de problemas construidos socialmente con base en la racionalidad de dominación y degradación, de manera que se subvierte esta misma lógica (las propuestas/proyectos de sostenibilidad) sin comprometer las propias estructuras discursivas/simbólicas y sistémicas/ institucionales que se estructuran en la sociedad y se encuentran hegemónicamente en la programación de los medios. (Ramos y de Sousa Ramalho, 2002)

La construcción de una conciencia ambiental también tiene otra importante contradicción. No se puede afirmar que el panorama es completamente pesimista. Felizmente, existen importantes sectores de la sociedad civil que han tomado conciencia respecto del problema y se han generado diversas formas de activismo en defensa del MA. Estos sectores, más el conocimiento científico y el sistema de pactos y acuerdos internacionales, tienen un peso importante pero insuficiente. El poder de los intereses de la industria y las lógicas del mercado, son más fuertes que las buenas intenciones. Prueba de ello es que los acuerdos no tienen los resultados esperados y los niveles de contaminación y el cambio climático van en ascenso, esto evidenciado por un incremento del 30% de emisiones en la última década (Turner et ál., 2016).

> Se percibe la necesidad de un cambio de modelo civilizatorio. Es importante que los medios asuman una función social en este proceso. Las soluciones al cambio climático son políticas, morales y sociales además de científico-técnicas. Implican, igualmente, un nuevo estilo de vida en los países más ricos, de menor impacto en el deterioro del medio ambiente y que facilite una redistribución de los recursos con los países más pobres. Es oportuno incrementar y potenciar el prestigio social de los comportamientos y los estilos de vida que ayudan a frenar el cambio climático. (Fernández-Reyes y Mancinas-Chávez, 2013)

A eso se suma otra contradicción. El discurso ambientalista global atribuye a los poderes industriales, políticos y económicos la responsabilidad por los problemas ambientales, pero invisibiliza que ese hipersistema productivo tiene su lado complementario en el consumo. Los actores de ese otro lado son las personas que compran lo que las grandes industrias producen, gracias a la vigencia e incitación del exitismo antes mencionado, activado por la publicidad. Es decir que, tanto las industrias como los ciudadanos comunes, son complementariamente responsables. Comprar un automóvil o hacer una parrillada, tienen efectos adversos en los ecosistemas:

> En la actualidad, la industria de la carne no solo inflige un dolor incalculable a miles de millones de seres dotados de sensibilidad, sino que también es una de las principales causas del calentamiento global, una de las principales consumidoras de antibióticos y venenos, y una de las mayores contaminadoras de aire, tierra y agua. Según un informe de 2013 de la Institución de Ingenieros Mecánicos, hacen falta 15.000 litros de agua para producir un kilogramo de carne de res, en comparación con 287 litros de agua para un kilogramo de patatas. (Harari, 2018)

6. CONCLUSIONES

En los documentos incorporados en el análisis de esta investigación sobre el contenido difundido por los MC relacionados con el MA, la mayoría de los trabajos de investigación refleja una tendencia hacia el periodismo, tanto en sus abordajes de problemas y catástrofes ambientales como en contenidos comprometidos con el cuidado del MA. Sin embargo, los trabajos que analizan los contenidos de formatos publicitarios son escasos. Esto refleja una tendencia en el abordaje investigativo de la oferta mediática limitada e incompleta. Al mismo tiempo, conlleva el problema de que el formato que más contribuye al deterioro

ambiental, publicidad, no es tomado en cuenta en los trabajos de investigación sobre MC y MA.

Los contenidos del género periodístico informan sobre distintos efectos en el MA vinculados con actividades antropogénicas, pero su tratamiento deja mucho que desear considerando que incurren en superficialidad y banalización de la información. Al mismo tiempo, la información que presentan tiende a un catastrofismo que desmotiva la acción social. Este tipo de presentación de la información en temas medioambientales, al contrario de generar agencia favorable, paraliza el activismo ciudadano. No es el caso del periodismo ambiental que tiene sus aciertos importantes, pero no fue objeto de este trabajo.

La investigación en relación con el contenido de los MC y MA debe profundizar las maneras por las cuales las acciones en favor del cuidado ambiental no dan cuenta del lado consumista del hipersistema productivo global. La tendencia actualmente responsabiliza a los poderes globales por la contaminación y no apunta al individuo como un sujeto consumidor, inconsciente y en muchos casos desinformado.

La investigación en esta temática debe considerar que el sistema productivo mundial es depredador y que la ausencia de reflexión e información sobre el consumismo, resulta en una falta de compromiso del ser humano con su entorno y el futuro de las próximas generaciones.

La investigación sobre MC y MA debe abordar de manera estratégica y prioritaria la publicidad y sus variantes, así como sus conexiones con otros formatos masivos. Es decir que, la noción de MC en la investigación científica debe ser más amplia e integral.

La presente reflexión sobre las tendencias de investigación que abordan los MC y el MA puede constituirse en una problematización que genere una agenda de investigación interdisciplinaria con una mirada holística y compleja e identifique, de manera pertinente, los factores sobre los cuales se puede trabajar desde la academia; tanto en procesos de producción de conocimiento, como en la implementación de procesos de intervención, que apunten a la modificación del conocimiento o el comportamiento de las personas.

7.AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración del Sr. Diego Mercado Villarroel en la revisión del presente trabajo.

8. REFERENCIAS

Bastida Izaguirre, D. y Ochoa-Villanueva, X. (2021). Cambio climático, una mirada desde los educadores en formación y la importancia de su enseñanza desde un enfoque interdisciplinar.

Beltrán, J. y Feliciano, L. (2017). Tendencia de Investigación contable en Colombia: Teoría o Práctica, una mirada desde las revistas contables colombianas 2011 a 2015. *FACE: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, 17*(2), 68-80.

Bell, A. (1994). Media (mis)communication on the science of climate change. *Public understanding of science, 3*(3), 259.

Brand, U., Dietz, K. y Lang, M. (2016). Neo-Extractivism in Latin America–one side of a new phase of global capitalist dynamics. *Ciencia Política, 11*(21), 125-159.

Castro, E. A. (2020). Environmental education in the television media. Case study: Oromar TV. *Alteridad, 15*(1), 125.

Cifuentes-Muñoz, A. (2019). Tendencias en metodología de investigación en Psicoterapia: Una aproximación epistemométrica. *Diversitas: Perspectivas en Psicología, 15*(2), 201-210.

Cho, S. y Krasser, A. H. (2011). What makes us care? The impact of cultural values, individual factors, and attention to media content on motivation for ethical consumerism. *International Social Science Review, 86*(1/2), 3-23.

Christmann, P. (2021). Mineral Resource Governance in the 21st Century and a sustainable European Union. *Mineral Economics, 34*(2), 187-208.

De Fraiture, C. y Wichelns, D. (2010). Satisfying future water demands for agriculture. *Agricultural water management, 97*(4), 502-511.

Dudley, N. y Alexander, S. (2017). Agriculture and biodiversity: a review. *Biodiversity, 18*(2-3), 45-49.

Ehrenfeld, D. (2005). The environmental limits to globalization. *Conservation Biology, 19*(2), 318-326.

Fernández-Reyes, R. y Mancinas-Chávez, R. (2013). *Medios de comunicación y cambio climático. Actas de las Jornadas Internacionales*: Sevilla: Fenix Editora.

Francis, P. (2015). *Laudato si: On care for our common home*: Our Sunday Visitor.

Glibert, P. M., Seitzinger, S., Heil, C. A., Burkholder, J. M., Parrow, M. W., Codispoti, L. A. y Kelly, V. (2005). Eutrophication. *Oceanography, 18*(2), 198.

González-González, A., Clerici, N. y Quesada, B. (2021). Growing mining contribution to Colombian deforestation. *Environmental Research Letters, 16*(6), 064046.

Guardia, M. (2021). Mundos de referencialidad, el entorno comunicacional contemporáneo.

Harari, Y. N. (2018). *21 lecciones para el siglo XXI*: Debate.

Hikmawan, M. D., Indriyany, I. A. y Mayrudin, Y. M. (2019). *Environmental Movement Against Mining Exploration in Bojonegara Serang Banten.* Paper presented at the International Conference on Democratisation in Southeast Asia (ICDeSA 2019).

Huang, H. (2016). Media use, environmental beliefs, self-efficacy, and pro-environmental behavior. *Journal of Business Research, 69*(6), 2206-2212.

Khotimah, W. Q. (2021). Seeing news gathering issues in environmental news: Medio.

Kumar, V. y Kumar, P. (2019). Pesticides in agriculture and environment: Impacts on human health. *Contaminants in agriculture and environment: health risks and remediation, 1*, 76.

Lathiya, A., Rathod, A. y Choudhary, K. (2015). Role of social media in agriculture. *International Journal of Commerce and Business Management, 8*(2), 268-273.

Lee, K. (2011). The role of media exposure, social exposure and biospheric value orientation in the environmental attitude-intention-behavior model in adolescents. *Journal of Environmental Psychology, 31*(4), 301-308. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2011.08.004

Llorens Capdevila, A. (2020). El papel de los medios de comunicación en la degradación del medio ambiente y el cambio climático.

Mahmood, I., Imadi, S. R., Shazadi, K., Gul, A. y Hakeem, K. R. (2016). Effects of pesticides on environment *Plant, soil and microbes*, 253-269: Springer.

Mancinas-Chávez, R. (2013). El silencio mediático. Reflexión en torno a las razones de los medios de comunicación para no hablar del cambio climático.

Mancinas-Chávez, R. (2013) Medios de comunicación y cambio climático, 233-248.

Marín Viadel, R. (2011). Las investigaciones en educación artística y las metodologías artísticas de investigación en educación: temas, tendencias y miradas. *Educação, 34*(03), 271-285.

Martínez Garza, F. J. (2019). Medios de comunicación y medio ambiente en México. *Anagramas-Rumbos y sentidos de la comunicación-, 18*(35), 57-73.

Megías-Delgado, M., De-Casas-Moreno, P. y Paramio-Pérez, G. (2019). Publicidad y competencia mediática para la educación ambiental en alumnos de primaria. *ALTERIDAD. Revista de Educación, 14*(2), 220-230.

Montero Sandoval, J. M. (2007). Análisis de experiencias mediáticas sobre medio ambiente. Información ambiental en televisión. *Cultura verde: Ecología, cultura y comunicación*.

Montero Sandoval, J. M. (2013). El cambio global y la crisis del periodismo. *Medios de comunicación y cambio climático. Actas de las Jornadas Internacionales. Coord. por Rosalba Mancinas-Chávez; Rogelio Fernández Reyes (dir.)(pp. 147-154). Sevilla: Facultad de Comunicación de la Universidad de Sevilla*.

Princen, T. (1999). Consumption and environment: some conceptual issues. *Ecological Economics, 31*(3), 347-363.

Ramos, P. R. y de Sousa Ramalho, D. (2002). O ambientalismo na mídia: Da sustentabilidade pontual ao consumismo geral. *Educação e Contemporaneidade, 11*(18), 317.

Rockström, J. (2010). Planetary boundaries. *Smil, Harvesting the Biosphere*.

San Juan Ropa, A. (2020). Ecologismo y feminismo" de marca". Contradicciones en el consumo.

Santos, B. S. y Wong-Parodi, G. (2022). News coverage of ocean issues and its impacts on public perceptions and conservation information-seeking of sea turtles. *Conservation Science and Practice, 4*(4), e12650.

Serra Crespo, O. R. (2022). El rol de los medios de comunicación y la responsabilidad social en la conservación ambiental.

Shafiei, N., Khaniki, H. y Aghili, S. V. (2020). A Comparative Study of the Reflection of Important Environmental Events in Khuzestan Province at two news agencies "ISNA" and "IRNA". *Quarterly Journal of Social Development (Previously Human Development)*.

Sonter, L. J., Herrera, D., Barrett, D. J., Galford, G. L., Moran, C. J. y Soares-Filho, B. S. (2017). Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature communications, 8*(1), 1-7.

Swenson, J. J., Carter, C. E., Domec, J.-C. y Delgado, C. I. (2011). Gold mining in the Peruvian Amazon: global prices, deforestation, and mercury imports. *Plo Sone, 6*(4), e18875.

Tejero, I. P. T. y González, R. J. (2022). Medio ambiente, educación ambiental y formación de profesores en la multidimensionalidad. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2201-2201.

Telmer, K. H. y Veiga, M. M. (2008). World emissions of mercury from artisanal and small scale gold mining and the knowledge gaps about them. *Report to the World Bank on the "Global Mercury Project". New York: World Bank*.

Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'antonio, C., Dobson, A., Howarth, R. y Swackhamer, D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science, 292*(5515), 281-284.

Tovar, M. J. (2021). El discurso y su influencia en los medios. Análisis de resultados del discurso ambientalista. *Política, Globalidad y Ciudadanía*, 66-92.

Turner, A. J., Jacob, D., Benmergui, J., Wofsy, S., Maasakkers, J., Butz, A. y Biraud, S. (2016). A large increase in US methane emissions over the past decade inferred from satellite data and surface observations. *Geophysical research letters, 43*(5), 2218-2224.

United Nations. (2015). Sustainable Development Agenda 2030.

CONVERSACIONES ENTRE ARTE Y ERA DE LA SUPERABUNDANCIA SOSTENIBLE

IGNACIO ASENJO FERNÁNDEZ
Universidad Complutense de Madrid

1. INTRODUCCIÓN

La ecología es una ciencia dinámica que estudia principalmente los seres vivos como habitantes de un medio, y las relaciones que mantienen entre sí y con el propio medio. Como disciplina científica, interviene también en el ámbito de otras doctrinas —interdependientes solo en apariencia— como la sociología, la filosofía, la política o la cultura, generando interrelaciones para proteger y defender al Medio Ambiente. Un tema obligado en la discusión político-social contemporánea es todo lo referido a dicha protección, así como las acciones indispensables para alcanzar un desarrollo sustentable (o sostenible).

Medio Ambiente es el conjunto de circunstancias exteriores a un ser vivo. Hernán Contreras lo define así:

> En su sentido más amplio, como aquel conjunto de sistemas naturales, socioculturales, económicos y estéticos, con los que el hombre está en contacto e interactúa y que históricamente va modificando e influyendo con su acción y en los cuales rige y condiciona todas las posibilidades de vida en la Tierra y en especial la vida humana, por cuanto constituyen su hábitat o lugar de vida y fuente de recursos (Contreras, 1993, p. 27).

Esta crisis ecológico-ambiental, junto al elevado estándar de vida alcanzado por la civilización industrial del "primer mundo", parece que ha puesto en riesgo, por primera vez en la historia, la continuidad de la vida del ser humano en el planeta, así como el proceso de la vida del planeta mismo. Ciertamente, nos hemos conducido a algunos de los actuales problemas medioambientales más graves, tales como la contaminación, la pérdida de la biodiversidad, el cambio climático o la

destrucción de la capa de ozono. De la misma forma, parece que el agotamiento de los recursos naturales y la llamada explosión demográfica promueven el desarrollo de la referida crisis actual.

Fruto de esta situación, cabe preguntarse ¿podemos definir las relaciones de poder desiguales entre el norte global dominante y el sur global y cómo podemos compartir y difundir el conocimiento no occidental de la actual Edad Ecocéntrica? La respuesta, desafortunadamente, no es clara ni sencilla. Pese a la conciencia generalizada de la problemática ambiental y a las propuestas promovidas desde ambos bloques mundiales, sigue siendo un objetivo sustancial desafiar activamente las perspectivas predominantes y dar cabida a acontecimientos notables y experiencias no contadas asumiendo la dimensión del problema. Se trata de remudar los llamamientos y de proporcionar nuevas direcciones para crear consciencia y tener capacidad de reconocer la realidad circundante, y, así, relacionarse acertadamente con ella. Parafraseando al antropólogo francés Marc Augé (2004, pp. 14-15), necesitamos tener nuevas cosmologías y representaciones del universo, del mundo y de la sociedad para escarificar nuestro planeta.

En tales circunstancias, el arte ha dado un paso al frente en la consolidación de una política de respeto e integración Arte / Naturaleza / Ecología en las últimas décadas. El arte es vitalidad porque ostenta la facultad de tener vida. Posee una fuerza desconocida. Es una actividad universal e ininterrumpida que sigue una línea de tradición y evolución sin desviarse.

Múltiples expresiones artísticas, con función apelativa o denotativa, son prueba de ello. Algunas son metafóricas o alegóricas, en cambio, otras presentan proyectos con nuevas ideologías a partir de las novedades y avances del cambio global y sus consecuencias (FIGURA 1).

A este respecto, el crítico de arte Edward Lucie-Smith declara que determinadas manifestaciones artísticas, vinculadas con el arte ecológico, forman parte de una creciente tendencia a definir las obras de arte como "patrones de pensamiento más que como actos visuales" (Grande, 2005, p. 13). A tenor de lo expuesto, el artista ambiciona la reflexión con sus obras tanto para los profesionales como para el público en general,

desatando la duda. Todo fluctúa y cambia de manera invariable a nuestro alrededor. Por esta razón, el artista actúa como un demiurgo que crea y armoniza el universo, dotándolo de contexto. En última instancia, espera fomentar cambios de comportamiento y nuevas prácticas, que en el ámbito de la mencionada acción triádica Arte / Naturaleza / Ecología incluye crear conciencia sobre el patrimonio medioambiental y evitar el catastrofismo.

FIGURA 1. *Ignacio Asenjo Fernández. "Opúsculos encerrados", (serie). 7 cajas de madera y tapas transparentes con objetos encontrados y elementos varios. 9 x 18 x 13 cm. 2022*



Fuente: Elaboración propia

1.1. "NUEVA" ERA DE LA SUPERABUNDANCIA SOSTENIBLE

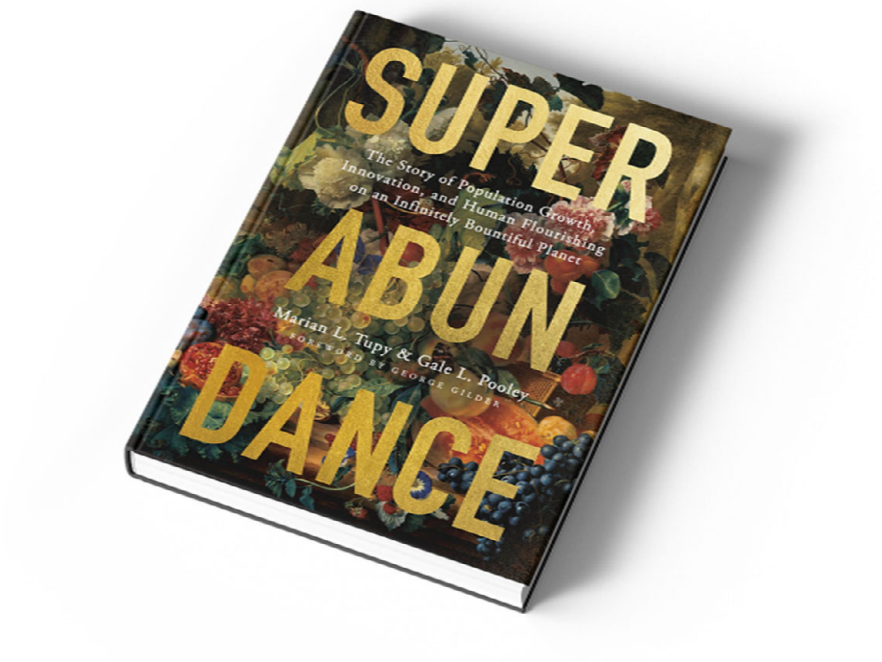
Volvamos de nuevo a dos fenómenos mencionados anteriormente: la explosión demográfica y el agotamiento de los recursos naturales. A generaciones de personas se nos ha enseñado que el crecimiento de la población hace que los recursos sean más escasos. ¿Pero es cierto que la población mundial en rápido crecimiento está consumiendo los recursos naturales del planeta a un ritmo alarmante? Ante la preocupación por el crecimiento demográfico y la escasez de recursos, Julian L. Simon ya estableció en la década de los noventa del siglo XX que el problema del mundo no es el exceso de población, sino la falta de imaginación y de libertad política y económica:

> El principal combustible para acelerar nuestro progreso es nuestro *stock* de conocimiento, y el freno es nuestra falta de imaginación. El último recurso son las personas hábiles, expertas y esperanzadas. Personas que ejercerán su voluntad e imaginación para su propio beneficio, e inevitablemente se beneficiarán no solo ellos mismos, sino también el resto de nosotros (Simon, 1996, p. 589).

La clave de esta "nueva era de la superabundancia sostenible" es aprovechar con sabiduría las notables capacidades de la ciencia y la tecnología del siglo XXI: robótica, biotecnología, neurotecnología, tecnología ecológica, tecnología colaborativa e inteligencia artificial, sin olvidar al arte. Su intención es involucrar y organizar a investigadores, empresarios, activistas, ingenieros y creativos en una labor interdisciplinaria.

El término superabundancia está definido en la RAE como "abundancia muy grande" (Real Academia Española, 2019). Y esta definición nos lleva a descubrir otras posibilidades del término. Gale L. Pooley de la Universidad de Brigham Young y Marian L. Tupy del Cato Institute, autores del libro *Superabundance* (2022), son contrarios a este catastrofismo (FIGURA 2). Para ellos se trata de experimentar y reimaginar el uso de los recursos con los que contamos en el planeta. Ambos investigadores renuevan el desafío que planteara Simon. Sus ideas se discuten en detalle y sirven como antídoto para las teorías de estilo malthusiano que ven el crecimiento de la población como una gran amenaza. Los autores también delinean el legado del pensamiento optimista a este respecto, mencionando intelectuales franceses del siglo XVIII como Nicolas de Condorcet y Anne Robert Jacques Turgot. Otro texto referido en este libro es el primero de los informes del Club de Roma, *Los límites del crecimiento*, publicado en 1972, cuya autora principal fue Donella Meadows. Esta obra pionera en la modelización de la economía mundial, en su interacción con la biosfera —posteriormente revisada, mejorada y actualizada en dos ocasiones: 1992 y 2004—, se basa en un complejo modelo matemático (*World-*□) desarrollado inicialmente por el profesor norteamericano Jay W. Forrester, experto en dinámica de sistemas del Massachussets Institute of Technology (MIT). Esta publicación se convirtió en la raíz del argumento tipificado, revalidado hasta la fecha, que el crecimiento de la población debe limitarse a salvaguardar los recursos del planeta.

FIGURA 2. *Marian L. Tupy & Gale L. Pooley. "Superabundance. The Story of Population Growth, Innovation, and Human Flourishing on an Infinitely Bountiful Planet". Cato Institute. 2022. https://humanprogress.org/*



Fuente: Amazon.com

El principio general del estudio de Tupy y Pooley es el del avance creciente de la civilización como consecuencia del progreso de la inteligencia humana a lo largo de los siglos. Con íntegra confianza en los datos analizados, aventuran una visión optimista del futuro. La humanidad alcanzará abundantes objetivos de despliegue en el cuerpo económico-social. Logrará también conformar una comunidad universal equilibrada con miras al seguimiento permanentemente perfectible de su destino superabundante. Su ley fundamental es el progreso del espíritu humano, el cual viene dado a través de los conocimientos.

Después de analizar los precios de cientos de productos básicos, bienes y servicios a lo largo de dos siglos, Tupy y Pooley descubren que los

recursos se vuelven más abundantes a medida que crece la población. Eso es especialmente cierto cuando observan su idea del "precio del tiempo", un concepto que los autores han utilizado como base para su propia teoría del crecimiento. Este precio del tiempo se define como el precio nominal de un producto dividido por el ingreso nominal del comprador por hora. En palabras más simples, representa la cantidad de tiempo que las personas deben trabajar para poder pagar algo. Corroboran su proposición aduciendo que el precio del tiempo es la medición más natural en el análisis económico porque el tiempo es en realidad el único recurso fijo que cada uno de nosotros tiene en el planeta. Alegan que los precios del tiempo capturan los cambios tanto en los precios como en los salarios; además, son los mismos a nivel mundial y a lo largo del tiempo; y por último, los precios de tiempo se miden en el tiempo, que es una variable independiente, universal y constante para fines generales, y es igual para todos.

De la misma manera, ambos autores sostienen que el crecimiento del conocimiento se puede medir con el tiempo. Pero ¿qué obtienes hoy por la misma cantidad de tiempo? Su respuesta es taxativa: abundancia de recursos de población (personales) y abundancia de recursos globales. Especifican que, a medida que la población crece, surgen nuevos problemas menores, y, así, las personas descubren formas de manejarlos y tratarlos de manera más efectiva. Por lo tanto, el aumento de la población conduce a una mayor innovación y resolución de problemas si las personas pueden participar en pensamientos libres e intercambios libres. Tupy y Pooley defienden la siguiente fórmula simple: más personas + más libertad = más innovación. Presentan también la idea de que en una amplia variedad de situaciones, la tasa de aumento de los recursos es mayor que la tasa de aumento de la población, una relación que ellos llaman superabundancia. En promedio, cada ser humano adicional crea más valor del que consume. Es la antítesis directa de la idea malthusiana de que el crecimiento de la población es exponencialmente mayor que el crecimiento de los recursos. Esta relación entre el crecimiento de la población y la abundancia es asimismo contraria a lo que dicta tanto la tradición aprendida como la experiencia que se halla sumergida debajo del nivel de nuestra conciencia, pero parece cierta.

Para Tupy y Pooley la gente no depende de las cosas, depende de ideas —fórmulas, algoritmos, conocimiento— que permiten cosas, inútiles por sí mismas, para satisfacer nuestros deseos. Teniendo en cuenta el estado del mundo hasta ahora, los autores resuelven que la superabundancia es el resultado esperado en la mayoría de las circunstancias económicas de hoy. La capacidad de innovar del ser humano, en la práctica, ha resuelto que los recursos sean más abundantes, bajando el precio de los mismos. Sus conclusiones nos alejan de un mundo en decadencia. El habitante promedio del mundo goza de más recursos, y cada nuevo habitante crea más valor del que consumió, lejos de lo que nos diría la intuición. Es muy claro el esquema: más personas producen más ideas, y estas, más invenciones, quedándonos con lo útil e innovador. Al final de ese proceso de descubrimiento, las personas se quedan con esas alteraciones y novedades que superan la escasez. Al mismo tiempo, la introducción en el mercado estimula el crecimiento económico y eleva el nivel de vida. Es cierto que para que esto se produzca, esta superabundancia sostenible, hay que contar con un clima que permita a las personas relacionarse, pensar, asociarse, hablar e incluso estar en desacuerdo, un clima de mercados y personas libres. Pero no deja de ser una alternativa a tanto pesimismo.

1.2. Cooperación artística en la era superabundante

Sobre un trasfondo superabundante tan activo, los sucesos que están por venir demostrarán si podemos enorgullecernos de nuestra implicación con el Medio Ambiente. En todo el mundo vemos indicios prometedores, pero poca certeza acerca de lo que nos depara el futuro inmediato. Aun así, todo este proceso de superabundancia no es incompatible con la cooperación artística. El cambio puede venir también desde el arte. Esta manifestación de la actividad humana seguirá siendo siempre una especialidad particularmente gratificante, comprometida y discursiva (FIGURA 3). Con proyectos especulativos o concretos, mirará desde otro punto de vista y con otra vehemencia los escenarios —acaso superabundantes— de su tiempo, pensándolos de otra manera.

FIGURA 3. *David Buckland. "The Pregnant Messenger". Ártico. Fotografía realizada en la expedición Cape Farewell's Arctic 2005*



Fuente: Buckland/Balkin. David Buckland Art © 2017

Apunto seguidamente algunas cuestiones que espero ayuden a los y las artistas a dar sentido y alcance con su contribución al futurible modelo superabundante:

– A la hora de afrontar el texto de Tupy y Pooley parto desde mi posición como individuo de ese primer mundo de la sobre-abundancia y el consumismo, y considero que es muy difícil enfrentarme a esas situaciones restrictivas que imperan en el sur global, con dificultades generales de abastecimiento. Lo que hace plantearme que tal vez la situación en esos países

sería diferente si tuviesen acceso a ese mundo privilegiado. Es decir, cuando no se tiene de nada, tiras de la imaginación, en cualquier lugar, incluso en ese llamado primer mundo. Mi experiencia personal cuando he visitado algunas zonas desfavorecidas hace unos años, era que todos querían pertenecer a ese entorno privilegiado: aspiraban a buenos móviles con acceso a Internet, poder tener grandes cadenas de comercios para consumir… En consecuencia, el arte puede hacernos llegar la trascendencia del siguiente mensaje: "Todos preferimos vivir cómoda y superabundantemente con todo tipo de productos que, si bien no siempre, suelen suponer una vida más fácil".

– Esto no significa que no esté de acuerdo con las propuestas de Tupy y Pooley. Ni mucho menos. Creo que es importante tener en consideración sus premisas y autocrítica. No obstante, cabe cuestionarse artísticamente también estos dos asuntos: 1) La identificación de progreso-crecimiento económico con progreso-superabundancia sostenible. 2) La identificación del capital, o bien con crecimiento y triunfo, o bien con esclavitud, revoco y fracaso. Cabe sugerir, además, que la posición del artista y el uso de sus prácticas respecto a la superabundancia juegan un papel determinante en el desarrollo de la tasa de sostenibilidad.

– Por otro lado, y aunque los autores no hacen mención alguna, hay que tener en cuenta que el despilfarro del norte global dominante ha aumentado gracias a la llegada de Internet, que ha facilitado la vida de las personas que vivimos en estos países que cuentan con un nivel y calidad de vida superior (sobre todo se ha podido comprobar durante el confinamiento de la COVID-19), pero que además, nos ha permitido poder comprar cosas innecesarias al alcance de un clic y tenerlo igual de rápido en nuestras casas. Y en muchos casos, desecharlo con la misma ligereza. Así, el arte, con su misión de visibilizar, puede convertir en recreación y discurso tanto la gravedad de nuestras acciones despilfarradoras y superabundantes como la visión utópica tras la superabundancia, de un progreso continuado.

En resumen, las actividades artísticas de género ecocéntrico y superabundante, que difieran de los modelos oficiales comúnmente aceptados en el arte moderno y contemporáneo, se agravan si no contienen la condición de sostenibilidad.

2. OBJETIVOS

A grandes rasgos, la dádiva que ofrece el arte en la actual Edad Ecocéntrica debería servir para transformar el mundo mitigando la crisis medioambiental, y, paralelamente, provocar la duda formulando preguntas para poder paliar el elevado número de fracasos que al respecto se ciernen sobre nuestras sociedades. Así, el rendimiento propio de esos escenarios posibles del sistema social imperante que está por venir —acaso superabundante— quizá aumente de forma significativa con el arte.

Estos deseos se podrían estructurar en torno a tres polos de acción, que constituyen los objetivos generales de este estudio:

- Impulsar las potencialidades coyunturales del arte para mejorar el Medio Ambiente.
- Promover las capacidades artísticas en la denominada "era de la superabundancia sostenible".
- Instar por el trabajo colaborativo del arte.

No se trata de alimentar sueños utópicos con el desarrollo de modelos controlados desde las actividades políticas del Capitaloceno y del "capitalismo verde", sino más bien lo que se pretende es alcanzar una nueva organización que potencie las formas y métodos de acceso al conocimiento de "cooperación reforzada" —en el derecho comunitario europeo, posibilidad de que varios Estados miembros adopten un régimen de integración más intenso en algunos ámbitos—, y, así, poder garantizar el éxito de las estrategias implementadas para acabar con el carácter sistémico de la crisis medioambiental.

3. METODOLOGÍA

La elaboración de un marco proposicional de investigación constituye el requisito básico para configurar la base metodológica que persigue este trabajo. Es el resultado de un proceso que exige una visión globalizadora tanto del marco general del arte como de la revisión ecológica.

En este contexto, la "nueva era superabundante" formula una visión de cambio y de creación colaborativa de un marco social, sustentable, abierto y en evolución. Y propone que el potencial positivo de la humanidad puede desarrollarse de manera verdaderamente profunda. Así, ante estas cuestiones relacionadas con el medio natural, las prácticas artísticas muestran y denuncian, con acciones vinculadas a la crítica de los procesos de destrucción de la biodiversidad, no solo el conjunto de problemas pertenecientes a las ciencias ambientales, formulando preguntas e incógnitas, sino también proyectos artísticos de restitución del equilibrio ecológico.

El objeto del plan estratégico de este trabajo es, principalmente, presentar un arquetipo futurible que permita reflexionar y mostrar una visión general de la traza para dirigir el desempeño de este estudio.

Tres líneas de investigación establecen la justificación del plan de actuación:

1. *El papel del arte contemporáneo en los problemas ambientales*. En el escenario de la anhelada "nueva era superabundante", las claves del arte contemporáneo pueden favorecer a los intereses o propósitos de los artistas e imprimir una perspectiva diferenciadora cimentando en el principio de la actividad humana algún apego, idea o estado afectivo. Aun así, esa percepción no suele ser motivo de impulso entre competentes relacionados con el denominado eco-arte. En tales circunstancias, cabe preguntarse ¿cómo pueden las artes visuales de los últimos tiempos cooperar en lo que debería ser un giro en el rumbo de la pedagogía de la problemática medioambiental —y de la superabundancia sostenible—, en términos de ideación y producción? En primer lugar, creando metas del aprendizaje,

porque la motivación y la orientación estimulan la acción de adquirir el conocimiento de algo por medio del estudio o de la experiencia. En segundo lugar, señalando la conexión directa de muchos de los comportamientos creativos de la ecología con los que conlleva el arte actual y sus claves, porque ambas disciplinas están interconectadas. Y en tercer lugar, proponiendo medidas concretas y realizables a título tanto individual como colectivo y que, además de tener cierta incidencia en el ámbito de la crisis medioambiental, consoliden una práctica educativa de enseñanza híbrida.

2. *El enfoque interdisciplinar*. Las diferentes perspectivas que ofrecen las claves del arte actual y las claves de la superabundancia sostenible no pueden permanecer aisladas en sus respectivos corpus de conocimientos. Deben volver a redefinirse desde un modelo interdisciplinar, formado al entrelazar entre sí varias artes, facultades o ciencias, que a modo de malla contemple la dependencia recíproca y la interacción que se ejerce entre sus espacios en toda su extensión. Lo que se plantea en esta línea de investigación, tanto artística como didáctica, en estrecha sinergia con las otras dos que conforman el presente trabajo, es revelar los rasgos de lo que podría ser una simbiosis de procesos creativos de distinta naturaleza en el seno del ecoarte y la responsabilidad ambiental, especialmente si los artistas sacan provecho de la relación que se puede establecer entre arte, superabundancia y otras disciplinas. Es el primer paso que se debe cubrir para plantear la mencionada comunicación interdisciplinaria a través de una cultura del encuentro entre el arte de las últimas décadas y el problema medioambiental, así como de una enseñanza académica experimental.

3. *La hibridación como acción proyectiva de concienciación*. Hibridar estableciendo la identidad de nuestra ecodependencia para poder eliminar la separación de humanidad y naturaleza superabundante ha de ser el producto de la idiosincrasia de distintos elementos. La acción proyectiva es concienciar, adquirir el conocimiento del bien y del mal que permite a la

> persona enjuiciar moralmente la realidad que lo envuelve y los actos, especialmente los propios, en materia medioambiental. Ahora bien, sin consciencia no se puede tener cargo de conciencia. Por tal razón, es necesario que el sujeto tenga conocimiento inmediato o espontáneo de sí mismo, de sus actos y reflexiones, y al mismo tiempo, capacidad de reconocer la realidad circundante y de relacionarse con ella. En este marco de hibridación y acción recíproca, las prácticas educativas y artísticas también toman partido. A fin de cuentas, la comprensión profunda de un cambio de pedagogía y la creación de puentes que definan cómo comunicar, unir y fusionar todos los espacios, induce a pensar en una nueva epistemología mucho más interconectada. Se trata, en resumen, de enlazar entre sí sistemas que se dejan influir por valoraciones externas, posibilitando la unidad de las múltiples expresiones creativas dentro de la singularidad del arte y las decisiones eco-artísticas.

El arte actual puede ser, como juzgaba Jorge Wagensberg, "una forma de conocimiento basada en el principio de comunicabilidad de complejidades no necesariamente inteligibles" (Wagensberg, 2003, p. 53).

4. RESULTADOS

En las últimas cinco décadas la preocupación medioambiental se ha convertido en un cuestión esencial para los ciudadanos de todas las sociedades. Tras una larga evolución, que se remonta a los años 70, esta inquietud ha irrumpido en la política global, alcanzando hoy en día un lugar prevalente. En la actualidad son numerosas las publicaciones e iniciativas ecologistas generadas desde los distintos países. Asimismo, algunos partidos políticos —principalmente, los Partidos Verdes— prestan especial atención al conjunto de los problemas relativos al medio ambiente y al cambio climático, ahondando con sus políticas en la responsabilidad ambiental y el desarrollo sostenible global.

En lo que respecta al mundo del arte, tanto la globalización como la importancia de la temática medioambiental han dado lugar a numerosas

iniciativas artísticas que, con objetivos análogos, exploran nuevas estrategias creativas para afrontar la crisis de nuestro ecosistema —incluyendo la conjeturada superabundante—. Algunos estudiosos, como Anna Guasch, denominan a este trance artístico "giro ecológico", un sistema por el cual se acepta la pluralidad de paradigmas y posiciones estéticas:

> La recurrencia al giro en lugar del estilo, el ismo o la tendencia respondería en último término a una clara urgencia de lo contemporáneo global: un momento caracterizado por el pluralismo estético, por la simultaneidad de diversos *modus operandi* y por una gran multiplicidad de lenguaje (Guasch, 2016, p. 159).

Con todo, solo desde hace poco tiempo algunos artistas y organismos públicos o privados, vinculados al arte, han trasmitido mediante escrito impreso o digital en libro, revista, periódico, etcétera, los resultados de sus investigaciones y trabajos eco-artísticos, asumiendo su responsabilidad de cara a la sostenibilidad. Pero tratar sobre este asunto excede por completo los objetivos y contenidos de este trabajo[4].

Con certeza, vamos hacia un tiempo de enormes trasformaciones y, consecuentemente, tendremos que adaptarnos a esta nueva realidad en el planeta y a la nueva realidad artística que está por venir. En cierto modo, como mencioné en otra publicación, la humanidad se ha cimentado sobre las bases del cambio: "un cambio que siempre viene, camina junto a nosotros y va arando las trazas de nuestro existir en la Tierra" (Asenjo, 2019, p. 24). Por su parte, la repercusión del papel del arte en dicho cambio podrá verse dando tiempo al tiempo. Solo así se sabrá cuál es su cooperación a largo plazo en la anhelada transformación global. Para ello, como ya dije en otro lugar, se necesita individuos superdotados que posean cualidades artísticas que excedan de lo normal:

> (…) especialmente refiriéndose a las condiciones intelectuales y, en el caso que nos compete, a las artísticas; individuos innovadores con

[4] Baste decir que, en España, pueden tomarse como referencias las publicaciones y seminarios llevados a cabo por el Grupo de Investigación Climatologías del Planeta y la Consciencia (U.C.M.) y las del Centro de Investigación Arte y Entorno (U.P.V.), así como la difusión por escrito y digital de las acciones eco-artísticas realizadas por el Museo de Arte Contemporáneo de Castilla y León (M.U.S.A.C.) y por el Aula Sostenible del Centro Atlántico de Arte Moderno (C.A.A.M.) en Las Palmas de Gran Canaria.

> capacidad de visualizar el futuro y planificar nuestras acciones venideras, y, así, siguiendo este espíritu de predicción y planificación, científicos, ingenieros, inversores, periodistas, sociólogos, emprendedores..., y artistas podrán analizar de forma interdisciplinaria las tendencias en sus respectivos campos y, asimismo, compartir la información entre sí rompiendo las fronteras estancas que diferencian las artes, las facultades y las ciencias para imaginar cómo ha de ser la humanidad que está por venir y la transición ordenada a sociedades que se puedan mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos y sin causar grave daño al medio ambiente (Asenjo, 2021, p. 232).

En efecto, existen evidencias inequívocas de que la actividad humana está afectando de manera profunda a la mayor parte de los procesos que, conjuntamente, determinan el funcionamiento de la biosfera, provocando el cambio en nuestro planeta. Pero, ¿qué es el cambio global? El investigador Carlos María Duarte manifiesta que este término define al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra:

> De hecho, el cambio es algo consustancial al planeta Tierra que, a lo largo de sus miles de millones de años de historia, ha experimentado cambios mucho más intensos que los venideros (Duarte, 2006, p. 23).

Precisamente, un modelo paradigmático de "tiempo de cambio" es la hecatombe acaecida durante el final del Pleistoceno inferior correspondiente con la etapa del Paleolítico del desarrollo humano, más concretamente, cuando se gestó el penúltimo gran salto cognitivo de la humanidad. Elizabeth Pennisi (2023) reseña el artículo *Genomic inference of a severe human bottleneck during the Early to Middle Pleistocene transition*, publicado en *Science* (2023), en el cual han colaborado investigadores de China, Italia y EE UU. En su recensión, titulada *Human ancestors may have survived a brush with extinction □□,□□□ years ago*, se pone de manifiesto que hace aproximadamente 1 millón de años, nuestros antepasados lejanos cazaban en pequeñas partidas y recolectaban su comida con sofisticadas herramientas de piedra. Los autores de la investigación —expone Pennisi— subrayan que más tarde, hace unos 930.000 años, algo sucedió: un 98% de toda la población desapareció y el número de individuos reproductores disminuyó hasta los 1.300. Nuestros ancestros estuvieron a punto de la extinción y las poblaciones

permanecieron así de bajas durante los siguientes 100.000 años o más. Los investigadores argumentan que poco a poco se recuperaron hasta rozar los 30.000 individuos.

De modo indudable, la historia evolutiva de la humanidad está vinculada al cambio. A este respecto, José M. Parreño no olvida nuestra dependencia con la naturaleza y refiere que las transformaciones venideras tendrán lugar, o bien de forma ordenada y preventiva, o bien de forma improvisada y catastrófica:

> …pero si algo pone de relieve esta situación es que ahora sabemos que la humanidad depende de la naturaleza en un grado que hacía tiempo habíamos olvidado (Parreño, 2022, pp. 9-10).

Desde mi punto de vista, todo este proceso de transmutación y adversidad está en concordancia con el alcance de las cualidades que ofrece el arte. Además, dadas las rentas de nuestro estilo de vida capitalista, no es de buen juicio conceder facultades, poder, derecho o capacidad a un sistema para hacer lo que sin tal requisito no podría (o no querría), a saber: al Capitaloceno. Así, la apuesta en políticas de globalización y multiplicidad de lenguajes artísticos, que no es otra cosa que la transformación, conmutación e innovación de sus propios recursos, me parece muy sensata y factible. Es más útil y práctico actuar (artísticamente) que facultar (políticamente).

5. DISCUSIÓN

Respecto a la discusión, es necesario precisar que el planteamiento de superabundancia sostenible es difícil de evaluar en la actualidad, así como sus resultados. Se trata de un modelo que podría existir o producirse en el futuro, especialmente si se diesen una serie de condiciones determinadas. Por otra parte, podemos afirmar que el arte puede resultar de gran utilidad en cualquiera de los casos. Ante todo, se comporta como un eficaz y potente componente creativo para la planificación del consumismo en la futurible "era superabundante". En este sentido, podemos afirmar que, a lo largo de las últimas décadas, así ha sido, al menos en el primer mundo. Además, gracias a las distintas

intervenciones artísticas realizadas hasta el momento, ha trasferido en gran medida la comparación de ambos mundos.

En definitiva, el arte ha demostrado ser una poderosa herramienta de gran utilidad para la difusión de modelos creativos a través de, efectivamente, su cosmovisión, suponiendo esta experiencia un paso importante para una futura creación de una muestra de compromiso medioambiental "superabundante".

6. CONCLUSIONES

Nos encontramos frente a una difícil situación para la mejora medioambiental. Tenemos delante de nosotros la enorme tarea una actuar con plena consciencia de lo que hacemos para crear un nuevo humanismo y una nueva ciudadanía consciente. Evidentemente, el arte y la educación artística no pueden resolver por sí solos todos los problemas de la crisis ecológico-social, pero sí ayudarnos a entender la situación. Impulsar las potencialidades coyunturales del arte para mejorar el Medio Ambiente supone un gran avance al respecto de muchas claves ecosociales, pero nos plantea una paradoja: exigimos y exigiremos a nuestros ciudadanos promover las capacidades artísticas —incluso en la futurible "era de la superabundancia sostenible"— y, sin embargo, no poseen la formación artística necesaria ni les dotamos de las herramientas oportunas. Así pues, es importante en arte:

- Trabajar más en educación para cubrir el hueco respecto a contenidos, valores, actitudes y metodologías antropocéntricas y ecosociales.
- Trabajar más por educar en una "desacostumbrada" cultura de la Tierra.
- Trabajar más por reconocer nuestra ecodependencia para poder eliminar la separación de humanidad y naturaleza.

Como reflexión final, en este planteamiento de superabundancia me faltan soluciones a nivel global. Partiendo de que la mayoría de las industrias de la zona norte dominante son el sustento diario de una gran parte

de la población de la zona sur, Tupy y Pooley, autores del mencionado libro *Superabundance* (2022), no abordan cuáles serían las consecuencias en caso de que ese primer mundo dejase de consumir y comprar. Aun así, no podemos avanzar en lo anterior si no tenemos artistas y mentores bien formados en educación ambiental y ecosocial. Por ello, es importante patrocinar planes e iniciativas artísticas en este sentido e instar por el trabajo colaborativo del arte, ampliando la oferta de proyectos ecosociales e interdisciplinares para lograr competencias en experiencia medioambiental, y, por consiguiente, adquirir conocimiento.

El arte no mejora el mundo, pero puede mejorar nuestras vidas. Las obras de arte no son bienes de primera necesidad, es sabido por todos, y, sin embargo, solo muy recientemente algunos artistas y organismos docentes y museísticos han asumido su responsabilidad de cara a la sostenibilidad, lo que lleva consigo innovaciones en la producción de obras artísticas, las cuales se convierten en rasgos de nueva época. Por ello es esencial que el arte establezca la contingencia del orden ecológico-social establecido, manifestando que los cambios son posibles: el artista, como ser vivo, puede ofrecer respuestas directas e inmediatas a la vida —superabundante o no— con su imaginación creadora y fraguar imaginarios alternativos que permitan renovar el imaginario colectivo.

7. REFERENCIAS

Asenjo Fernández, I. (2021). Arte contemporáneo y naturaleza. Anales de Historia del Arte, 31, 217-237. Ediciones Complutense. https://dx.doi.org/10.5209/anha.78057

Asenjo Fernández, I. (1993). Apuntes sobre el cambio, la consciencia medioambiental y el arte. Imaginar la transición hacia sociedades sostenibles, 23-32. Universitat Politècnica de València

Augé, M. (2004). ¿Por qué vivimos? Gedisa

Condorcet, N. (2004). Bosquejo de un cuadro histórico de los progresos del espíritu humano. Centro de Estudios Políticos y Constitucionales

Contreras Manfredi, H. (1993). Conservación de la naturaleza y sus recursos renovables. Educación ambiental para un desarrollo sustentable. Corporación Nacional Forestal de Santiago de Chile

Duarte, C. M. (coord.) (2006). Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. C.S.I.C.

Estenssoro Saavedra, J. F. (2007). Antecedentes para una historia del debate político en torno al medio ambiente: la primera socialización de la idea de crisis ambiental (1945-1972). Revista Universum, 22 (2), 92-111. Universidad de Talca

Grande, J. K. (2005). Diálogos arte y naturaleza. Fundación César Manrique

Guasch, A. M. (2016). El arte en la era de lo global (1989-2014). Alianza Editorial

Hu, W., Hao, Z., Du, P. et al. (2023). Genomic inference of a severe human bottleneck during the Early to Middle Pleistocene transition. Science, 381 (6661), 979-984. American Association for the Advancement of Science (A.A.A.S.). https://doi.org/10.1126/science.abq7487

Jacques Turgot, A. R. (2009). Reflexiones sobre la formación y la distribución de las riquezas. Unión Editorial

Malthus, T. R. (1846). Ensayo sobre el principio de la población. Establecimiento literario y tipográfico de D. Lucas González y compañía

Martínez Alier, J. (1993). Historia y Ecología "Temas de historia económico-ecológica". Ayer, (11), 19-48. Marcial Pons

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. y Behrens III, W. B. (1972). The Limits to Growth. A Report for The Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. Potomac

Meadows, D. L. et al. (1992). Más allá de los límites del crecimiento. El País/Aguilar

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. (2006). Los límites del crecimiento 30 años después. Galaxia Gutenberg/Círculo de Lectores

Parreño, J. M. (2022). Presentación. Por una democracia en que voten los árboles. Manual de primeros auxilios (artísticos) para un planeta herido, 9-21. Ediciones Asimétricas

Pennisi, E. (2023). Human Ancestors may have survived a brush with extinction 900,000 years ago. Science. A.A.A.S. Recuperado 08 septiembre 2023, de https://www.science.org/content/article/human-ancestors-may-have-survived-brush-extinction-900-000-years-ago

Real Academia Española. (2019). Superabundancia. En Diccionario de la lengua española. Recuperado 08 septiembre 2023, de https://dle.rae.es/superabundancia?m=form

Simon, J. L. (1996). The Ultimate Resource 2. Princeton University Press

Tupy, M. L. & Pooley, G. L. (2022). Superabundance. The Story of Population Growth, Innovation, and Human Flourishing on an Infinitely Bountiful Planet. Cato Institute

Wagensberg, J. (2003). Ideas sobre la complejidad del mundo. Tusquets

PROTOCOLO DEL ESTUDIO «*AMICS DE LA BICI*»: INTERVENCIÓN GAMIFICADA PARA AUMENTAR EL USO DE LA BICICLETA EN LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA

ISABEL M. MARTIN LOPEZ
Universitat de les Illes Balears

PERA ANTONI BORRAS ROTGER
Universitat de les Illes Balears

OLALLA GARCÍA TAIBO
Universidad Pontificia Comillas - CESAG

1. INTRODUCCIÓN

El aumento exponencial de las conductas sedentarias junto con la crisis climática actual, se han convertido en graves problemas que repercuten en la salud de las personas, comunidad y medio ambiente. Por ello, resulta necesario implementar actuaciones que contribuyan a generar cambios en los hábitos y estilo de vida.

En este sentido, numerosos estudios científicos han demostrado que desplazarse de forma activa mejora del estado físico, reduce el riesgo de mortalidad por todas las causas, morbilidad por cáncer, riesgo de eventos cardiovasculares, hipertensión, diabetes tipo 2, sobrepeso y obesidad (Oja et al., 2011). Además, esta conducta se asoció con mejor percepción de salud (física y mental), mayor vitalidad, bienestar y productividad en el trabajo (Page & Nilsson, 2017), así como con una menor percepción de estrés y sentimiento de soledad (Avila-Palencia et al., 2018). Adicionalmente, su uso en sustitución al uso de vehículo motorizado contribuye a la reducción del uso de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero, que son los principales contribuyentes al cambio climático (Portilla et al., 2019). Por lo tanto,

el desplazamiento activo representa una oportunidad para mejorar la salud individual y el medio ambiente. En este sentido, la ONU destacó al menos cuatro de los diecisiete ODS que implican la movilidad sostenible (ONU, 2015):

- ODS 7: Energía asequible y no contaminante.
- ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.
- ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.
- ODS 13: Acción por el clima.

A pesar de los beneficios de desplazarse de forma activa, según el Barómetro de la Bicicleta en España, únicamente el 3,7% de la población la utilizaba la bicicleta a diario como medio de transporte (GESOP, 2019). En la misma línea, en el «Estudio sobre el uso y la promoción de la bicicleta en las universidades españolas», señalaron que el principal medio de transporte utilizado era el vehículo motorizado privado de un solo conductor (38%) y únicamente el 4% se desplazaba en bicicleta (Bicicleta Club de Catalunya, 2012). En línea con estos resultados, estudios científicos recientes evidenciaron que la mayoría de los estudiantes universitarios se desplazaban de forma pasiva (Barranco-Ruiz et al., 2019; Cerro-Herrero et al., 2018; Chillón et al., 2016; Rissel et al., 2013).

Para lograr un cambio de conducta, la evidencia científica señala que las actuaciones dirigidas a generar un cambio en la conducta son más eficaces y tienen más probabilidad de beneficiar a las personas y comunidades si se basan en una teoría de comportamiento de salud (Epton et al., 2013; Glanz et al., 2008; Sevil-Serrano et al., 2020) y utilizan una o varias técnicas de cambio de comportamiento (Michie et al., 2015). En línea con las técnicas de cambio de comportamiento, expertos internacionales consensuaron una taxonomía de noventa y tres técnicas (Michie et al., 2013). Todas ellas cumplen las características siguientes:

- Tienen como objetivo cambiar el comportamiento.
- Se proponen como “ingredientes activos” de las intervenciones.

– Pueden usarse solas o combinadas con otras.

– Son observables y replicables.

– Pueden tener un efecto medible del comportamiento.

– Pueden o no tener una base de evidencia empírica establecida.

En línea con esto, Cugelman (2013) identificó siete técnicas de cambio de comportamiento en la gamificación. Por esta razón, se escogió la esta estrategia como fundamento para el diseño de la intervención «*Amics de la bici»* en la comunidad universitaria. A continuación, se expone una contextualización del marco teórico de la gamificación y de las recomendaciones en el diseño de intervenciones.

1.1. La gamificación

En su sentido más amplio, la gamificación se define como una estrategia basada en la aplicación de los elementos del diseño de juegos en contextos no jugables (Deterding et al., 2011). Esta estrategia ha sido utilizada en diferentes ámbitos para promover hábitos de vida saludables (Edwards et al., 2016b; Pérez López et al., 2017), para motivar y fomentar la práctica de AF (de Oliveira Santos et al., 2021; Schoeppe et al., 2016), mejorar el compromiso y la motivación hacia la práctica de AF y EF (Zhao et al., 2020) y fomentar el cambio modal (Coombes & Jones, 2016; Millonig et al., 2016; Yen et al., 2019).

Se han desarrollado diferentes marcos teóricos para fundamentar los principios y constructos de la gamificación. Entre los más destacados se encuentran: el modelo PBL, de sus siglas en inglés “Points, Badges, and Leaderboards” (Puntos, Insignias y Tablas de clasificación); el modelo de los tres niveles en pirámide de Werbach (dinámicas, mecánicas y componentes); el modelo MDE (Mecánicas, Dinámicas y Emociones) de Robson et al. (2015), el modelo SAPS de Gabe Zicherman, de las siglas en ingles “Status, Acces, Power and Stuff” (estado, acceso, poder y cosas); y el modelo Octalysis de Yu-Kai Chou (2016). Todos ellos tienen en común la inclusión de unos principios, mecánicas de juego y técnicas de cambio de comportamiento.

1.1.1. Principios de la gamificación

La gamificación se basa en unos principios y en unas mecánicas del juego para motivar la realización o evitación de una determinada conducta, que a su vez se ve incentivada a través del refuerzo y la respuesta motivacional de los individuos que participan en la experiencia. A continuación, se describen los principios del modelo MDE de Robson et al. (2015).

Mecánicas

Son las decisiones que toman los diseñadores para especificar los objetivos, reglas, escenario, contexto, tipos de interacciones entre los jugadores y los límites. Hay tres tipos de mecánicas: mecánicas de configuración (los objetos que se necesitan, como se distribuyen los jugadores y las características del entorno), mecánicas de reglas (el objetivo de la experiencia gamificada, las acciones que son permisibles, las restricciones), y mecánicas de progresión (los tipos de instrumentos que los diseñadores incorporan para afectar la experiencia dictan los refuerzos y las recompensas por los logros).

Dinámicas

Son los tipos de comportamientos que surgen a medida que los jugadores participan en la experiencia. Describen comportamientos en el juego y las interacciones que surgen durante el mismo, como son la cooperación (en mecánicas de configuración basadas en equipos) o la competencia (en una estructura de juego individual).

Emociones

Son los estados y reacciones afectivo-mentales que se producen en la participación de la experiencia. Son el producto de cómo los jugadores siguen las mecánicas del juego y generan dinámicas. Una experiencia gamificada tiene que orientarse a generar emociones de disfrute y diversión.

1.1.2. Técnicas de cambio de comportamiento en la gamificación

Cugelman (2013) identificó siete técnicas de cambio de comportamiento en las experiencias gamificadas: establecimiento de metas, capacidad para superar desafíos, retroalimentación sobre el desempeño, refuerzo y recompensa, comparar el progreso, conectividad social y diversión y alegría. Cada una de ellas presenta unos ingredientes de cambio de comportamiento, ilustradas en la Figura 1.

FIGURA 1. *Técnicas e ingredientes de cambio de comportamiento identificados en la gamificación por Cugelman (2013).*



Fuente: Cugelman (2013)

1.2. DISEÑO DE INTERVENCIONES

El diseño de intervenciones en el ámbito de la investigación requiere una fundamentación teórica, así como un modelo en el que basarse para resolver un problema concreto. En este sentido, la investigación basada en diseño se define como un tipo de investigación orientado hacia la innovación educativa para transformar una situación y resolver un problema concreto mediante el diseño de programas, materiales o

estrategias didácticas que se someten a pruebas, se validan y una vez mejorados se difunden a la realidad escolar (De Benito Crosetti & Salinas Ibáñez, 2016). Entre los modelos más utilizados en este tipo de investigaciones destacan: el modelo ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación, Evaluación), DACUM (Developing A Curriculum), SCID (Desarrollo Sistemático de Currículo Institucional), AMOD (Un modelo), IPECC (Iniciar, Planificar, Ejecutar, Controlar y Cerrar), SAM (Small aproximation Model). Así como señalaron De Benito Crosetti y Salinas Ibáñez (2016), las intervenciones realizadas bajo este enfoque metodológico tienen unas fases comunes: análisis o definición del problema, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. A continuación, se describen las orientaciones y recomendaciones en cada una de estas fases.

1.2.1. Fase de análisis

Una de las recomendaciones indicadas por la comunidad científica previo al diseño de un programa, es realizar un análisis previo del contexto de intervención. La finalidad de esta fase es identificar las necesidades específicas para que las actuaciones tengan mayor efectividad (Glanz et al., 2008). Por ello, Michie et al. (2011), indicaron que en la fase de análisis es fundamental conocer las características del objetivo conductual, la población objetivo y el contexto en el que se realizará la intervención.

En relación con la conducta del desplazamiento, previo a la elección de las medidas para su fomento se debería tener en consideración que la elección del modo de transporte de una persona está influencia por múltiples factores. Así, tal y como indican Abarca Sos et al. (2020), la comprensión de la mencionada conducta se tiene que abordar estudiando diferentes variables y aspectos psicológicos que complementen la explicación de la conducta (Abarca Sos et al., 2020). Por lo tanto, así como señala Portilla et al. (2019), es de gran importancia hacer un análisis del contexto para escoger las estrategias específicas y acordes a en cada uno de ellos, ya la percepción de motivaciones y barreras es diferente en función del tipo de usuario. Asimismo, previo al diseño de una intervención para fomentar el desplazamiento activo, Cerro-Herrero et al. (2018) indicaron la necesidad de analizar en profundidad las barreras

y en consecuencia adaptar las medidas para el entorno en cuestión (Cerro-Herrero et al., 2018). En la misma línea, previo al diseño de propuestas de intervención y con la finalidad de asegurar el éxito en la propuesta planteada, Ayala et al. (2017), señalaron la necesidad de realizar un análisis de viabilidad DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) y CAME (Corregir, Afrontar, Mantener, Explotar) de la variable de intervención (en este caso el desplazamiento activo) y del programa de intervención. Según Ayala et al. (2017), estos análisis tienen como objetivo corregir las debilidades, afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y explotar las oportunidades. Además, pueden ser de gran ayuda a la hora de replicar este tipo de programas de intervención en otros contextos diferentes (Ayala et al., 2017).

1.2.2. Fase de diseño

Desde el punto de vista de la medicina conductual basada en la evidencia, lo único que importaría en el diseño de intervenciones es si emplean principios o mecánicas que se han demostrado científicamente que influyen en los resultados de salud (Cugelman, 2013). En este sentido, según autor Barraca Mairal (2014), se deberían escoger las acciones que se realizarán para la modificar o reforzar la conducta objetivo.

Además de escoger las acciones y seleccionar el fundamento teórico, es necesario describir las características del programa. En este sentido, Sevil-Serrano et al (2020) indicaron la importancia de que las actividades que se programen sean accesibles y viables para todos los participantes, independientemente de su estatus socioeconómico, condición física, peso corporal o nivel de competencia motriz. Para ello, propusieron la existencia de varias categorías y/o niveles, ya que favorecerían la participación de mayor cantidad de población diana. Además, también señalaron la importancia de hacer partícipe a la población diana en el diseño, para poder adaptarlo a sus intereses y necesidades (Sevil-Serrano et al., 2020).

Por otro lado, en esta fase es fundamental diseñar las herramientas para evaluar la conducta y eficacia de la intervención. En relación a este tema, Ayala et al. (2017), recomiendan escoger un instrumento que

evalúe la conducta del desplazamiento activo que haya sido previamente utilizado en población española (Ayala et al., 2017).

1.2.3. Fase de desarrollo

La fase de desarrollo consiste en preparar las herramientas y el procedimiento que se seguirá durante la intervención. Entre estas se incluyen la difusión del programa y el reclutamiento de participantes. En relación con la difusión de los programas de intervención, Sevil-Serrano et al. (2020) recomendaron elaborar un tríptico o carta informativa que aporte información sobre la fecha de la actividad, lugar, horario, coste o formato de inscripción, para tratar de facilitar el modo de inscripción de las personas que quieran participar. La difusión a través de los paneles del centro y el monitor, así como a través de un posible blog o página web del programa de intervención pueden ser otras vías alternativas de comunicación (Sevil-Serrano et al., 2020). Adicionalmente, la comunicación a través de las redes sociales son fuertes determinantes en la adopción de los programas de intervención (Olstad et al., 2015). Por otro lado, para reclutar el mayor número de participantes posible, en el estudio de Bopp et al. (2019) utilizaron la estrategia del sorteo de un premio por contestar la primera encuesta de su investigación, en la que evaluación el modo de desplazarse hacia la universidad pre y post graduación (Bopp et al., 2019).

1.2.4. Fase de implementación

La fase de implementación se suele iniciar tras la recogida de una línea base, ya que servirá para contrastar los cambios futuros en la conducta después de la intervención (Barraca Mairal, 2014). En relación con la duración de esta fase, Sevil et al. (2020), apuntaron que un programa de intervención debería prolongarse suficientemente en el tiempo para poder modificar comportamientos tan complejos como es la práctica de AF, no obstante, la frecuencia con la que se realizan las diferentes acciones programadas cobra mayor importancia. En este sentido, Ayala et al. (2017) recomendaron una duración entre dos meses como mínimo y seis meses como máximo en las intervenciones de fomento del desplazamiento activo al instituto (Ayala et al., 2017). Sin embargo, Sevil-

Serrano et al. (2020), indicaron que no solo es importante la duración del programa, sino la frecuencia con la que se realizan las diferentes acciones programadas. Ayala et al. (2017), indicaron que una frecuencia de estímulo mensual era insuficiente para alentar el hábito del desplazamiento activo hacia el centro escolar. Por ello, recomendaron una frecuencia entre uno y dos estímulos semanales. En la misma línea, Villa-Gonzalez et al. (2016) recomendaron al menos una actividad semanal para integrar el hábito del desplazamiento activo al colegio (Villa-González et al., 2016).

En relación a los grupos de participantes, en los programas de intervención con un diseño experimental o cuasi-experimental, el grupo control (GC) no participa ni se beneficia de las acciones derivadas del propio programa. Siguiendo con las estrategias propuestas por Sevil-Serrano et al. (2020), para facilitar la participación de este GC, una vez finalizada la intervención, se pueden realizar diferentes acciones como contraprestación, no obstante, en el caso de realizar evaluaciones de seguimiento a corto, medio o largo plazo, es aconsejable no implementar estrategias del programa de intervención en el grupo control hasta que no finalicen estas mediciones.

1.2.5. Fase de evaluación

Según Sonan Shan et al. (2017), la fase de evaluación es necesaria para determinar la eficacia de las intervenciones y retroalimentar el proceso (Sonam Shah et al., 2017). Utilizar herramientas validadas para evaluar programas de promoción de comportamientos saludables permite evaluar la eficacia, la fidelidad de la intervención llevada a cabo y el grado de sostenibilidad en el tiempo. Ayala et al. (2017) recomendaron utilizar instrumentos, como por ejemplo cuestionarios, que hayan sido previamente utilizados con éxito en población española (Ayala et al., 2017). Además, indicaron que se deberían completar al iniciar y finalizar cada curso académico para tener una evaluación continua del modo de desplazamiento. Asimismo, Villa-Gonzalez et al. (2016) indicaron que, para evaluar determinados comportamientos de salud, como el desplazamiento activo, es necesario que se realicen medidas de evaluación más allá de la medida inicial y final de la intervención, incluyendo al

menos una medida a largo plazo o re-test con el fin de evaluar este comportamiento a largo plazo (Villa-González et al., 2016).

Otra de las recomendaciones en la evaluación de los programas de promoción de comportamientos saludables es evaluar los efectos en función del género, el estatus socioeconómico, el IMC u otras posibles variables sociodemográficas que podrían afectar a las variables dependientes del estudio. Además de evaluar el programa mediante medidas objetivas como cuestionarios, es importante complementar la recogida de datos con otros instrumentos de la metodología cualitativa, como son entrevistas individuales, técnicas de foto voz, grupos de discusión o grupos focales (Sevil-Serrano et al., 2020).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Diseñar el protocolo de una intervención gamificada para aumentar el uso de la bicicleta en la comunidad universitaria.

2.2. Objetivos específicos

- Describir las fases realizadas durante todo el proceso.
- Identificar las limitaciones y fortalezas del estudio.

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño

La intervención «*Amics de la bici*» está constituida por un estudio observacional de corte transversal con un diseño de carácter descriptivo y por un diseño prospectivo y cuasiexperimental con grupo control. El protocolo de estudio describe el proceso realizado durante la investigación.

3.2. Población y muestra

El universo de estudio lo conformó la comunidad universitaria de la Universidad de las Islas Baleares, de la que formaron parte como

unidades de análisis el alumnado, y el personal trabajador (docente e investigador, PDI, y el personal administrativo y servicios, PAS). Los criterios de inclusión establecidos para seleccionar la muestra de la investigación fueron: ser miembro de la comunidad universitaria de la UIB, y tener buen dominio de la lengua española.

El tipo de muestreo utilizado fue un muestreo no probabilístico por conveniencia. El tamaño muestral se calculó en relación al número total de la población universitaria del curso académico 2020-2021 (N= 13.943). Asumiendo un margen de error α del 5% y una confianza (1α) del 95% (IC 95%), se estimó un tamaño muestral total de al menos 374 unidades de análisis. Por otro lado, para calcular el tamaño muestral de la interevención, se realizó un muestreo no probabilístico mediante la técnica de muestreo estructural. Los criterios que permitieron estructurar y definir las unidades de muestreo fueron: sexo, tipo de colectivo y el modo de participación (GI y GC). Representando estos criterios, se estableció una muestra formada por un mínimo de 36 unidades de análisis.

3.3. Medidas e instrumentos

Los instrumentos de recogida de datos de la intervención fueron: dos cuestionarios (el cuestionario «*Amics de la bici*» pre y post intervención), una entrevista semiestructurada y el software y app *Ciclogreen.*

El cuestionario «*Amics de la bici*» lo rellenaron todos los participantes del estudio para conocer la línea base de las variables de estudio previo a la implementación. El cuestionario se estructuró en seis apartados: 1) datos sociodemográficos, 2) variables individuales, 3) modo de desplazamiento, 4) barreras del desplazamiento activo hacia la universidad, 5) tipo, frecuencia y factores de influencia en el uso de la bicicleta, y 6) diseño de actuaciones para fomentar el desplazamiento activo en la universidad (apartado voluntario). Las variables de estudio para conocer la efectividad de la intervención gamificada fueron: tipo y frecuencia de uso de la bicicleta, modo de desplazamiento hacia la universidad y NAF. El resto de las variables recogidas en el cuestionario se analizaron en otros estudios para conocer los motivos y barreras con mayor influencia en el desplazamiento activo y uso de la bicicleta hacia la

universidad, así como las medidas y estrategias más adecuadas para su fomento en la universidad.

El cuestionario post intervención «*Amics de la bici*» tuvo los mismos apartados que el cuestionario inicial para poder comparar las variables de estudio y así la efectividad de la intervención. Adicionalmente, al GI se les incluyó un apartado de cinco preguntas con respuesta cerrada para conocer la percepción de dificultad de los retos, su motivación durante el programa, adecuación de la app utilizada, frecuencia de mensajes recibidos durante el programa, y la influencia de los mismos.

La entrevista la realizaron participantes de forma voluntaria para profundizar el conocimiento sobre los factores que influyen en el uso de la bicicleta como medio de transporte hacia la universidad y conocer las estrategias o actuaciones para promover su uso.

Por otro lado, el software y app de *Ciclogreen* permitieron medir de forma objetiva la cantidad de km de los trayectos realizados en bicicleta y así, evaluar la experiencia gamificada. La licencia contratada contaba con el acceso a un panel de control, que posibilitó el diseño de los retos, la inclusión de la imagen institucional de la universidad y el logo del programa, la gestión de las recompensas y premios, así como la visualización de los datos registrados de los participantes del GI en tiempo real (número total de kilómetros recorridos y kilógramos de CO2 ahorrados). Además, permitió el seguimiento y visualización de la posición en el ranquin de cada uno de los colectivos que participaron en el programa en cada reto propuesto. Adicionalmente, cada participante tenía acceso a la información de cada uno de los trayectos realizados en bicicleta: tiempo transcurrido, las kilocalorías consumidas, y los kilógramos de CO2 y euros ahorrados.

3.4. PROCEDIMIENTO

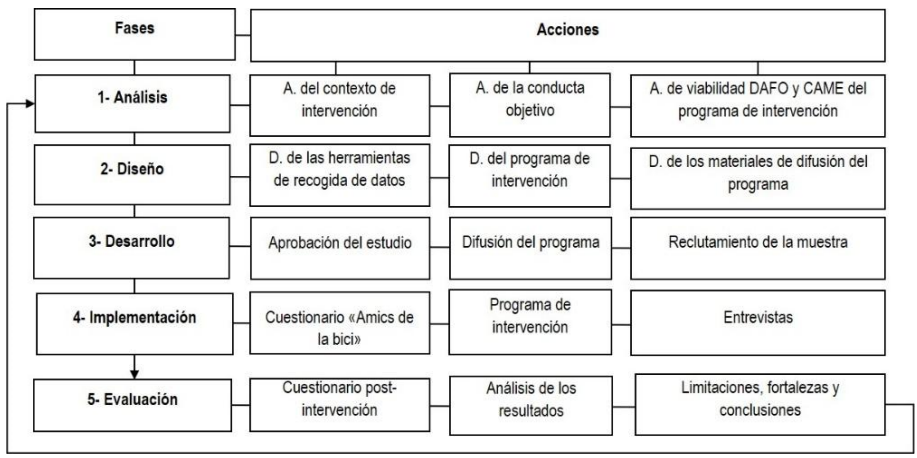
La investigación se inició en la UIB durante el curso académico 2020-2021 a raíz de la línea de actuación «Fomento del desplazamiento activo y la promoción del uso de la bicicleta como medio de transporte hacia la universidad», perteneciente al proyecto de promoción y desarrollo de la actividad física y deporte en la comunidad universitaria y

subvencionado, en parte, por la Conserjería de Asuntos Sociales y Deporte de las Islas Baleares. Dicha línea de actuación fue vehiculada a través de la Oficina de Universidad Saludable y Sostenible, perteneciente al Vicerrectorado de Campus y Universidad Saludable.

El Comité de Ética de la Investigación de la UIB (Comitè d'Ètica de la Recerca, CER) aprobó el diseño y consentimiento informado del estudio el 11 de febrero de 2021, con la referencia 172CER20.

Las fases de la investigación se estructuraron en cinco fases, teniendo de referencia el modelo ADDIE: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. A continuación, se describe cada una de acciones realizadas en las fases del protocolo de estudio de la intervención «Amics de la bici», ilustradas en la Figura 2.

FIGURA 2. *Fases y acciones llevadas a cabo en el protocolo de estudio del programa «Amics de la bici»*

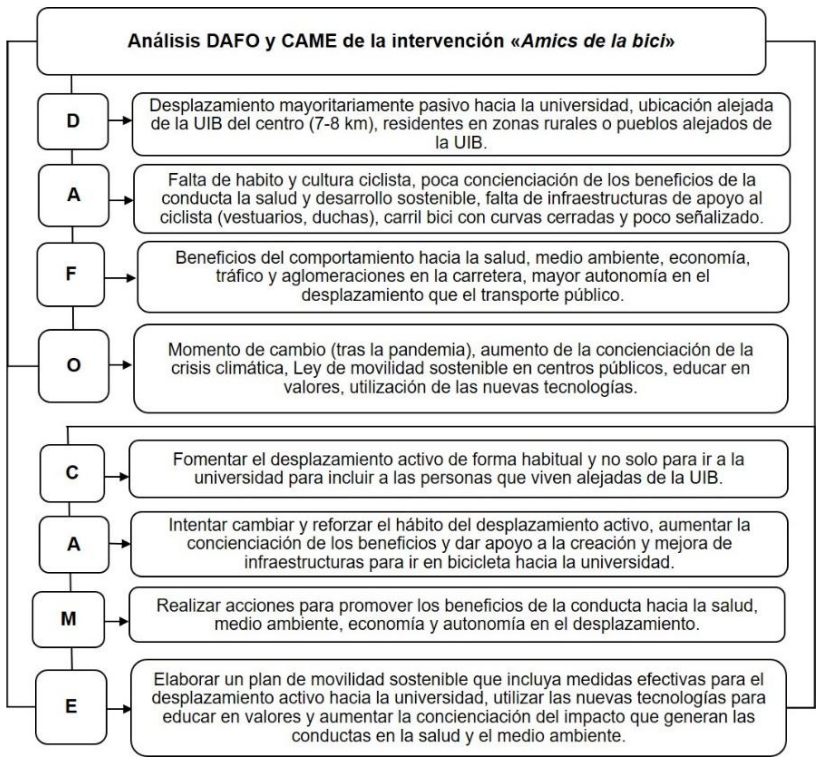


3.4.1. Fase de análisis

Atendiendo a las orientaciones y recomendaciones encontradas en la literatura, en esta fase se realizaron tres análisis: del contexto de intervención (UIB), de la conducta objetivo (desplazamiento activo /en bicicleta), y el análisis de viabilidad del programa de intervención. En el primero de ellos se describieron las características y ubicación de la

universidad. A continuación, se realizó un análisis de la literatura sobre la conducta específica que permitió escoger el marco teórico en el que fundamentar la intervención y las herramientas de recogida de datos. Finalmente, atendiendo las recomendaciones de Ayala et al. (2017), se realizó un el análisis de viabilidad DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) y CAME (Corregir debilidades, Afrontar amenazas, Mantener fortalezas y Explotar las oportunidades) del programa de intervención. En la Figura 3 se muestra el análisis DAFO y CAME del programa «*Amic de la bici*».

FIGURA 3. *Análisis DAFO y CAME de la intervención «Amic de la bici»*



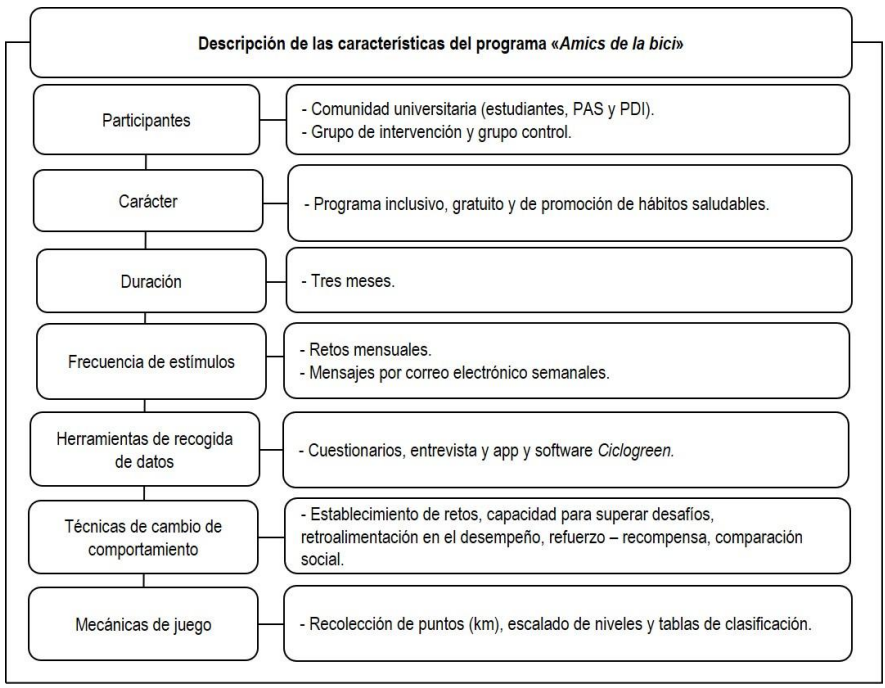
3.4.2. Fase de diseño

En esta fase se diseñaron las herramientas de recogida de datos y el programa de intervención, así como los materiales de difusión del

programa. Por un lado, se diseñó el cuestionario «*Amics de la bici*» y un guion de preguntas de una entrevista semiestructurada para obtener información sobre los factores que influyen en el comportamiento del desplazamiento activo y en bicicleta de la comunidad universitaria, ambos partiendo desde un enfoque ecológico.

Por otro lado, la intervención se fundamentó en la estrategia de la gamificación y cinco de las técnicas de cambio de comportamiento que la sustentan. En la Figura 5 se establecen las características del programa «*Amics de la bici*».

FIGURA 5. *Descripción de las características del programa «Amics de la bici».*



A continuación, se describen las cinco técnicas de cambio de comportamiento utilizadas en el programa: establecimiento de metas, capacidad para superar desafíos, recompensas / refuerzo, comparación social y retroalimentación sobre el desempeño.

Establecimiento de metas

El objetivo principal de la intervención consistía en usar la bicicleta para desplazarse. Los participantes se comprometieron a conseguir esta meta al formar parte del estudio. Para ello, firmaron el consentimiento informado y se descargaron la app de *Ciclogreen* para registrar todos los trayectos realizados en bicicleta.

Capacidad para superar desafíos

Los desafíos se planificaron con el objetivo de incrementar el uso de la bicicleta de forma paulatina. Para ello, se utilizó el principio de progresión en tres niveles y se establecieron tres retos. Los retos consistían en alcanzar un número determinado de km en bicicleta al mes (podían realizarse en bicicleta convencional o eléctrica). En el primero de los retos se estableció una acumulación de 20 km semanales, en el segundo 35 km y en el tercero 45 km. Los participantes podían gestionar el tiempo y distancia que considerasen más acorde a sus características y oportunidades para la consecución de los retos.

Retroalimentación en el desempeño

La app de *Ciclogreen* permitió que los participantes tuvieran el control inmediato de los resultados y datos de sus trayectos: mapa del recorrido, tiempo transcurrido, distancia (km), calorías consumidas, número de ciclos del trayecto, Kg de CO2 y euros ahorrados. La app utiliza la técnica de acumulación de puntos a través de ciclos. Es decir, por cada trayecto, en función de la distancia y el medio de transporte escogido otorgan un número determinado de puntos. En el caso de esta intervención, como el único medio de transporte que contabilizaba fue la bicicleta, se hizo uso de los km como indicador.

Recompensas / refuerzo

Se utilizó la técnica de refuerzo positivo de duración fija. Es decir, la recompensa se produce después de que la conducta aparezca de forma continua durante un periodo de tiempo. En este caso, los participantes tenían un tiempo determinado (un mes) para conseguir cada uno de los

retos. En este periodo de tiempo podían acumular los km en bicicleta de la forma que escogieran, incluso podían superar la cantidad establecida. Una vez finalizado el tiempo establecido, se realizaba el sorteo del premio entre las personas que lo consiguieron (refuerzo extrínseco). Se sortearon un total de cuatro premios: reto 1, reto 2, reto 3 y otro entre los participantes que consiguieron alcanzar los tres retos. La persona que ganaba el sorteo podía escoger un premio del catálogo de premios de *Ciclogreen* valorado en cincuenta euros. Además, a todos los participantes que finalizaron el programa y consiguieron los retos se les obsequió con una bolsa que contenía una camiseta deportiva, un estuche porta cubiertas de bicicleta y una herramienta saca cubierta para la bicicleta. Por otro lado, los participantes podían experimentar recompensas intrínsecas al lograr los desafíos personales y retos propuestos. Así como el placer por la actividad de desplazarse en bicicleta per se.

Comparación social

La app *Ciclogreen* permitió que los participantes pudieran comparar la cantidad de km que realizaban con el resto de participantes en tiempo real. Para ello, se podía visualizar el ranquin respecto a los km realizados por el resto de los participantes y también entre los grupos (estudiantes, PAS y PDI), tanto en la app como en la página web.

3.4.3. Fase de desarrollo

En esta fase se envió el informe de la investigación y el consentimiento informado al Comité de Ética de investigación de la UIB y se desarrollaron las estrategias de difusión del programa para el reclutamiento de participantes.

La difusión del programa se realizó a través de vías de comunicación en línea y de manera presencial. Por un lado, se contó con el apoyo del Servicio de Identidad Visual de la UIB, quién hizo difusión del programa a través de la *newsletter* para el PAS y PDI. Adicionalmente, se hizo difusión mediante los canales digitales de la Oficina de Universidad Saludable y Sostenible: página web (www.ousis.cat), y redes sociales (Instagram, Facebook y Twitter), así como a través de la página web diseñada para el programa (www.amicsdelabici.com).

Por otro lado, durante la Semana Europea de la Movilidad, se organizó una carpa informativa junto a una exposición de bicicletas a cargo de Decathlon. Este día, las personas podían firmar el consentimiento informado para participar en el estudio de forma presencial.

Para reclutar al mayor número de personas se utilizó la estrategia utilizada por Bopp et al. (2019) de sortear un premio entre los que contestaran el cuestionario. En este caso, utilizó el sorteo de una bicicleta plegable entre todas las personas que participaran en el estudio. El sorteo se realizó el día Mundial de la bicicleta.

Además, se contó con la ayuda de varios profesores que prestaron 20 minutos de sus clases para poder explicar el estudio y que el alumnado participara de forma voluntaria.

Las personas que accedieron a participar en la investigación a través de canales digitales firmaron el consentimiento informado y contestaron el cuestionario a través del enlace web enviado a través del correo electrónico. Las personas que lo hicieron de forma presencial firmaron el consentimiento informado en papel y accedieron al cuestionario a través de un QR. Los participantes podían escoger su modo de participación en el consentimiento informado. En éste, tenían dos opciones de participación: participación activa o pasiva.

- Participación activa: consistía en contestar al cuestionario «*Amics de la bici*», participar en el programa de intervención (descargándose una app móvil y registrando los km recorridos en bicicleta) y contestar un cuestionario post intervención. De forma voluntaria, también podían participar en entrevistas como informantes clave.

- Participación pasiva: consistía en contestar el cuestionario «*Amics de la bici*». De forma voluntaria, también podían participar en las entrevistas.

3.4.4. Fase de implementación

La intervención tuvo una duración de tres meses. El programa se inició el 1 de marzo y finalizó el 31 de mayo del año 2021. Durante estos tres

meses, los participantes que accedieron a participar de "forma activa" (GI) tuvieron que registrar todos los desplazamientos que realizasen en bicicleta mediante la app móvil. Para ello, se tuvieron que descargar la app de *Ciclogreen* y registrarse en la aplicación seleccionando la organización (Universitat de les Illes Balears), mediante su correo electrónico y la contraseña proporcionada «uibwin2021». Antes de iniciar cada trayecto en bicicleta tenían que abrir la app y pulsar el botón de inicio para que ésta quedara registrada y contabilizase en la suma de km para la consecución de los retos. Durante estos tres meses, los participantes tuvieron que registrar sus trayectos en bicicleta para conseguir los tres retos propuestos. Además, de forma semanal se enviaron mensajes a través de correo electrónico. Los mensajes eran principalmente informativos sobre el desarrollo del programa (por ejemplo: se comunicaba la cantidad de km totales recorridos por todos los participantes, los ganadores del sorteo). Otros mensajes tenían la finalidad de aumentar la concienciación y sensibilización con la temática y reforzar la adherencia a la intervención (por ejemplo: se compartían las ventajas y beneficios del uso de la bicicleta como modo de movilidad urbana personal).

Durante este período el GC no participó ni recibió ningún mensaje a través del correo electrónico, únicamente la invitación a participar en las entrevistas como informantes clave. Las personas que accedieron a ello se citaron de forma presencial en la universidad para grabar las entrevistas para su posterior transcripción.

3.4.5. Fase de evaluación

Al finalizar el programa de intervención, en el mes de junio de 2021, se les envió el cuestionario «*Amics de la bici*» a todos los participantes. Al GI se le envió el cuestionario post intervención con un apartado de preguntas complementario para evaluar el programa de intervención. A continuación, se procedió al análisis de los datos para evaluar la intervención y responder a las hipótesis y objetivos de la investigación. Finalmente, se establecieron las limitaciones, fortalezas y conclusiones de la investigación.

4. DISCUSIÓN

Este protocolo de estudio describe el proceso llevado a cabo para diseñar, implementar y evaluar una intervención gamificada para fomentar el desplazamiento en bicicleta en la comunidad universitaria. Se han implementado numerosas intervenciones para fomentar el desplazamiento en bicicleta en diferentes contextos, cada una de ellas con unas características y protocolo específico. Sin embargo, no encontramos ningún protocolo que describiera una intervención gamificada en la comunidad universitaria.

En la fase de análisis de viabilidad de la intervención encontramos cinco fortalezas y cinco oportunidades, frente a tres debilidades y cuatro amenazas, por lo que consideramos que el desplazamiento activo es una variable fuerte y oportunista para intervenirla, del mismo modo que señalaron Ayala et. (2017), en cuyo análisis encontraron cuatro fortalezas y siete oportunidades frente a cero debilidades y dos amenazas.

En la fase de diseño, nos fundamentamos en un enfoque ecológico y en las técnicas de cambio de comportamiento utilizadas en la gamificación. Otras intervenciones como el proyecto ACTS (Smart City Active Mobile Phone Intervention) llevado a cabo en un centro de escolar en Alemania para fomentar el desplazamiento en bicicleta hacia el colegio y aumentar los NAF, se basaron en la teoría de la autodeterminación y el modelo socio ecológico, además, utilizaron 27 técnicas de cambio de conducta (Schönbach et al., 2021). Del mismo modo, en el proyecto PACO y PACA (Pedalea y Anda al Cole y Pedalea y Anda a Casa) también se basaron en algunos factores de la teoría de la autodeterminación y el modelo socio ecológico (Chillón et al., 2021). A diferencia del anterior proyecto, este se fundamentó en la metodología *Bikeability* (herramienta para fomentar el uso de la bicicleta en el alumnado de centros de secundaria) (Salto C, Aranda-Balboa MJ, Gálvez-Fernández P, Herrador- Colmenero M, 2019). Por otro lado, el proyecto STARS, implementado con el objetivo de generar un cambio de las pautas de movilidad de los estudiantes de primaria y secundaria, se fundamentó en dos metodologías: una metodología basada en las teorías del aprendizaje social de Bandura en los centros de secundaria y un sistema de

acreditación en niveles en los centros de primaria. En la mayoría de los protocolos de las intervenciones no se especifican ni describen las técnicas de cambio de comportamiento utilizadas. No obstante, en algunos citan la utilización de incentivos (reforzamiento), capacitación, retroalimentación y compromiso entre las más relevantes.

La fase de desarrollo no se especifica como tal en ningún protocolo, pero la mayoría de los estudios realizan acciones similares a las citadas en nuestro protocolo: aprobación del estudio por parte del Comité de Ética, selección y reclutamiento de la muestra, y difusión de la intervención. En cuanto al proceso de difusión, muchas de las intervenciones utilizan medios de comunicación, página web específica, materiales promocionales comunes (folletos, carteles), focalización directa a partes interesadas locales y uso de redes sociales, como por ejemplo en el proyecto PASTA.

En la fase de implementación todos los protocolos analizados coinciden en evaluar la línea base de la conducta mediante un cuestionario inicial. En cuanto a la duración de las intervenciones analizadas, tuvieron una duración variada, entre cuatro y veinte semanas. En los proyectos realizados en el instituto y escuela, como por ejemplo el proyecto PACO y PACA, y Con bici al cole, las actividades se incluyen en el currículo en las clases de educación física o artes plásticas y se realizan con una frecuencia semanal. A diferencia de la mayoría de las intervenciones, en el proyecto STARS son un grupo de estudiantes de secundaria los que lideran las actividades "los embajadores de la movilidad". Este enfoque es interesante a nivel de participación de los agentes implicados, así como recomendaron Sevil et al. (2020). En relación al momento de inicio de la intervención, la preparación suele coincidir con inicio el curso académico en la mayoría de ellas. La Semana Europea de la Movilidad (del 16 al 21 de septiembre) podría ser un buen momento de inicio para las campañas de difusión y concienciación. Nuestra intervención se inició en marzo, teniendo en cuenta los factores medioambientales y el tiempo necesario en las fases anteriores. Del mismo modo, el proyecto STARS también inició la puesta en práctica de sus actividades el mes de marzo. En relación con el uso de app y tecnologías, utilizamos la app *Ciclogreen* para poder medir los trayectos realizados en bicicleta

de forma objetiva. Otras intervenciones como *PASTA* (Physical Activity through Sustainable Transport Approaches) también utilizaron herramientas, como la *app moves*, GPS y acelerómetros.

Por otro lado, además de la recogida de datos mediante el cuestionario inicial y tecnología de la información, también realizamos entrevistas semiestructuradas a informantes clave. Esta herramienta tambien la utilizaron en el estudio *Connect*□(llevado a cabo por una organización de transporte sostenible con el objetivo de mejorar y construir rutes locales para caminar e ir con la bicicleta en 79 zonas del Reino Unido) (Ogilvie et al., 2012).

En relación a la evaluación, todos los proyectos tuvieron una fase de evaluación en común, la mayoría con el cuestionario de seguimiento post intervención. Por ejemplo, en el proyecto Switch se realizó una evaluación cuantitativa (se comparó la conducta de desplazamiento y NAF previó a la información recibida y meses después de la campaña mediante cuestionarios pre y post intervención) y evaluación cualitativa (informes de proceso y sesiones de trabajo con los participantes) (Swennen et al. 2016). La mayoría de estudios enviaron el mismo cuestionario inicial para comparar el efecto de la intervención. Son pocas las que evaluaron el efecto de la intervención a largo plazo. En este aspecto cabe destacar el estudio iConnect (Impact of COnstructing Non-motorized Networks and Evaluates Changes in Travel) se realizó para medir y evaluar los desplazamientos, AF y los impactos de CO2 del programa Connect2 al cabo de cinco años (Ogilvie et al., 2011).

Para concluir, la descripción detallada de cómo se planificó la intervención permite detectar las limitaciones y fortalezas del estudio, ya se muestra la transparencia del procedimiento y se contribuye a que puedan ser replicada y mejorada.

5. CONCLUSIONES

El modelo ADDIE es una herramienta útil para estructurar las intervenciones y programas para fomentar el desplazamiento activo de camino a la universidad. La descripción de las fases de este protocolo puede servir

como guía para el diseño de intervenciones similares y contribuir así, al aumento de los NAF y la consecución de los ODS de la Agenda 2030.

7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Los autores agradecemos el trabajo realizado a la Oficina de Universidad Saludable y Sostenible, vinculada al Vicerrectorado de Campus y Universidad Saludable de la UIB y al Consejo de Asuntos Sociales y Deporte de las Islas Baleares, quién subvencionó el programa «*Amics de la bici*». Damos las gracias también a todas las personas que participaron en el estudio.

8. REFERENCIAS

Abarca Sos, A., Gallardo, L. O., Generelo Lanaspa, E., Julián Clemente, J. A., & Zaragoza Casterad, J. (2020). ¿Difieren las influencias personales, sociales, ambientales y psicológicas en la actividad física en base al tipo desplazamiento al centro escolar? Universitas Psychologica, 18(4), 1–11. https://doi.org/10.11144/javeriana.upsy18-4.dips

Avila-Palencia, I., Panis, L. I., Dons, E., Gaupp-berghausen, M., Raser, E., & Götschi, T. (2018). The effects of transport mode use on self-perceived health, mental health, and social contact measures : a cross-sectional and longitudinal study. 1–15.

Ayala, I. G., Villa-González, E., Barraco-Ruiz, Y., & Chillón, P. (2017). Innovación educativa para el fomento del desplazamiento activo al instituto: análisis de viabilidad y propuesta de intervención. Trances, 9(3), 493–510.

Barraca Mairal, J. (2014). Técnicas de modificación de conducta: una guía para su puesta en práctica.

Barranco-Ruiz, Y., León, C. C., Villa-González, E., Leal, X. P., Chillón, P., & Rodríguez-Rodríguez, F. (2019). Active commuting to university and its association with sociodemographic factors and physical activity levels in chilean students. Medicina (Lithuania), 55(5). https://doi.org/10.3390/medicina55050152

Bicicleta Club de Catalunya, B. (2012). Estudio sobre el uso y la promoción de la bicicleta en las universidades españolas.

Bopp, M., Wilson, O. W. A., Duffey, M., & Papalia, Z. (2019). An examination of active travel trends before and after college graduation. Journal of Transport and Health, 14(July), 100602. https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100602

Cerro-Herrero, D., Vaquero-Solis, M., Sánchez-Miguel, P., & Prieto-Prieto, J. (2018). Barreras percibidas por los estudiantes en el desplazamiento al centro educativo: un estudio piloto en niveles postobligatorios. Trances, 10(1), 361–376.

Chillón, P., Gálvez-Fernández, P., Javier Huertas-Delgado, F., Herrador-Colmenero, M., Barranco-Ruiz, Y., Villa-González, E., Aranda-Balboa, M. J., Saucedo-Araujo, R. G., Campos-Garzón, P., Molina-Soberanes, D., Segura-Díaz, J. M., Rodríguez-Rodríguez, F., Lara-Sánchez, A. J., Queralt, A., Molina-García, J., Bengoechea, E. G., & Mandic, S. (2021). A school-based randomized controlled trial to promote cycling to school in adolescents: The paco study. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(4), 1–21. https://doi.org/10.3390/ijerph18042066

Chillón, P., Molina-García, J., Castillo, I., & Queralt, A. (2016). What distance do university students walk and bike daily to class in Spain. Journal of Transport and Health, 3(3), 315–320. https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.06.001

Cugelman, B. (2013). Gamification: What it is and why it matters to digital health behavior change developers. JMIR Serious Games, 1(1). https://doi.org/10.2196/games.3139

De Benito Crosetti, B., & Salinas Ibáñez, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa, 0, 44–59. https://doi.org/10.6018/riite2016/260631

Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L. E., & Dixon, D. (2011). Gamification: toward a definition. In Conference on Human Factors in Computing Systems (Vol. 300). https://doi.org/10.1007/978-3-642-13959-8_1

Dons, E., Götschi, T., Nieuwenhuijsen, M., De Nazelle, A., Anaya, E., Avila-Palencia, I., Brand, C., Cole-Hunter, T., Gaupp-Berghausen, M., Kahlmeier, S., Laeremans, M., Mueller, N., Orjuela, J. P., Raser, E., Rojas-Rueda, D., Standaert, A., Stigell, E., Uhlmann, T., Gerike, R., & Int Panis, L. (2015). Physical Activity through Sustainable Transport Approaches (PASTA): protocol for a multi-centre, longitudinal study Energy balance-related behaviours. BMC Public Health, 15(1). https://doi.org/10.1186/s12889-015-2453-3

Epton, T., Norman, P., Sheeran, P., Harris, P. R., Webb, T. L., Ciravegna, F., Brennan, A., Meier, P., Julious, S. A., Naughton, D., Petroczi, A., Dadzie, A. S., & Kruger, J. (2013). A theory-based online health behavior intervention for new university students: study protocol. BMC Public Health, 13(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-107

Gerike, R., De Nazelle, A., Nieuwenhuijsen, M., Panis, L. I., Anaya, E., Avila-Palencia, I., Boschetti, F., Brand, C., Cole-Hunter, T., Dons, E., Eriksson, U., Gaupp-Berghausen, M., Kahlmeier, S., Laeremans, M., Mueller, N., Orjuela, J. P., Racioppi, F., Raser, E., Rojas-Rueda, D., … Götschi, T. (2016). Physical Activity through Sustainable Transport Approaches (PASTA): A study protocol for a multicentre project. BMJ Open, 6(1). https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009924

GESOP. (2019). Barómetro de la bicicleta en España.

Glanz, K., Rimer, B. K., & Viswanath, K. (2008). Health Behavior and Health Education: Theory, Research, and Practise (Issue January).

Michie, S., Richardson, M., Johnston, M., Abraham, C., Francis, J., Hardeman, W., Eccles, M. P., Cane, J., & Wood, C. E. (2013). The behavior change technique taxonomy (v1) of 93 hierarchically clustered techniques: Building an international consensus for the reporting of behavior change interventions. Annals of Behavioral Medicine, 46(1), 81–95. https://doi.org/10.1007/s12160-013-9486-6

Michie, S., van Stralen, M. M., & West, R. (2011). The behaviour change wheel: A new method for characterising and designing behaviour change interventions. Implementation Science, 6(1). https://doi.org/10.1186/1748-5908-6-42

Ogilvie, D., Bull, F., Cooper, A., Rutter, H., Adams, E., Brand, C., Ghali, K., Jones, T., Mutrie, N., Powell, J., Preston, J., Sahlqvist, S., & Song, Y. (2012). Evaluating the travel, physical activity and carbon impacts of a "natural experiment" in the provision of new walking and cycling infrastructure: Methods for the core module of the iConnect study. BMJ Open, 2(1), 1–13. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2011-000694

Ogilvie, D., Bull, F., Powell, J., Cooper, A. R., Brand, C., Mutrie, N., Preston, J., & Rutter, H. (2011). An applied ecological framework for evaluating infrastructure to promote walking and cycling: The iconnect study. American Journal of Public Health, 101(3), 473–481. https://doi.org/10.2105/AJPH.2010.198002

Oja, P., Titze, S., Bauman, A., de Geus, B., Krenn, P., Reger-Nash, B., & Kohlberger, T. (2011). Health benefits of cycling: A systematic review. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 21(4), 496–509. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01299.x

Olstad, D. L., Campbell, E. J., Raine, K. D., & Nykiforuk, C. I. J. (2015). A multiple case history and systematic review of adoption, diffusion, implementation and impact of provincial daily physical activity policies in Canadian schools. BMC Public Health, 15(1). https://doi.org/10.1186/s12889-015-1669-6

ONU. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development. In United Nations General Assembly (Vol. 15900). http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S

Page, N. C., & Nilsson, V. O. (2017). Active Commuting:Workplace Health Promotion for Improved Employee Well-Being and Organizational Behavior. Frontiers in Psychology, 7, 1994. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01994 Active

Portilla, Á. I., Berodia, J. L. M., Dell'Olio, L., Collantes, P. C., Orden, H. G., Pérez, L. Ca., Arce, M. R., &... (2019). Probici. Guía de la movilidad ciclista. Métodos y técnicas para el fomento de la bicicleta en áreas urbanas. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9).

Rissel, C., Mulley, C., & Ding, D. (2013). Travel mode and physical activity at Sydney University. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10(8), 3563–3577. https://doi.org/10.3390/ijerph10083563

Robson, K., Plangger, K., Kietzmann, J. H., McCarthy, I., & Pitt, L. (2015). Is it all a game? Understanding the principles of gamification. Business Horizons, 58(4), 411–420. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.006

Salto C, Aranda-Balboa MJ, Gálvez-Fernández P, Herrador- Colmenero M, C. P. (2019). Proyecto de innovación educactiva para la ESO: "Manual de intervención Bikeability." In Habilidad motriz (Vol. 52).

Schönbach, D. M. I., Chillón, P., Marques, A., Peralta, M., & Demetriou, Y. (2021). Study Protocol of a School-Based Randomized Controlled Trial to Promote Cycling to School Among Students in Germany Using Intervention Mapping: The ACTS Project. Frontiers in Public Health, 9(August). https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.661119

Sevil-Serrano, J., Abós, Á., Aibar, A., Simón-Montañés, L., & García-González, L. (2020). Orientaciones para la comunidad científica sobre el diseño, implementación y evaluación de intervenciones escolares sobre promoción de comportamientos saludables. Cultura Ciencia y Deporte, 15(46), 505–515. https://doi.org/10.12800/ccd.v15i46.1601

Sonam Shah, K., ALlison, K., Shoueri-Mychasiw, N., Pach, B., Manson, H., & Vu-Nguyen, K. (2017). A Review of Implementation Outcome Measures of School-Based Physical Activity interventions. Journal of School Health, 87(6).

Swennen, B., Baltatzi, E., Panozzo, N., Mayne, K., Unbehaun, W., & Gaupp-Berghausen, Ma. (2016). SWITCH Project.

Villa-González, E., Ruiz, J. R., & Chillón, P. (2016). Recomendaciones para implementar intervenciones de calidad de promoción del desplazamiento activo al colegio. Retos, 2041(30), 159–161.

Wood, C. E., Richardson, M., Johnston, M., Abraham, C., Francis, J., Hardeman, W., & Michie, S. (2015). Applying the behaviour change technique (BCT) taxonomy v1: a study of coder training. Translational Behavioral Medicine, 5(2), 134–148. https://doi.org/10.1007/s13142-014-0290-z

PREHISTORY ART AS ECOLOGICAL ART

ÁGUEDA ASENJO BEJARANO
Universidad Complutense de Madrid

1. INTRODUCTION

Art and nature have always found ways to intersect and be a great source of inspiration for artists. We find it in many forms: rural and historical for classicists, grand and wild for romantics, or sensitive and poetic for Asian cultures and many others. But only much later did the artist become aware of the fragility of the environment. Art later became the preferred medium to express this. Nature began to be represented beyond pure aestheticism, when art and nature found themselves at the center of this political battle. In fact, the deterioration of nature has profoundly changed the relationship between artists and the landscape. With this article I invite you to discover how by combining art and nature Altamira can become a work of ecological and environmental art of the 21st century. Linda Weintraub's definition of ecological art in her book *To Life! Eco Art in Search of a Sustainable Planet*, 2012, is an artistic genre and artistic practice that seeks to preserve, remediate and/or vitalize the Earth's life forms, resources and ecology. Ecological art practitioners do this by applying ecosystem principles to living species and their habitats throughout the lithosphere, atmosphere, biosphere, and hydrosphere, including wild, rural, suburban, and urban areas. And isn't that what we find in rock art? Art in situ is the preferred process of land art, a movement that attempts to create works directly in the natural environment. The natural elements of the landscape become the very production material, since these works are made with materials such as rock, earth and sand. Many believe that this combination of art and nature should be considered as an experience and not according to its market value. This form of artistic practice changed

radically between 1969 and 1970. Many artists began to think beyond the traditional venues of galleries, museums and studios. Like the Impressionists of their day, who abandoned their studios to paint outdoors, American artists abandoned galleries in favor of large, secluded, natural spaces. Subsequently, a transition began to occur, as the abandonment of closed spaces became synonymous with the recovery of freedom. And aren't these the same elements that we find in rock art? Are these not human creations beyond their limits and experiences?

2. OBJETIVES

- Make the public understand the relationships between these two historical periods that are so different but that essentially share more characteristics than we think.
- To make the viewer aware of the problems that cave art is suffering and its inevitable end due to climate change.
- The same production carried out by a man years ago is repeated in history: history as a cyclical event.
- Return to old past forms of creation to generate new ones: ecological art and the biodegradable materials that we find in caves.
- The space where the work of art is located as a magical place full of meaning, which is vital to understand the symbology of the piece.
- Artists connected with their environment and their atmosphere: the choice of space is not accidental.

3. METHODOLOGY

The methodology of the study has been based on the analysis of various rock caves and the use of the environment and materials and, later, in the same way, with ecological art. Likewise, research has been carried out on different European and Spanish caves to create a series of

characteristics that are repeated, creating a pattern so that a comparison can then be made with contemporary works of ecological art.

4. DISCUSSION

4.1. Reflections on rock art and ecological art

The appearance of site-specific land art marked a true turning point. From then on, works of art were no longer autonomous. Rather, they derived from the space of which they were a part. Therefore, works of art can no longer be understood without considering the place of their presentation. For in situ artworks, which are often presented in installation form, the unique environment plays an active role. And all these concepts are what we find in Rock Art, caves located in the heart of the mountains that is full of vegetation and animals, making a connection between art, nature, introspection and creation. The paintings that were created millions of years ago are complex interrelationships of our environment with ourselves and ecological systems. These artists created works that used natural materials or interacted with environmental forces such as rocks, water, and natural pigments. They made an ecological relationship (taking into consideration 21st century terms) through their own ways of believing and connecting with the land. Its purpose, as in Land Art or Ecological Art, is to produce plastic emotions in the viewer who faces a certain landscape or creation. It is to alter, with an artistic sense, to produce the maximum effects and sensations for the observer. Its goal is to reflect the relationship between humans and the Earth, the environment and the world. The main thing is the interaction of the human artist with the environment. Generally, the contemporary works of these modern pieces are kept outside, exposed to the changes and erosion of the natural environment and, therefore, some have disappeared, leaving only the photographic/graphic record, something that is also inevitable in Rock Art. Due to climate change. and its connection and opening to the outside. At the same time, these factors are elements that are part of Land Art, because they want to express that pain due to the environmental deterioration of the climate we are experiencing today. So, with all these aspects, aren't these two

different artistic creations even more connected? Aren't we looking and seeing that Rock Art will end because of climate change? Isn't the presence of human beings in the environment and the way we develop generating a change in this cave just as it happens in Ecological Art or Land Art? Therefore, for man to be able to appropriate the territory, modifying and reinterpreting it according to his sensitivity, it is necessary for these ancient artists to understand that the place in which they worked will change, will evolve over time, and not only covering aspects of climate change, since throughout the centuries, the cave had repaintings and engravings from different prehistoric periods. With Rock Art, human beings left their mark on Nature, structuring a new landscape under their sensitivity and their ability to interpret it, just as in these contemporary artistic movements. They established a dialogue under an artistic imperative with nature. It exposes before the viewer a world that requires it for its understanding and that interpenetrates with much more intensity.

4.2. Connections between arts: landscape concepts

If we take the definition of landscape cold, in reality it is still a space that in essence does not exist and that in reality, must be invented from scratch through the various elements that the media in which we develop provide us. Our landscapes are acquisitions, they are cultural investments that we can study through analysis. All of them are modeled on an artistic visual experience. The perception of these are actually an artifact, they are not spaces that have free will, and this applies to both rock caves and works of art of Ecological Art, because do they alter the landscape space in which they are found? We can study these concepts by dividing them in two ways: introducing the code and the artistic concept within the materiality of the place (that is, in the terrain, or the space itself) creating an in situ arterealization. This form encapsulates both cave paintings and ecological art or land art, since it translates to the configuration of intervening in the landscape to develop a message within it. The other way would be indirectly, where instead of being in situ it is recreated within the collective gaze, joining schemes and elements of perception and taste. Following the words of Agustin Berquen

in his book *Les raison du paysage* (1995), this author specifies four conditions to be able to understand and speak about the existence of the idea of landscape and landscape society: 1. One or more words to describe "landscape" ; 2. Literary representations, oral or written, that sing or describe the beauty of the landscape; 3. Pictorial representations whose theme is the landscape; 4. Recreational gardens. (Berque, 1995, pp.34-35). Following these principles, we can say that the first landscape societies developed in China with the Song dynasty (960-1279) or in Europe from the 15th century onwards. And why is this? Well, because if we follow the first condition above, the ancient European cultures do not meet it. They didn't have a word to describe the landscape. But these arguments cannot be taken literally either, since in ancient Rome we find the great authors naming and narrating the incredible recreational gardens they had in their villas and islands. An example of this can be seen in the letters of Cicero or in the book *De Architectura* by Vitruvius, where he proposes the word "topia", which currently, in modern Greek is *topos* and means landscapes. Another very notable one is in the *Natural History* of Pliny the Elder (2002 [23-79 AD]), *topiaria opera*, that is, landscape works. This was used to designate the mural frescoes that represented rural or urban landscapes in the imperial villas. This is why we can say that before the concept of landscape existed, it was already appreciated and revered, creating the incredible spaces that are described to us in all these writings. It is interesting to see how the fascination with landscape has a certain relationship with the concepts of the sublime and feelings that appeal to the plenary. This concept of sublime, if we understand and study it as arguments interpreted linguistically and appealing to experience that resorts to subjective feelings, we come to the conclusion that the aim is to reach an optical perception to release a soul experience. These reflections are actually in constant relationship with another, which is the work of art as a means to represent that reality that we imagine and that we want to build but we develop it through elements that are found within nature itself.

5. ROCK ART

Rock art, according to the Dictionary of the Spanish Language, RAE, is "adj. Said especially of prehistoric art and painting: Made on rock and in caves. This definition therefore applies to drawings or sketches that were made in caves, caverns or rocks during prehistoric times. The term "rock" comes from the Latin *rupestris*, which in turn comes from *rupes*, rock. This therefore determines that rock art involves human activity on a rocky surface (whether caves, grottoes, caves, concavities or spaces that are in a stone wall). This implies a complication for studying the manifestations that we can find in a space like this: the division becomes diffuse to separate engravings, petroglyphs, paintings... Thanks to the protection of the erosion of nature or the external elements (which have helped indirect such as sealing with rocks over time) we are lucky that they have withstood the passage of centuries.

These manifestations are among the oldest works that we know of so far, having some evidence such as a painted stone dating back 73,000 years, discovered in South Africa[5]. These works are still the most basic forms of artistic expression. We can find these manifestations in a variety of spaces around the world, which gives us both social and plastic wealth from the prehistoric era. The vast majority of representations correspond between the periods from the Paleolithic to the Neolithic. It is a system of representation that contributes and helps to understand better what these ancient congregations were. Most studies determine that these paintings were associated with magical-religious characters to encourage hunting. Obviously, given the magnitude of the chronology and geography where all of them are found, it is very difficult to propose generalizations of this type, since some of them are found inside hidden caves and others are visible to the naked eye in the shelters of the mountains. Regardless of this, we can say that without a doubt these representations attend to qualities where domestic activities, daily life, religion and artistic concerns were united.

[5] Herrero A. (12 de septiembre 2018). Un 'hashtag' de hace 73.000 años de humanidad. El Mundo Online.

5.1. Materials and symbols

If we focus on the paintings of the Paleolithic period, the vast majority generally represent lines and animals, but with the passing of the centuries, in the Neolithic these changes and we find other figurations, such as human beings, the environment, hands, and others. elements that provide us with information about the interactions in his life and his gods. Although the caves are located far from each other throughout the world, they share the same figures and motifs (horses, deer, bison, hands...). As for the material they used to paint, they were all natural vegetable pigments obtained from coals, minerals, or fluids that were mixed with some type of organic binder. Some examples of these colors are charcoal, clay, manganese oxide, resins or fats. In the vast majority of cases, the use of fingers was the application par excellence of these creators, but various utensils that they used to apply paint to the rock, such as reeds, branches, or others, have also been found in archaeological sites[6]. Likewise, thanks to the cavities and concavities of the caves and the shapes of the walls and rocks, artists of the past made use of these resources to generate greater realism and volume in their paintings.

5.2. Altamira

This cave is one of the most incredible works that we preserve today from the prehistoric era (fig.1). It is the magnificence created in art. All the elements that make it up generate a symbiosis in what it means to be an artist and connect with nature. Obviously, all the explanations of this cave regarding meaning will undoubtedly appeal to contemporary reflections that undoubtedly cannot be taken literally to interpret the work, since we will never know what function or purpose it had. Regardless of this factor, it is necessary to point out that to study the rock caves we must understand that the creators who created them undoubtedly had a strong relationship with nature and what it meant in their lives. The plants, the environment, the animals, the resources... They are a whole series of elements that enriched their lives and generated

[6] González, M. (2016): "Equipamiento artístico en la prehistoria. Pinceles". BAEX: Boletín de Arqueología Experimental, Nº. 11, págs. 76-95.

their own meaning. That is why these notions of art and nature have such a connection with those of ecological art or land art, since in a certain way, they share the same foundations and knowledge. It is becoming aware of space and what the environment in which you develop implies for a society. To analyze these works, the engraving cannot be differentiated from the painting. They are united under the same spectrum that although they have different chronologies, the artists of the past themselves created them to think of them as if they were only one. They share the same environment, creating a totally unique atmosphere that makes the viewer go into a trance. This cave also has the peculiarity that it shares many chronologies and techniques on the same walls: both the Aurignacian, Gravettian, Solutrean and Magdalenian periods[7]. It was a space where various styles and shapes were accumulated, creating the great variety of designs that the pictorial richness of the cave implies. The creators of these paintings undoubtedly had extensive knowledge in lines and drawing, since the figures that we find represented have a perfect anatomy and there is no rectification in the sketches. It is interesting to note that recent studies have come to the conclusion that the cave was possibly created by a single author and that he even painted other caves such as El Castillo[8]. Without a doubt, the representations of this cave, as we have been pointing out throughout the study, symbolized some type of relationship between man and nature, something that could have a magical, religious, ritual meaning, or art itself for art's sake. It is evident that these representations were a study of the environment and the space that surrounded them. It is the consequence of a reflection process where the authors observed and meditated on where to place each figure and line within the cave. It is a whole series of elements that turn these creators into artists, since according to the dictionary of the Spanish language, RAE, artist is: "a person endowed with the capacity or ability necessary for any of the

[7] Obermaier, H. (2014). El hombre prehistórico y los orígenes de la humanidad. Urgoiti Editores, S.L; 1er edición.

[8] Múzquiz Pérez-Seoane, M. (1994) "Análisis del proceso artístico del arte rupestre". Complutum (5): 357-368.

— (1999). "Los secretos de Altamira". Newton Siglo XXI 2 (14): 84-92.

fine arts"[9] and they, obviously, managed to create an extraordinary artistic ensemble.

FIGURE 1. *"Neocueva" of Altamira inside the museum. Santilla del Mar, Cantabria, España.*



Fuente: Águeda Asenjo Bejarano

6. ECOLOGICAL ART

As has been explained throughout the study, Ecological Art refers to an art that aims to address, through different strategies, the integration of the natural environment through various tactics (objects from the space itself, photography, painting, drawings, inclusion of materials of the habitat itself…). What these procedures have in common is respecting the environment and relating to the environment at social, formal, political or historical levels. They aim to move the public and the spectator so that they become part of the work, so that they experience it and can connect with it directly. It is an artistic intervention that also involves a meditation with the environment in order to understand and empathize with the nature that surrounds the work. It is connecting deeply with

[9] Real Academia Española. Arista. https://dle.rae.es/artista#:~:text=Persona%20dotada%20de%20la%20capacidad,y%20f.

space and in turn generating a relationship with social problems[10]. Likewise, although the term ecological is integrated into the name, in many cases the works do not have a meaning that directly concerns what this word implies, but rather the connection with nature using natural elements prevails[11]. It is the concept of relating the link between the Earth and art. This "movement" undoubtedly has a very broad field of action and is not limited to scientific or philosophical ideas, since the media of the 21st century on the vast majority of occasions intercede to provide a memory of space. It is the observation of nature providing a more aware look at the environment that surrounds us. The concepts of Ecological Art can undoubtedly on many occasions be confused with those of Land Art, since the dividing line between these is very fine and, on many occasions, some works can be considered from both groups. The important thing is that for Ecological Art, what is defended above all is the ability to develop in the environment without irremediably damaging nature and the environment that is related to it, since it is committed to creating a work where we feel a relationship with space. It is a practice that is committed to dialogue and changing the behavior of human beings in nature to achieve change and awaken respect for other species and the natural systems with which we coexist.

6.1. Ana Mendieta, Flower Person, 1975

This work by Ana Mendieta is a clear example of what the relationship between artist and environment implies as well as what it means to be a woman (fig.2). In her work, concepts of ecofeminism, violence against women, veneration of nature, the value of ancestral wisdom and the use of the body to understand the world are developed[12]. It is the exploration of identity through nature to understand the meaning and impact it generates on us. With this work, Mendieta generates a relationship between the silhouette of her body with the delicacy of natural

[10] Kastner, J; Wallis, B. (1998) Land and Environmental art. London: Phaidon Press.

[11] Weintraub, L. (2015) "Untangling Eco from Enviro". Artnow Publications.

[12] Hernando, S. (2023) "Ana Mendieta, the artist who foreshadowed the 21st century". El País Online. https://english.elpais.com/culture/2023-07-21/ana-mendieta-the-artist-who-foreshadowed-the-21st-century.html#?prm=copy_link

elements such as flowers and water. As if it were a tomb or an ancestral ritual but with a contemporary vision. She develops an energy of connection with the environment and her body, something that reaches us inside and links us to space. It is a work that makes us connect with the earth and with the energies that it transmits, the energies that run through each being in the spectrum of this galaxy.

FIGURE 2. *Flower Person, Flower body, Ana Medieta (1975)*



Fuente: Galerie Lelong & Co.

7. CONCLUSIONS

After this approach to these two diverse forms of art and different plastic philosophies, we can come to the conclusion that history repeats itself and that somehow, we will never get rid of our natural sensitivity about the environment and what it means to us. Our day to day. It is the need to feel connected to the most basic elements of our environment, whether through its means (the space where it is created) or the objects we use to develop it (the materials). We are united to that expressive sensitivity where the essence and qualities of nature become the center and heart of artistic creation. The fusion and cohesion of the most

abstract aspects of space are sought with magical and exoteric reflections through what it means to be human and develop in the ecosystem. The artistic practices to which these concepts are associated with the relationship between the work and its environment. These leave aside canonical spaces such as museums or galleries to move to natural spaces. This means that a physical reflection develops between art and nature in terms of aesthetic reflection, elements that we also find in rock caves and prehistoric art. They create art that they translate as nature, since the means with which they make these pieces are the same ones we find in these spaces. It focuses on elements that advocate natural introspection of space and the environment. We try to recreate a feeling within nature to be able to connect with it at all levels. It is the development of the most basic thing we have, which is the original perception that connects us with the earth. Likewise, the practice of this type of art is connected with the most primary, since it is the development of the work with the hands, with our own sensitivity and capacity for relationship with the environment and the ecosystem in which we evolve. At the same time, its the same if we concentrate on the materials and their composition: we can correctly determine again that is the most natural and ecological elements, which is nature. To conclude, we can then determine that although so many centuries have passed since the prehistoric people made their incredible cave works until we have once again had an artistic awareness of nature, the ways of thinking about these concepts are repeated and the way to develop them is through of elements that are found in our ecosystem and that appeal and call to our most basic instincts as a human being: the relationship we have with nature. It is the need to reintroduce ourselves to that energy that is produced in the system and that in turn takes care of us and helps us to function in the space in which we live (either through possible magical events that promote hunting or sensitivities). artistic representation). It is being able to feel part of a whole that has been in our world much longer than ours: the earth and nature.

8. REFERENCES

Blas, L. et al. (realización) (1999). «España. Cuevas de Altamira». Patrimonio de la Humanidad. Europa Mediterránea I 1. Edición ilustrada. UNESCO/Planeta DeAgostini/Ediciones San Marcos.

Catalano, Gary (1985). An Intimate Australia: The Landscape & Recent Australian Art. Sídney, NSW: Hale & Iremonger.

Coma-Cros, D. y Tello, A., ed. (2006). «Los orígenes del arte». Historia del Arte. Prehistoria. África negra. Oceanía. Tomo 1. Madrid: Salvat.

González, M. (2016): "Equipamiento artístico en la prehistoria. Pinceles". BAEX: Boletín de Arqueología Experimental, Nº. 11, págs. 76-95.

Herrero, A. (12 de septiembre 2018). Un 'hastag' de hace 73.000 años de humanidad. El Mundo Online. https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2018/09/12/5b9945f5e5fdea2f318b460c.html

Múzquiz Pérez-Seoane, M. (1994) "Análisis del proceso artístico del arte rupestre". Complutum (5): 357-368.

Nogué Font, J. (2008). El paisaje en la cultura contemporánea. Madrid: Biblioteca Nueva.

Obermaier, H. (2014). El hombre prehistórico y los orígenes de la humanidad. Urgoiti Editores, S.L; 1er edición.

Racine Jean-Bernard. De la raison des « raisons du paysage » d'Augustin Berque. In: L'Espace géographique, tome 25, n°4, 1996. pp. 376-378.

Real Academia Española. Arista. https://dle.rae.es/artista#:~:text=Persona%20dotada%20de%20la%20capacidad,y%20f.

(1999). "Los secretos de Altamira". Newton Siglo XXI 2 (14): 84-92.

LA TOXICOLOGÍA, INSTRUMENTO IMPRESCINDIBLE PARA UNA EDUCACIÓN AMBIENTAL MÉTODO ARANDA-QUIRÓS

VANESSA ARANDA QUIRÓS
Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

En estos últimos tiempos todos andamos volviendo la vista hacia el medioambiente, los medios de comunicación todos los días hablan de algún elemento relacionado con la sostenibilidad, el cambio climático, la huella de carbono, la emisión de gases de efecto invernadero y/o un largo etcétera de retos a los que se enfrenta esta sociedad.

Pero lo que se ha dado en llamar la "casa común", hasta ahora, era una despensa de donde podíamos retirar todos aquellos recursos que necesitábamos, sin otro cuidado que el propio que marcaba una sociedad industrializada, capitalista y socialmente egocéntrica e insolidaria. Como cada vez que el ser humano se excede, ha ocurrido lo que hace años era impensable, la casa común ya no soporta el nivel de vida que le hemos impuesto, tampoco regenera lo suficientemente rápido aquellos recursos que consumimos. Y en este contexto es donde surge la alarma y suenan las sirenas de la autodestrucción, a menos que nos lo tomemos en serio, terminamos devorándonos a nosotros mismos, envueltos en la vorágine consumista que nos lleva a desequilibrios sociales, naturales y de todos los tipos que queramos describir.

La ONU legisla todo lo que se le ocurre ante la alarma que los científicos e investigadores hacen sonar:

- Acuerdo de París de 12 de diciembre de 2015.

- Marco Estratégico 2018-2030 de la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (UNCCD).
- Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible.
- La 27ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP27).

Y así podríamos enumerar todo un esfuerzo legislativo a nivel internacional, al que se añadirían los propios de cada estado nacional que se han unido a este esfuerzo colectivo. Ocurre un hecho insólito como es el que la Iglesia Católica, en un hito sin precedentes, legisla sobre la materia con la siguiente Encíclica:

Encíclica Laudato Si. Sobre el cuidado de la casa común (Santo Padre Francisco, 2015).

Estamos ante todo un evento de carácter mundial, además como diría un buen publicista, un evento muy importante en términos de rentabilidad mediática. Como ejemplo, podemos decir que entre el 40 y el 50% de los contenidos que aparecen en los medios de comunicación sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), son noticias relacionadas con el medio ambiente o bien la sostenibilidad o el cambio climático, como se desprende del análisis elaborado por CANVAS Estrategias Sostenibles y Graphext (2021).

Ahora bien, como siempre, seguimos la máxima de volcarnos con todos los medios a nuestro alcance en apagar el fuego, sin darnos cuenta de que la mejor estrategia para combatirlo no es otra que la prevención. De aquí que sostenga que no existe una forma más idónea para prevenir los futuros ataques contra el medioambiente que no sea la educación de la ciudadanía, comenzando en esta labor de prevención desde las edades más tempranas posibles.

2. OBJETIVOS

La Toxicología Medioambiental como instrumento insustituible en la lucha contra las agresiones al medioambiente. Es urgente cambiar futbolistas por científicos.

La profesión que más interesa a un niño varón es la de futbolista, así se desprende de la encuesta anual que realiza la empresa Adecco (The Adecco Group, 2020) sobre una población de 1.100 niños españoles en edades que oscilan entre los 6 y los 16 años, este resultado obtuvo un porcentaje del 38,5% en este año 2023. Las chicas optan por ser profesoras, como primera opción, en un porcentaje del 24,2%. Lamentablemente, la categoría de científico obtiene un pequeño 4,3% entre los representantes masculinos, mientras que en las chicas no aparece un porcentaje apreciable en la encuesta. Si tenemos en cuenta que son las mujeres quienes mayoritariamente pueblan las universidades, tenemos muy pocas probabilidades de tener una generación de científicos que nos ayuden a resolver los problemas a los que se enfrenta nuestra sociedad. De ahí la afirmación que aparece en el subtítulo y que nos enfrenta a una realidad crucial: "es urgente cambiar futbolistas por científicos".

Maestros, profesores, educadores en general, ¿somos parte de la solución?

Según la Teoría del desarrollo cognitivo de Piaget (1896-1980) damos por bueno que la edad de 7 a 11 años es la ideal para que un niño sea educado en sus aspectos intelectuales y de conducta, que influirán en sus decisiones y su personalidad posterior (Piaget,1932; Piaget y Inhelder, 1973; Piaget, 1982). Parece adecuado que es ahí donde hemos de incidir para que se produzca el cambio de futbolista a investigador.

No hay un solo colegio del mundo donde los niños de 7 años no jueguen al fútbol, en el recreo, o en clase de gimnasia. Hasta el punto de que algunos colegios han regularizado el asunto, decretando la prohibición, un día a la semana, de jugar al fútbol, basándose en hacer unos patios más inclusivos y con más interacción entre los alumnos (Palacio, 2023). Y la pregunta del millón: ¿por qué no tener en todos los colegios experiencias de educación científica a esas edades?

Nadie pone en duda que las primeras edades del niño son ideales para el aprendizaje de idiomas no maternos y se potencia el bilingüismo (Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., 2022a). Existen teorías muy reputadas sobre el conocimiento del alfabeto y la escritura

temprana (Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., 2022b) pero… ¿Qué pasa con el fomento de la investigación y la ciencia?

En este momento me permito introducir una variable que quizás afecte a los educadores. De la encuesta realizada por la empresa OpositaTest (2023), se obtiene el dato de que siete millones de españoles ya han opositado a un puesto de funcionario o se disponen a hacerlo, partiendo de la base de que el 74% de los españoles opina que trabajar en la Administración permite afrontar la vida con un mejor nivel, según la misma encuesta. Todo esto se materializa en que ya son 2,7 millones de españoles los que trabajan en la administración. Recuerdo un artículo del año 2007, ambientado en otro país distinto al nuestro cuyo título era: "Hazte funcionario y échate a dormir: el arco oficialista del FpV interrumpió su 'labor'", artículo que publicaba el diario Urgente24 (2007). Posiblemente hacía un paralelismo entre los funcionarios y la creencia popular de que el funcionario lo único que hace es pasar las horas sin implicarse ni tomar en serio sus funciones. Aquí propongo a todos los educadores, que trabajen como funcionarios, que apliquen la máxima establecida por Jigoro Kano (1960-1938) en su célebre frase "seiryoku zen'you" que, interpolado a nuestro campo, viene a decir que obtengamos la máxima eficiencia posible con el mínimo esfuerzo utilizado (Fernández y Tamaro, 2004). Teniendo en cuenta que para lo que nos ocupa, la máxima eficiencia sería obtener el mayor nivel educativo en los niños, implementando nuevas prácticas, que haga hombres y mujeres para el futuro implicados en la conservación de la "casa común", porque el resto de las ciencias y de las enseñanzas no se podría aplicar, si no tenemos casa en la que subsistir.

Dicho lo anterior, los educadores en el tramo de edad de 7 a 11 años deberían implementar programas específicos para fomentar el interés científico en los alumnos, de manera que llegaran a los niveles de secundaria con un interés ya definido por investigar.

La toxicología ambiental definida como una ciencia que estudia todas aquellas sustancias tóxicas que contaminan el agua, el suelo, los alimentos, la atmósfera y la forma en que esas sustancias tóxicas afectan a los animales, las plantas y los seres humanos que son expuestas a ellas, es una muy buena opción para ser la puerta de embarque por la

que los niños puedan navegar hacia el mundo de la ciencia pues, a estas edades, sería muy oportuno aplicar los conceptos del Aprendizaje Experiencial.

Jugar, experimentar y ver con ojos de niño la importancia y los efectos que causan en tu ambiente cercano, determinadas conductas o determinados procesos, puede ser una verdadera iniciativa que posibilite el germen que fructifique en nuevas personas adeptas a la ciencia y a la investigación, para ello propongo la aplicación del Proyecto de Educación Toxicológica Ambiental Aranda-Quirós.

3. METODOLOGÍA

3.1. Aprendizaje experiencial, apuntes sobre las principales teorías y sus autores.

Como se enunció anteriormente, el método propuesto se basa en teorías de aprendizaje experiencial. Varios son los autores que han expuesto avances en este campo, por tanto, no estaría nada mal comentar, aunque sea ligeramente, algunos de ellos y sus más importantes planteamientos.

- La teoría experiencial en la enseñanza se le atribuye a Carl Rogers (1902-1987) que fuera impulsor del enfoque humanista en la psicología, tan es así que fue considerado en 1982 como el Psicoterapeuta más influyente en toda la historia de la humanidad. En el campo de la docencia, su teoría partía de la base de que la educación no era solamente un proceso intelectual, sino que la experiencia personal debía ser la base de ella (Rogers, 1969). Obtener conocimiento a través de nuestras propias experiencias hace que se tenga más interés por aprender, a la vez que el interés actúa de estímulo para adquirir más conocimientos.

- En 1984,el psicólogo David A. Kolb plantea una variante propia en la teoría experiencial, cuyas bases se sustentan en cuatro pilares como son la experiencia concreta, la conceptualización abstracta, la observación reflexiva y la experiencia activa (Kolb, 1984).

– El filósofo y sicólogo John Dewey (1859-1952) ha sido considerado como el más reputado abanderado de la pedagogía progresista en el siglo XX, su teoría experiencial se basa en varios puntos clave (Dewey, 1986):

1. La experiencia del alumno ha de ser auténtica y continuada, de manera que sea el propio alumno quien acabe interesado por adquirir más experiencias en ese campo.

2. Que el alumno pueda disponer de la información necesaria, teniendo la oportunidad de realizar las observaciones que considere ante alguien que pueda ampliar o verificar dicha información.

3. Que se planteen problemas auténticos que sirvan de estímulo para pensar y querer resolver problemas.

4. Que el alumno pueda, por el mismo, verificar en su entorno la validez de las soluciones que está dando ante un problema, es decir, poner en valor, de una manera práctica, las enseñanzas que está recibiendo.

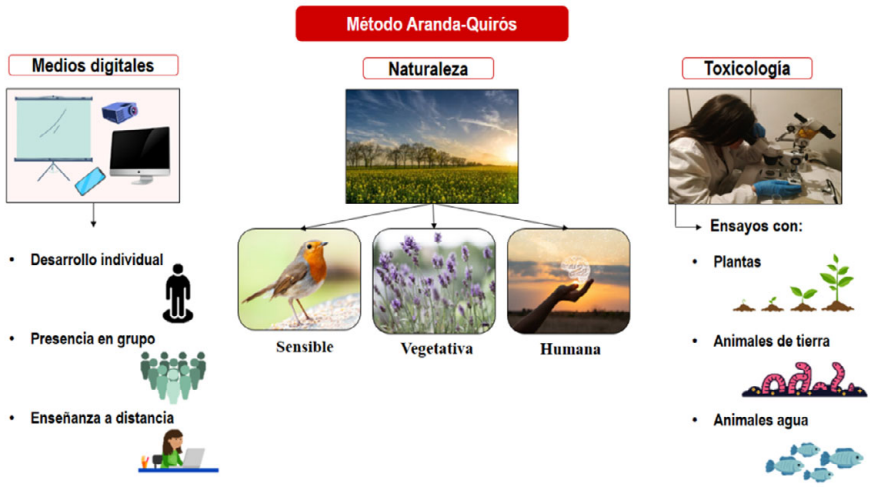
En el año 2010, la Secretaría General Técnica del Ministerio de Educación, publicaba un artículo en la revista de formación número 351, a propuesta del Instituto de Evaluación, cuyo título era: "Una pretensión problemática: educar para los valores y preparar para la vida" (Santos, 2010) este artículo comenzaba planteando el mandato que la sociedad realiza a la escuela sobre educar para obtener valores y al mismo tiempo educar para la vida. El filósofo John Dewey, cien años antes, acuñó una frase que es tremendamente conocida que dice: "La educación no es preparación para la vida, la educación es la vida en sí misma". Lo que nos da idea de que somos muy lentos a la hora de experimentar, de cambiar conceptos en la metodología de enseñanza, que somos como rocas a la hora de cambiar la forma de enseñar y de adaptarnos a las pautas que la sociedad nos reclama como educadores de esta. Solemos cambiar formas y normas educativas, una por cada cambio de gobierno que realizamos, pero no son cambios de fondo, de estructuras

educativas, de planteamientos sobre conceptos filosóficos y psicológicos, sobre teorías de la educación en los distintos estamentos de enseñanza.

3.2. Método Aranda-Quirós

Para enseñanza medioambiental en edades comprendidas entre los 7 y los 11 años. Iniciación experiencial sobre toxicología ambiental:

FIGURA 1. *Esquema del método Aranda-Quirós*



Fuente: elaboración propia

Experiencia digital y nuevas tecnologías.

La utilización de sistemas digitales y aprovechamiento de las nuevas tecnologías a estas edades supone un conjunto de técnicas y habilidades preparatorias para un variado número de situaciones que se pueden crear, y que sirven de introducción hacia varias materias didácticas con relaciones en las ciencias de ingeniería, medioambientales, computación, etc. El uso del móvil, PDA, ordenadores, proyector, pantallas táctiles, etc. nos abre un mundo especialmente interesante para los niños, que posiblemente en edades de 7 años aún esté por descubrir o haya sido descubierto de una manera autónoma y para usos que nada tienen que ver con el aprendizaje y la investigación.

¿De qué base partimos? Existen pocos estudios realizados sobre niños de hasta 9 años en cuanto al uso de las TIC. En edades comprendidas entre los 7 y los 9 años los niños aprenden el uso de las TIC de una manera observacional, el resto de los niños del entorno, sus padres y demás miembros de la familia son el referente de conductas que van a servir de modelo. Caso aparte sería si el niño tiene hermanos mayores, que en esa situación el aprendizaje es aún más intenso. Normalmente, el entorno no es consciente de que están siendo el libro que los niños utilizan de aprendizaje a estas edades (INTEF, 2016).

Las experiencias digitales que se proponen van encaminadas a conseguir potenciar las siguientes habilidades:

- Desarrollo individual.
- Desarrollo y presencia en el grupo.
- Interacción y primeros contactos con el aprendizaje a distancia.

En el desarrollo individual, aunque los niños pertenecen, por regla general, a lo que se ha denominado "hogares digitales", término acuñado en España por primera vez en el año 2003 y que apareció en el Libro Blanco del Hogar Digital, cuya realización correspondía a la empresa Telefónica (2003), no tienen formación adecuada que les lleve a desarrollar las habilidades mencionadas, pues como hemos visto anteriormente, su interés observacional les ha llevado a manejarse para encontrar las películas o dibujos que le interesan en plataformas como YouTube, o encontrar la música que les apetece escuchar. Las experiencias que proponemos usan las Tecnologías Digitales, pero están supervisadas por adultos que les van a guiar en el aprendizaje y sobre todo van a descubrir nuevos campos de interacción con esas tecnologías.

Los niños utilizan las tecnologías digitales de manera muy individual, el hecho de que sean usadas por el resto de la clase y en compañía con los demás, supone una nueva dimensión, que le plantea una nueva manera de relacionarse, sería un "yo dentro del grupo" y un "como hago para que el grupo se relacione conmigo".

En cuanto a la importancia del aprendizaje a distancia, parece obvio su necesidad, sobre todo después de la experiencia pasada con la reciente

Pandemia Covid-19. Todos hemos tenido que aprender, tanto educadores como alumnos, a desarrollar de la manera que hemos podido los cursos que estaban en marcha. No estamos exentos de tener que repetir esa experiencia educativa, con lo cual, la importancia de que los niños tengan preparación sobre sistemas de aprendizaje a distancia es totalmente recomendable (Fundación Querer, 2022). En la pasada pandemia el aprendizaje virtual pudo suponer una brecha de oportunidades para aquellos niños que no dispusieran de medios digitales, esta propuesta supone una experiencia positiva, pues la tecnología es la que tienen a su disposición en las aulas o el colegio, por tanto, supone una igualdad positiva para todos, una experiencia de integración, ya que el factor social y el factor vivienda familiar no entra en juego.

En todas las experiencias vamos a intentar que sean los niños quienes pregunten y traten de averiguar cosas, aprovechando el interés natural que ellos tienen. En realidad un niño es un investigador en potencia, pues su curiosidad innata y su afán de descubrir cosas es la mayor baza con la que se puede jugar a la hora de la educación.

La naturaleza como medio de concienciación ambiental

El concepto de naturaleza, entendida como todo aquello que nos rodea y que ha sido creado de manera natural, ha de ser la primera enseñanza que un niño debe experimentar. Naturaleza siempre está en contraposición con la intervención del ser humano. Tomar conciencia de los tres tipos de naturaleza que existen, es decir, la naturaleza sensible, la naturaleza vegetativa y la naturaleza humana, es imprescindible para tener una base educativa idónea desde donde partir para interrelacionarse con la naturaleza y, a su vez, poder experimentar la forma y manera en que los tres tipos de naturaleza se relacionan entre ellos.

El concepto de naturaleza en este método se experimenta de manera bidireccional. El rol de investigador siempre ha de ser una figura externa al educador habitual, irrumpe en la clase para introducir en ella la naturaleza que quiere mostrar a los alumnos, la lleva en primer lugar utilizando las TIC y mostrando a los niños entornos donde coexistan los tres tipos de naturaleza, pero con el compromiso de que los alumnos han de elegir después, con el educador habitual, que tipo de entorno

natural van a enseñar ellos al investigador. Una vez que estén en el parque, bosque o zona de jardín elegida, han de identificar los tres tipos de naturaleza:

- Naturaleza sensible, como referencia a los animales, seres que están provistos de movilidad autónoma y propia y que tienen sentidos para inspeccionar sus entornos, al mismo tiempo que ingieren materia orgánica para subsistir.

- Naturaleza vegetativa, entendida como aquella que no tiene voluntad propia para poder moverse, que vive, crece y puede morir en el mismo lugar siempre, en general, plantas y organismos vegetales.

- Naturaleza humana, aquella que comparte ciertos rasgos que son comunes a la sensible, pero con la diferencia de que dispone de conciencia y capacidad para modificar su entorno en su propio beneficio y que además es consciente de su propia existencia, así como que esta existencia tiene un principio y un final.

Debido a la importancia que el método otorga a esta experiencia, se propone una segunda acción experiencial, si en la primera la naturaleza había sido llevada al aula de manera virtual, ahora el educador es quien lleva la naturaleza a la clase, por ejemplo llevando una mascota (naturaleza sensible), una planta (naturaleza vegetativa) y él mismo como representante de la humana. El fin didáctico es que los alumnos identifiquen correctamente los tres tipos de naturaleza y los sitúen en el entorno de sus casas y en sus vidas cotidianas, aplicando luego la bidireccionalidad y siendo ellos quien acerquen algún elemento de la naturaleza a la clase, en este caso, por motivos de infraestructura e idoneidad, al espacio natural que primeramente enseñaron al investigador, irían acompañados de sus padres o algún familiar, momento en que se va a hacer partícipes a los familiares del concepto de las tres formas de naturaleza para poder afianzar en casa dicha enseñanza. Este día de convivencia entre familiares y educadores, también va a servir de una segunda experiencia, no solo por la propia convivencia, sino porque se va a enseñar a los alumnos qué cosas de las que hacemos habitualmente

influyen en la naturaleza, si hemos realizado un picnic, tenemos la excusa perfecta para experimentar conductas de limpieza, de respeto hacia el entorno, etc.

Es decir, tomamos conciencia clara de lo que es naturaleza y cómo está compuesta, tomamos conciencia de cómo afecta a la naturaleza todo aquello que hacemos en ella y desde ahí con esas experiencias asumidas podemos comenzar a hacer que los niños tomen conciencia ambiental con nuevas propuestas experienciales.

La toxicología como medio de introducción a la investigación científica.

Toda habilidad temprana enseñada a un niño crea una base sólida que le predispone a una mejor y mayor enseñanza de superior categoría, creando áreas de confianza que le permitirán tener predisposición para absorber mejor los conocimientos en esas materias.

Definiciones básicas:

- ¿Qué es la Toxicología? De una manera sencilla podríamos decir que la toxicología es una ciencia que estudia la capacidad que tienen algunas sustancias para poder causar efectos en un organismo vivo.

- ¿Cómo medimos esa capacidad? Se le denomina toxicidad y existe un estándar para medirla que adoptó la Organización Mundial de la Salud, es la dosis letal media, o más comúnmente conocida como $DL_{50,}$ que en síntesis significa que el 50% de los organismos morirían si son expuestos a esa sustancia.

- ¿Existen ramas de la toxicología? Existen varias especialidades de toxicología como son: Médica, Veterinaria, Analítica, Alimentaria, Experimental y Ambiental.

En este método concreto nos centramos en la Toxicología Ambiental, entendiendo como tal a la disciplina que se ocupa de estudiar el origen, los efectos y la naturaleza de los contaminantes que encontramos en el aire, la tierra y el agua. Por sus características es la más adecuada para

efectuar experiencias con los alumnos, diferenciando dos grados o niveles, uno de 7 a 9 años y otro de 9 a 11 años.

Las experiencias que se proponen van encaminadas a conseguir desarrollar las siguientes habilidades:

a. La conciencia ambiental. Nace de la unión de dos vocablos como son conciencia y ambiental, el conocimiento de cada uno de esos dos conceptos por separado y el significado que adoptan al juntarse, son elementos imprescindibles que aportan una sólida base ambiental necesaria para crear la necesidad de reacción en los alumnos, haciendo que actuar frente al cambio climático o a favor de la defensa de la naturaleza, no sea algo que nos viene impuesto, o sutilmente recomendado, sino que surge y nace como una necesidad desde dentro del individuo que le lleva a la acción positiva en defensa del medio ambiente.

   La concienciación o concientización, vocablo más usado en los países iberoamericanos, dio origen a la llamada educación concienciadora atribuida a Pablo Freire (1921-1997) en la cual las personas somos seres inacabados, o lo que es lo mismo, individuos en permanente construcción que dándose cuenta de su realidad y desde ella, superan sus limitaciones y se convierten en sujetos cocreadores de esa misma realidad (Freire, 1987).

   Ambiental es un adjetivo que según la RAE significa "perteneciente o relativo al ambiente" y por medio ambiente deberíamos contar con la definición que se acuñara en el Congreso de Estocolmo del año 1972, que lo definía como un conjunto de componentes físicos o químicos, biológicos y hasta sociales que podían causar a corto, medio o largo plazo efectos sobre los seres vivos y las actividades que realizan.

   La conciencia ambiental es la que nos permite actuar de manera individual y también colectiva, es la que determina las decisiones que tomamos con respecto al medioambiente,

desarrollarla, analizarla y potenciarla, permitirá obtener individuos y grupos más comprometidos con la conservación de la naturaleza. De ahí que las experiencias del método van encaminadas hacia este compromiso como parte ineludible de todo programa de educación ambiental.

b. Acción individual y colectiva. Hay que hacer comprender a los alumnos que hay veces que uno solo es incapaz de poder rectificar aquellas cosas que están mal hechas, de hecho, una de las experiencias consiste en ver cuanta basura ha sido depositada en el suelo, por ejemplo en un recreo, elegir un alumno y pedirle que durante un minuto retire hacia la papelera envoltorios y plásticos o desechos tirados en el suelo. Luego pedir a todos los alumnos de la clase que durante un minuto realicen la misma acción y comparar los resultados. Puede ser en el patio del colegio, en un parque cercano, en un complejo deportivo de alrededor del centro. Obviamente, estamos mostrando de manera fehaciente que el trabajo individual es positivo en la defensa de la naturaleza, pero que el trabajo colectivo es aún más eficaz en cuanto a términos absolutos.

c. La investigación científica o el porqué de las cosas. Como hemos dicho anteriormente, se trata de fomentar que los alumnos pregunten, tengan la necesidad de saber por qué ocurren las cosas que están observando en las experiencias propuestas, de manera que la respuesta a sus preguntas venga de la mano de la investigación más o menos científica o más o menos correcta, recordemos que se trata de acrecentar el interés por investigar, dejarles la semilla que pueda fermentar y madurar en el futuro inmediato y a más largo plazo. Pequeños ensayos que se puedan realizar con los medios existentes en el entorno de clase son suficientes para incidir en este propósito, de la misma manera que se complementan con otros que el investigador pueda mostrar en visitas a la propia clase.

4. RESULTADOS

Se trata de un método de reciente creación que en estos momentos se encuentra en fase de presentación y exposición pública. Se han realizado pruebas para los ensayos con alumnos de todas las edades, siendo más aconsejable, en principio, comenzar con alumnos de 7 años, basándose en el interés y la respuesta ofrecida por estos.

En las encuestas realizadas a los padres para medir el grado de implicación medioambiental de los niños, así como el interés en la educación ambiental, se experimenta un cambio sustancial entre las realizadas antes y después de utilizar las pruebas de ensayos. En la mayoría de los casos se han alcanzado aumentos en los niveles de interés de más de un 65% entre unas y otras.

Se ha demostrado que la implantación en los centros donde se ha probado ha efectuado un efecto de amplificación en el resto de los cursos, movimiento que se experimenta por las preguntas efectuadas hacia los educadores por los alumnos en sus clases.

La implementación del método tiene como efecto secundario un cambio de percepción en la comunidad educativa, que rompe con el concepto de aula tradicional, cambio que es positivamente valorado por padres y alumnos.

5. DISCUSIÓN

El Método Aranda-Quirós se compone de 25 ensayos experienciales. Está preparado para alumnos en edades de 7 a 11 años. Se basa en un método educativo de aprendizaje experiencial. Combina acciones encaminadas a una educación ambiental con el fomento de la investigación. Los ensayos pueden ser adaptados a las características del centro donde se desarrollen, siendo coordinados de manera conjunta con el educador del centro.

Pretende iniciar a los niños en las posibilidades de la tecnología digital para comunicarnos con otros y en grupos. Recordemos que según la encuesta “Uso de las tecnologías por niños de hasta 8 años” (INTEF,

2016) hasta los 8 años el 92% de los niños lo usan para juegos, música y películas.

Algunos ensayos ofrecen la posibilidad de participación a miembros directos de las familias de alumnos para llevar la concienciación ambiental al núcleo familiar.

La figura del investigador está pensada para realizarse a través de una colaboración con las Universidades. Para que no suponga un gasto extraordinario para el centro educativo, se propone utilizar a Doctorandos y/o Doctores en Toxicología, estos recibirán acreditación del centro de haber realizado el programa de formación que les puntúa para los méritos necesarios en su formación, y el centro se beneficia a coste cero de tener la figura del investigador. El investigador podrá en todo momento tener apoyo mediante correo, teléfono y cualquier otro tipo de comunicación con el creador del método para su aplicación.

Los ensayos y el asesoramiento a los centros educativos que lo impartan no supondrán el pago de ninguna tasa o coste. Los centros educativos se comprometen a certificar al autor que se ha realizado el programa, así como a facilitar el seguimiento y los resultados de este.

El centro educativo que lo desee podrá contar con ayuda, orientación, contactos con proveedores y los consejos necesarios para la creación de laboratorios básicos de prácticas, si una vez realizado el programa así lo decidiesen por su utilidad práctica y educativa.

El creador del método se compromete con los centros educativos, que incorporen la realización de este, a impartir dos conferencias de educación ambiental para alumnos de edades superiores a los 11 años. El centro certificará la realización de dichas conferencias. Si el centro está situado fuera de la provincia de Cádiz, deberá contribuir a los gastos de desplazamiento. Previamente, se adjuntará al Centro el Currículo del autor para que evalúen su idoneidad.

Promover primeros contactos con la economía circular. La teoría de las 3R que presentara el ministro japonés Koizumi Junichiro, en la Cumbre G8 en el año 2004, se ha convertido en una de las piezas

imprescindibles para el desarrollo de hábitos de consumo responsable y, por tanto, pieza también imprescindible en todo proyecto de educación ambiental.

6. CONCLUSIONES

El sistema educativo actual no responde, del todo aún, a las exigencias que demanda una sociedad más comprometida con las acciones medioambientales, más solidaria y preocupada por la justicia social, que requiere una educación más humanizada y preparada sobre la base de ciudadanos que habitaran las llamadas Ciudades Inteligentes y Climáticamente Neutras. Recordemos que este es un proyecto que forma parte de una Misión de la Unión Europea, que en estos momentos se encuentra en plena fase de desarrollo y pretende que 100 ciudades europeas de los 27 estados miembros cumplan estas condiciones como objetivo 2022-2030. Las ciudades españolas seleccionadas para formar parte de esta Misión son Madrid, Barcelona, Sevilla, Valencia, Valladolid, Vitoria-Gasteiz y Zaragoza, según relación publicada en Bruselas en abril de 2022. Paralelamente, un total de 377 ciudades más han mostrado su interés por unirse a esta misión y formar parte de estos objetivos, según comunicado de la rueda de prensa efectuada en Bruselas (Comisión Europea, 2021).

Se reproducen íntegramente las declaraciones efectuadas por el comisario de Medio Ambiente de Europa, el señor Virginijus Sinkevičius:

> «La misión sobre ciudades inteligentes y climáticamente neutras nos ayudará a cumplir nuestros compromisos medioambientales en materia de contaminación cero, biodiversidad y economía circular. Muchas de las ciudades seleccionadas ya han demostrado sus credenciales medioambientales en nuestras iniciativas "Capital Verde", "Hoja Verde" y "Acuerdo de Ciudad Verde" abordando cuestiones relacionadas con el aire, el ruido y los residuos. Las ambiciones de estas ciudades en lo relativo al clima y la innovación, así como la mayor financiación para investigación de la misión, contribuirán a que la vida urbana sea más ecológica, limpia y saludable para la ciudadanía europea».

A la luz de todo esto que ya es una realidad, ¿estamos los educadores preparando a los niños para este escenario? ¿La comunidad educativa es consciente de este futuro y de las enseñanzas que la sociedad nos depara

ante estos nuevos retos? ¿Impartimos las enseñanzas de forma tradicional o respondemos a la revolución y evolución de nuestra sociedad?

Este proyecto da un paso en la dirección de intentar poner semillas entre unos ciudadanos del futuro inmediato que nos van a demandar nuevos conceptos de formación medioambiental, a la vez que pretende ser un aliciente para despertar la inquietud investigadora de nuestros niños de hoy, esos universitarios del futuro. Cambiemos las clases porque la sociedad está cambiando.

7. REFERENCIAS

CANVAS Estrategias Sostenibles y Graphext. (2021). Agenda 2030 en los medios de comunicación. El rol de los medios en la difusión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://bit.ly/48FSyBD

Comisión Europea. (2021). La Comisión pone en marcha misiones de la UE para hacer frente a grandes retos. https://bit.ly/46nkn08

Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. (2022a). Bebés bilingües brillantes. ECLKC. https://bit.ly/48K8yCz

Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. Head Start (2022b). Metodología planificada para el lenguaje: Conocimiento del alfabeto y escritura temprana. ECLKC. https://bit.ly/3PQrJCp

Dewey, J. (1986). Experience and education. *Educational Forum*, 50(3), 242–252. https://doi.org/10.1080/00131728609335764

Fernández, T., y Tamaro, E. (2004). Biografía de Jigoro Kano. Biografías y Vidas. La Enciclopedia Biográfica En Línea. http://bit.ly/3F9U9lW

Freire, P. (1987). *La educación como práctica de la libertad.* Siglo XXI

Fundación Querer. (2022). Ventajas del aprendizaje virtual para niños. https://bit.ly/3QaJmy8

INTEF. (2016). Uso de las tecnologías por niños de hasta 8 años. Un estudio cualitativo en siete países. http://bit.ly/46ozJBm

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. *Journal of Organizational Behavior*, 8(4), 359–360.

OpositaTest. (2023). Test online para oposiciones 2023-2024. https://bit.ly/3tr5XO0

Palacio, F. (2023). Sin fútbol, el patio del colegio resurge de otra manera. El Faradio. https://bit.ly/3rB18Bd

Piaget, J. (1932). *El juicio moral del niño*.

Piaget, J. (1982). *El nacimiento de la inteligencia del niño.* Aguilar.

Piaget, J., y Inhelder, B. (1973). *Memory and intelligence*. Rout-ledge & Kegan Paul

Rogers, C. (1969). *Freedom to learn*. Columbus, Ohio: Merrill.

Santo Padre Francisco. (2015). Carta Encíclica Laudato Si. Sobre el cuidado de la casa común. https://bit.ly/3RQ5EXg

Santos, M. S. (2010). Una pretensión problemática: educar para los valores y preparar para la vida. *Revista de educación*. 351. https://bit.ly/3tpQKN1

Telefónica. (2003). Libro Blanco del Hogar Digital y las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones.257. http://bit.ly/46lTDgA

The Adecco Group. (2020). XVII Encuesta Adecco : ¿Qué quieres ser de mayor? https://bit.ly/3tpk5r3

Urgente24. (2007). Hazte funcionario y échate a dormir: el arco oficialista del FpV interrumpió su labor. https://bit.ly/3rJ2R7q

ANEXO I

Se presenta la primera experiencia a modo de ejemplo para poder ver la forma en que se desarrollan.

Primera experiencia:

- Presentación de los medios digitales a usar durante el método, mostrando su funcionamiento y sus usos y posibilidades (primer acercamiento a las TIC).
- El conocimiento mutuo. Presentación de la figura del investigador a los alumnos y bidireccional entre los alumnos al investigador.
- El Lugar de trabajo. Visita virtual al laboratorio de la mano del investigador. Visita virtual del investigador al aula. Los alumnos deben tomar conciencia de que ellos realizan un trabajo importante, como es el de la formación. Concepto de lo que representa el trabajo en las diferentes etapas de la vida.
- Presentación de la encuesta que realizarán en casa bajo la supervisión de sus tutores.
- Visita presencial del investigador al aula:

1. Crear vínculo de relación personal entre investigador-alumnos.

2. Primer concepto. Todas las plantas no se pueden tocar, algunas como esta son tóxicas (primer acercamiento a la toxicología).
3. El papel y la esponja mojada (primer acercamiento a la investigación).

Visita presencial de los niños al laboratorio.

1. Se muestran los aparatos, pipetas, y todos los utensilios que se usan en un laboratorio (primer acercamiento al entorno de un laboratorio).
2. El microscopio, estrella de esta primera visita, donde todos los niños podrán ver y observar algo que no sea visible a simple vista (potenciación de la curiosidad por investigar).
3. Visita a la universidad, otros laboratorios, aulas, biblioteca, etc. (primer acercamiento al mundo universitario). Se potencia la autoestima, los pequeños se creen importantes en un mundo de grandes y desconocido para ellos, donde se convierten en estrellas. Se frena el miedo escénico que alguno de nosotros de mayores sufrimos al entrar por vez primera en la universidad. Experiencias positivas almacenadas en el fondo del armario individual de cada alumno, así como del grupo.

FIGURA 2: *fotos de las experiencias realizadas con alumnos*



Fuente: elaboración propia.

LA NUEVA CULTURA DEL AGUA EN EL PROFESORADO DE EDUCACIÓN INFANTIL Y DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Alejandra Ramírez-Segado
Universidad de Granada

Freddy Enrique Castro-Velásquez
Universidad de Granada

Alicia Benarroch Benarroch
Universidad de Granada

1. INTRODUCCIÓN

La educación es un factor esencial en la cada vez más urgente lucha mundial contra los problemas medioambientales. Los docentes de Educación Infantil y de Educación Primaria desempeñan un papel fundamental en la formación de las generaciones futuras que deberán convivir con los desafíos que asolan el planeta, como son los relacionados con los problemas del agua y el cambio climático. La influencia de los educadores de edades tempranas debe trascender el espacio físico del aula, pues no se trata solo de que los niños adquieran conocimientos, sino sobre todo, de cultivar comportamientos, actitudes y valores que pueden ejercer un impacto duradero en la sostenibilidad y la conservación del medio ambiente.

La ciencia ha demostrado que el cambio climático se manifiesta a través del agua y de los recursos hídricos, dadas las alteraciones que provoca en el ciclo natural (Iglesias et al., 2005). El impacto puede verse no sólo en una disminución en la cantidad de agua dulce, tanto superficial como subterránea, sino también, en una alteración de su calidad, por múltiples factores, como por ejemplo, la disminución de la capacidad de autodepuración de los sistemas de agua o el aumento de la concentración de contaminantes y/o patógenos (UN-WATER, 2019). A su vez, el agua

es el canal a través del cual los efectos del cambio climático se trasladan a otros sectores (alimentarios, ambientales, económicos, sanitarios…).

Con el cambio climático, los patrones de precipitaciones son cada vez menos previsibles y más variables, lo que puede conllevar una reubicación de las fuentes de agua dulce. En consecuencia, el suministro de apoyo a los servicios urbanos, como el abastecimiento y el saneamiento, se vuelven más difíciles; la productividad agrícola se ve reducida generando una mayor inseguridad alimentaria; se agrava la carga de enfermedades y se desalienta la inversión económica y la creación de empleo (Word Bank, 2023). Por ello, el cambio climático se considera como un factor de multiplicación de la pobreza que puede arrastrar a la pobreza extrema a más de 100 millones de personas para el 2030 (Muggah, 2021).

Esta situación plantea desafíos adicionales a la gestión del agua lo cual subraya la necesidad de una adaptación efectiva al cambio climático (Yeves et al., 2018). Para alcanzar este logro es esencial implementar una gestión de los recursos hídricos que permita desarrollar la resiliencia climática (UNICEF, 2014) y contribuya al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Agenda 2030.

Así pues, la gestión sostenible del agua emerge como un pilar fundamental para garantizar la conservación de los recursos hídricos, un reto más difícil de afrontar cuando se trata de contrarrestar los efectos del cambio climático. En educación, tenemos el desafío de encontrar los patrones que nos permitan formar a una ciudadanía competente en este reto. Es aquí donde entra en juego la Nueva Cultura del Agua (NCA).

1.1. La Nueva Cultura del Agua

Los tradicionales modelos de gestión basados en una visión productivista del agua, han demostrado ser ineficientes. Son modelos enfocados a maximizar la producción y el uso económico de los recursos hídricos, sin tener en cuenta, muy a menudo, los impactos negativos generados en los ecosistemas acuáticos ni los efectos ambientales a largo plazo. Sin embargo, la necesidad de una gestión del agua según una visión ecosistémica que propone un nuevo enfoque de gestión fundamentado

en la eficiencia, el ahorro y la conservación (del Moral et al., 2015) es un fenómeno reciente, que se inicia a principios de siglo con la NCA.

La NCA fue en un principio un movimiento social que pretendía instaurar nuevos criterios sociales para entender el significado del agua desde una percepción holística e integradora, a partir de la cual se instituyera una ética y una responsabilidad necesarias (Martínez, 2015). Tuvo una fuerte influencia en la declaración de la Directiva Marco de Aguas y en la declaración del agua como Derecho Humano (Pérez, 2015).

Para diferenciar la NCA de la visión tradicional del agua, que hemos denominado Vieja Cultura del Agua (VCA), se plantearon siente contextos teóricos (Benarroch et al., 2021), que son:

- Contexto 1. Desequilibrio hídrico *vs* equilibrio natural: la perspectiva tradicional considera que la escasez del agua está directamente relacionada con la distribución heterogénea de los recursos naturales. Desde la NCA, se considera que, al menos en parte, la actividad antrópica y la gestión inadecuada del agua es causa de dicha escasez.

- Contexto 2. Factor productivo *vs* activo eco-social: en la VCA, el agua es considerada como un factor productivo, un bien económico. Mientras que en la NCA, el agua tiene un valor patrimonial con diferentes funciones (económica y ecológico-social y ambiental).

- Contexto 3. Gobernabilidad del agua *vs* gobernanza del agua**:** en cuanto a la responsabilidad de la gestión del recurso, en la visión tradicional se considera que es de las instituciones y gobiernos, en cambio, la NCA defiende una gobernanza que incluya a todos los sectores implicados en la gestión del agua, incluida la ciudadanía.

- Contexto 4. Gestión de la oferta *vs* gestión de la demanda**:** desde la VCA se aboga por una gestión de la oferta, lo que implica incrementar la cantidad de agua mediante la implementación de obras hidráulicas para satisfacer la demanda. Por

el contrario, la NCA apuesta por una gestión de los recursos hídricos centrada en gestionar la demanda, esto es, mejorar la eficiencia y reducir el consumo.

- Contexto 5. Coste-beneficio *vs* coste-efectividad**:** en cuanto al coste del agua, desde la visión tradicional se aplica el balance monetario coste-beneficio y desde la NCA se promueve garantizar la recuperación íntegra de todos los costes al aplicar el balance coste-efectividad.

- Contexto 6. Agua como derecho humano *vs* agua como deber humano: en la VCA, toda el agua es un recurso considerado como un derecho humano que debe ser satisfecho en todos los casos por los gobiernos. En cambio, la NCA considera que solo el agua-vida es un derecho humano y, por tanto, debe estar garantizada, de manera que el resto de los usos del agua debe llevar asociados una serie de deberes y obligaciones.

- Contexto 7. Consumismo vs consumerismo**:** desde la VCA no se toma consciencia de las repercusiones que tienen sobre los recursos hídricos nuestros hábitos consumistas y alimenticios; sin embargo, la NCA defiende la necesidad de tomar consciencia al respecto, y de fomentar el ahorro tanto directo como indirecto del agua.

2. OBJETIVOS

Los objetivos generales y específicos de este trabajo son:

OG1. Analizar en profundidad el conocimiento de los docentes en activo de Educación Infantil y de Educación Primaria desde la perspectiva de la cultura del agua que presentan.

- OE1.1. Indagar en el conocimiento sobre la NCA en los docentes en activo de Educación Infantil.

- OE2.2. Indagar en el conocimiento sobre la NCA en los docentes en activo de Educación Primaria.

OG2. Comprobar si hay diferencias en el conocimiento que tienen las diferentes poblaciones participantes en el estudio desde la perspectiva de la NCA.

- OE2.1. Realizar estudios comparativos sobre el conocimiento científico relacionado con la cultura del agua en los docentes en activo de Educación Infantil y de Educación Primaria y comprobar si existen diferencias entre ambas muestras.

3. METODOLOGÍA

3.1. Instrumento

La herramienta elegida para este trabajo fue el cuestionario sobre la NCA desarrollado y validado por el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte de Melilla de la Universidad de Granada (Benarroch et al., 2021).

Este cuestionario fue sometido a un proceso de validación en dos etapas. En primer lugar, se llevó a cabo la validación de contenido mediante la participación de un panel de expertos que estuvo compuesto por docentes con experiencia investigadora en la enseñanza de las Ciencias, profesionales del ámbito científico y personal técnico; todos ellos seleccionados debido a su conocimiento y experiencia relacionada con el agua (uso, consumo, gestión, etc.). En la segunda etapa, se sometió el cuestionario a una prueba piloto para evaluar su fiabilidad utilizándose el coeficiente alfa de Cronbach, el cual arrojó un valor de 0,913. Este valor indica una excelente consistencia interna del instrumento, según los criterios establecidos por George y Mallery (2003). Por tanto, podemos afirmar que los resultados de la validación de contenido y la alta fiabilidad del cuestionario respaldan la fiabilidad y solidez del instrumento.

Finalmente, el instrumento se mantuvo fiel a la estructura propuesta por Benarroch et al. (2021). Este consiste en un cuestionario tipo Likert compuesto por 27 preguntas, algunas de ellas subdivididas en subpreguntas, lo que supone un total de 71 ítems. Cada ítem ofrece cuatro

opciones de respuesta (del 1 al 4), permitiendo a los participantes expresar su grado de acuerdo con las afirmaciones presentadas.

Los ítems del cuestionario fueron organizados en los siguientes bloques temáticos:

1. Bloque 1: Protección del recurso hídrico, que abarca las cuestiones de la 1 a la 9 y comprende un total de 17 ítems. Este bloque tiene como objetivo principal averiguar qué percepción tienen los docentes en activo sobre la situación de los recursos hídricos en España y en la ciudad donde residen.

2. Bloque 2: Las dimensiones del agua, que incluye las cuestiones de la 10 a la 14 y se compone de 12 ítems. En este bloque 2 se indaga en el grado de responsabilidad que otorgan los docentes en activo a las partes implicadas en la gestión del agua, así como en el impacto que tienen sobre el medio ambiente las infraestructuras hidráulicas utilizadas para satisfacer la demanda de agua.

3. Bloque 3: La gestión del agua, que engloba las cuestiones de la 15 a la 21 y consta de 23 ítems. Este bloque está enfocado a determinar cómo se posicionan los docentes en activo respecto a la gestión del agua.

4. Bloque 4: Acciones personales asociadas al agua, que abarca las cuestiones de la 22 a la 27 y cuenta con 19 ítems. Este bloque pretende conocer si los docentes en activo son conscientes de cómo los hábitos alimentarios y consumistas afectan al consumo de agua y qué grado de compromiso tienen con respecto al ahorro de agua.

Estos bloques, a su vez, se corresponden con los contextos planteados por Benarroch et al. (2021) en relación con la Nueva Cultura del Agua frente a la Vieja Cultura del Agua como se muestra en la Tabla 1.

***TABLA 1**. Relación de los bloques de contenidos del cuestionario con los contextos de la NCA.*

Bloques	Contextos
B1. Protección del recurso hídrico	C1. Desequilibrio hídrico vs equilibrio natural
B2. Dimensiones del agua	C2. Factor productivo vs activo eco-social C3. Gobernabilidad del agua vs gobernanza del agua
B3. Gestión del agua	C4. Gestión de la oferta vs gestión de la demanda C5. Coste-beneficio vs coste-efectividad
B4. Acciones personales asociadas al agua	C6. Agua como derecho humano vs deber humano C7. Consumismo vs consumerismo

3.2. Contexto y participantes

El contexto de este estudio está enmarcado en la Ciudad Autónoma de Melilla (CAM). Esta localidad española multicultural situada en la costa norteafricana se caracteriza por sus problemas de gestión y suministro de agua debido a la escasez y agotamiento de sus recursos hídricos naturales, siendo su principal fuente de abastecimiento, en estos momentos, el agua desalada procedente de una Instalación de desalinización de agua de mar (IDAM) (MITECO, 2022). A pesar de su escasez, en el año 2021 registró un consumo de 270 litros por habitante y día (OTRH, 2021), cifra que duplica el promedio nacional de 133 litros por habitante y día (INE, 2021).

La investigación se ha llevado a cabo con un total de 170 docentes de Educación Infantil (N=78) y de Educación Primaria (N=92) que ejercen su profesión en diferentes centros educativos de la CAM. Como se puede apreciar en la Tabla 2, ambas muestras resultaron ser mayoritariamente femeninas y se identifican principalmente con la cultura europea. Tanto el rango de edad como el de años de experiencia docente es amplio en ambas muestras con una media de edad que oscila alrededor de los 42-44 años y una media de experiencia docente de 15-16 años.

***TABLA 2**. Características sociodemográficas de los docentes en activo de Educación Infantil y de Educación Primaria y de la muestra conjunta.*

Variables		Docentes de Ed. Infantil (N=78)	Docentes de Ed. Primaria (N=92)	Muestra conjunta (N=170)
Género	Hombre	6 (7,7%)	19 (20,7%)	25 (14,7%)
	Mujer	72 (92,3%)	73 (79,3%)	145 (85,3%)
Edad	Mínimo-Máximo	24-66	21-65	21-66
	Media (DT)	43,8 (8,284)	42,4 (11,016)	43,1 (9,855)
Años de experiencia	Mínimo-Máximo	2-43	1-44	1-44
	Media (DT)	15,1 (8,970)	15,92 (10,474)	15,54 (9,793)
Cultura	Europea	58 (74,4%)	81 (88%)	139 (81,8%)
	Bereber	18 (23,1%)	11 (12%)	29 (17,1%)
	Hebrea	2 (2,6%)	-	2 (1,2%)

3.3. Procedimiento

El cuestionario se administró en los diferentes centros educativos de Educación Infantil y de Educación Primaria de la CAM tanto de forma presencial como en línea utilizando la herramienta de *Google Forms*.

Se llevó a cabo un análisis de la fiabilidad del cuestionario para cada una de las muestras utilizándose el estadístico alfa de Cronbach que arrojó un valor de alfa de 0,914 para la muestra de los docentes de Educación Infantil y un valor de 0,865 para los docentes de Educación Primaria, lo que representa una fiabilidad interna bastante buena en ambos casos (George y Mallery, 2009).

Para llevar a cabo el análisis de los datos obtenidos fue necesario identificar los ítems inversos, que son aquellos ítems que por su formulación miden en sentido contrario al resto del cuestionario, es decir, las puntuaciones deseadas se encuentran en las opciones 1 (Estoy totalmente en desacuerdo) y 2 (En desacuerdo) mientras que el resto de los ítems se encuentran en las opciones 3 (De acuerdo) y 4 (Totalmente de acuerdo). Estos ítems se han identificado con una "i" unida al número del ítem. Para igualar el comportamiento de todos los ítems, se modificaron los datos de los ítems inversos, alternando sus puntuaciones 1 y 4, así como sus puntuaciones 2 y 3.

Además, se crearon cuatro variables tituladas "Bloque1", "Bloque2", "Bloque3" y "Bloque4" que resumen los resultados en cada uno de los bloques, pues se obtienen mediante la suma aritmética de los datos de los ítems que componen el bloque. También se creó la variable "Global" que representa el resultado global al cuestionario, y se calcula como la suma aritmética de los datos de todos sus ítems.

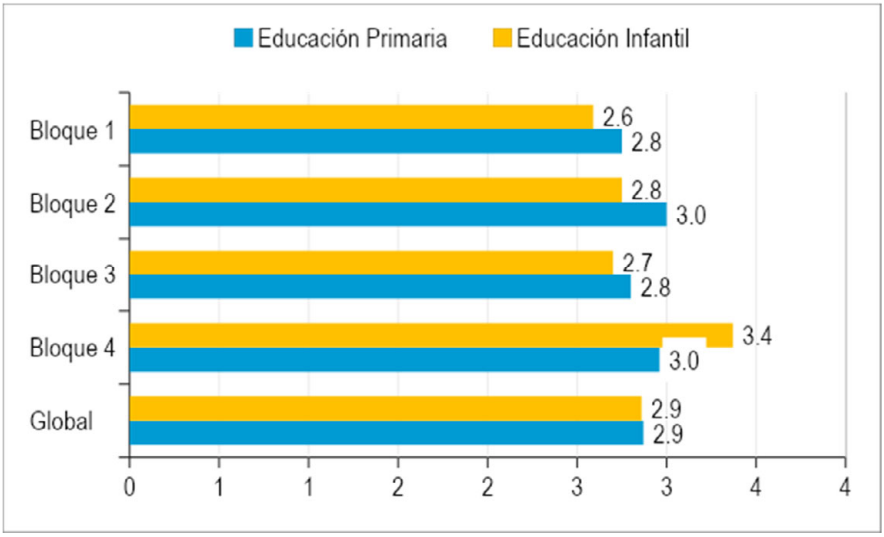
Por último, para analizar las posibles diferencias significativas entre las respuestas proporcionadas por los docentes en activo de Educación Infantil y de Educación Primaria se utilizó la prueba *U de Mann-Whitney*, ya que el análisis previo del test de *Kolmogorov-Smirnov* mostró que las variables no seguían la distribución normal.

Todos los análisis se han realizado mediante el software de análisis estadístico IBM SPSS versión 28.

4. RESULTADOS

Como se muestra en el Gráfico I, los valores medios de los resultados por bloques de ítems se sitúan por encima de la media teórica (2,5). Esto indica que los docentes en activo de Educación Infantil y de Educación Primaria tuvieron amplios conocimientos acertados respecto al agua, pero también fuertes lagunas que les impedirían desarrollar diseños educativos que ayuden a los niños a profundizar en su comprensión de las cuestiones relacionadas con la sostenibilidad y a convertirse en ciudadanos capacitados que velen por un futuro sostenible (Ampartzaki et al., 2021).

GRÁFICO 1. *Comparativa entre las medias obtenidas entre ambas muestras.*



Al comparar los resultados entre bloques se observa una tendencia generalizada. En concreto, en ambas muestras el *Bloque □: Acciones personales asociadas al agua* obtiene los mejores resultados seguido del *Bloque □: Dimensiones del agua*. Sin embargo, si bien en la muestra de docentes de Educación Infantil el *Bloque □: Gestión del agua* es el siguiente en mejores resultados y el *Bloque 1: Protección del recurso hídrico* es el que obtiene los valores más bajos; en la de docentes de Educación Primaria, estos dos últimos bloques obtienen el mismo resultado.

A continuación, se muestran los ítems en los que se producen diferencias significativas ($p<0,05$), agrupados según los bloques de contenido.

Bloque 1: Protección del recurso hídrico

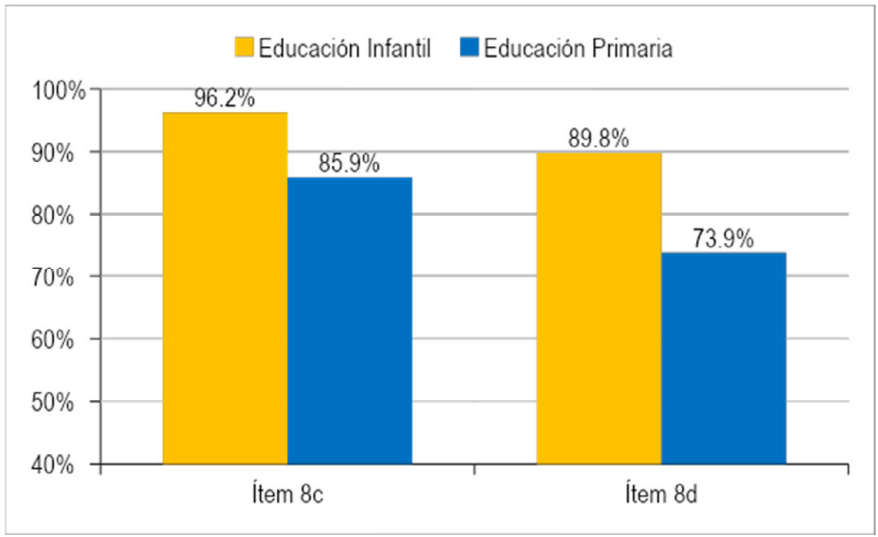
Se obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$) entre las muestras comparadas, tan solo en dos ítems. El enunciado de estos ítems es el siguiente:

– Los principales problemas que afectan al agua en España son: Vertidos de agua sin depurar (ítem 8c).

– – Los principales problemas que afectan al agua en España son: Mala calidad del agua (ítem 8d).

En el Gráfico 2 se muestra el porcentaje de respuesta correcta de los ítems donde se han obtenido diferencias significativas para el bloque 1.

GRÁFICO 2. *Porcentaje de respuesta de las opciones más alineadas con la NCA para los ítems del bloque 1 con diferencias significativas entre ambos colectivos.*



Tanto los docentes de Educación Infantil como los de Educación Primaria son conscientes de algunos problemas relacionados con el agua en el territorio nacional, como son los vertidos de aguas residuales sin depurar (ítem 8c) y la mala calidad del agua (ítem 8d). Se observa que los docentes de Educación Infantil parecen tener una mayor conciencia de estos problemas en comparación con los docentes de Educación Primaria.

Bloque 2: Dimensiones del agua

Se obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$) entre las muestras comparadas, en tres ítems. El enunciado de estos ítems es el siguiente:

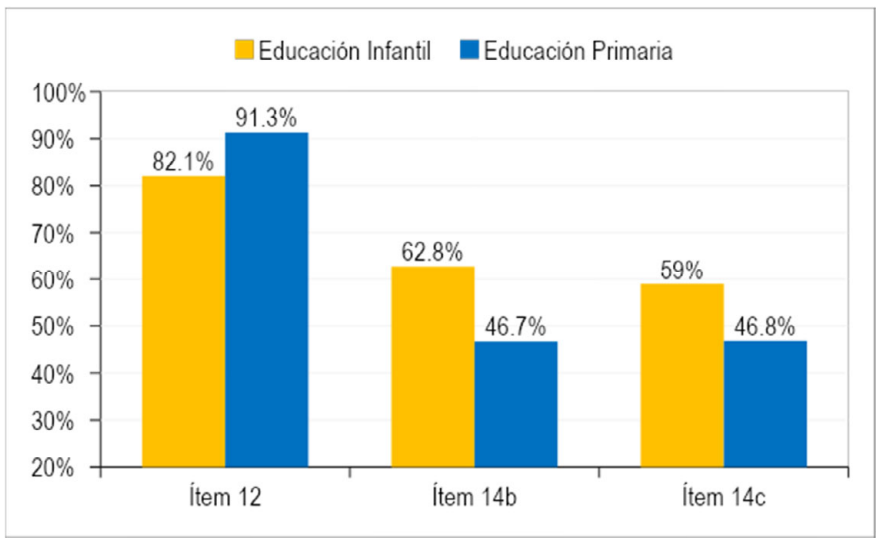
– Con el cambio climático los recursos de agua serán cada vez más escasos (ítem 12).

– Las soluciones siguientes que se suelen utilizar para conseguir el agua que consumimos perjudican al medio ambiente: Construcciones de presas (ítem 14b).

– Las soluciones siguientes que se suelen utilizar para conseguir el agua que consumimos perjudican al medio ambiente: Construcciones de embalses (ítem 14c).

En el Gráfico 3 se muestra el porcentaje de respuesta correcta de los ítems donde se han obtenido diferencias significativas para el bloque 2.

GRÁFICO 3. *Porcentaje de respuesta de las opciones más alineadas con la NCA para los ítems del bloque 2 con diferencias significativas entre ambos colectivos.*



Es razonable concluir, a la vista del Gráfico 3, que hay una evidente discrepancia entre el profesorado de Educación Infantil y el de Educación Primaria sobre el daño que causan las grandes obras hidráulicas construidas para incrementar la oferta de agua (ítems 14b y 14c), pues los primeros son más conscientes que los segundos del daño medioambiental que suponen.

Sin embargo, son los docentes de Educación Primaria los que tienen una mayor consciencia del efecto que tiene el cambio climático sobre al agua al afectar a su disponibilidad (ítem 12).

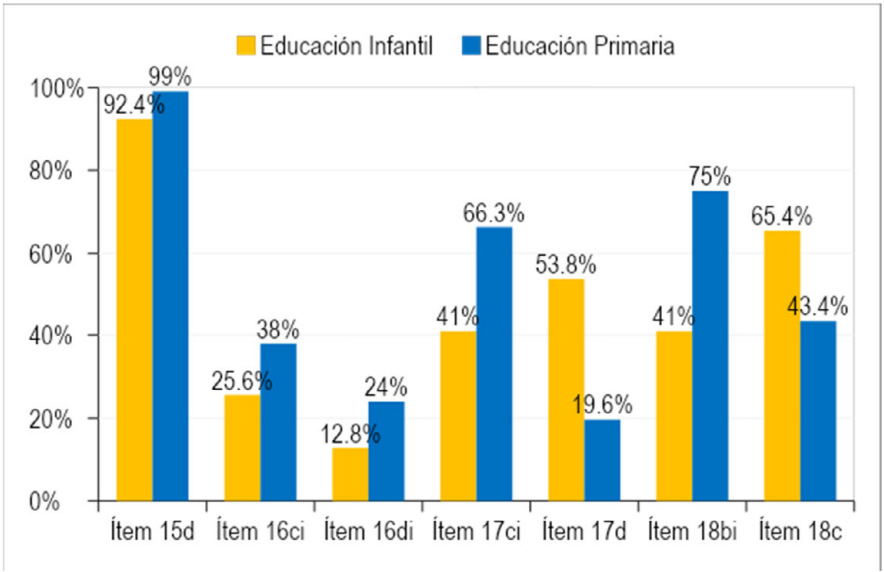
Bloque 3: Gestión del agua

Se obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$) entre las muestras comparadas, en siete ítems. El enunciado de estos ítems es el siguiente:

- Si fueras un responsable de la gestión del agua en España, apostarías por: Concienciar a la ciudadanía para que reduzca el consumo personal, familiar y profesional (ítem 15d).
- Si fueras un responsable de la gestión del agua en Melilla, apostarías por: Sacar más agua de los pozos (ítem 16ci).
- Si fueras un responsable de la gestión del agua en Melilla, apostarías por: Construir más embalses (ítem 16di).
- El agua que uso en casa procede de…: Directamente de la lluvia (ítem 17ci).
- El agua que uso en casa procede de…: De los pantanos (ítem 17d).
- El agua que ya hemos utilizado va…: Directamente al río (ítem 18bi).
- El agua que ya hemos utilizado va…: Como agua de riego, después de su tratamiento (ítem 18c).

En el Gráfico 4 se muestra el porcentaje de respuesta correcta de los ítems donde se han obtenido diferencias significativas para el bloque 3.

GRÁFICO 4. *Porcentaje de respuesta de las opciones más alineadas con la NCA para los ítems del bloque 3 con diferencias significativas entre ambos colectivos*



Ambas poblaciones de profesorado apuestan claramente por el fomento del ahorro a través de la concienciación de la ciudadanía para reducir el consumo a todos los niveles (personal, familiar y profesional) (ítem 15d) y no están a favor de apostar por medidas que aseguren el suministro aumentando la cantidad de agua a través de la sobreexplotación de los pozos (ítem 16ci) o de la obtención de más agua embalsada (ítem 16di).

Respecto al ciclo del agua, el profesorado de Educación Primaria parece conocer mejor que el de Educación Infantil que el agua que se usa en Melilla no procede directamente de la lluvia (ítem 17ci), pero desconoce en gran medida que la ciudad cuenta con el Embalse de las Adelfas construido con la finalidad de almacenar 350.000 m^3 de agua (ítem 17d).

Por otro lado, los docentes de Educación Infantil respecto a los de Educación Primaria fallan al considerar que el agua de saneamiento es vertida directamente al río (ítem 18bi), pero aciertan en que es utilizada como agua de riego después de ser tratada (ítem 18c).

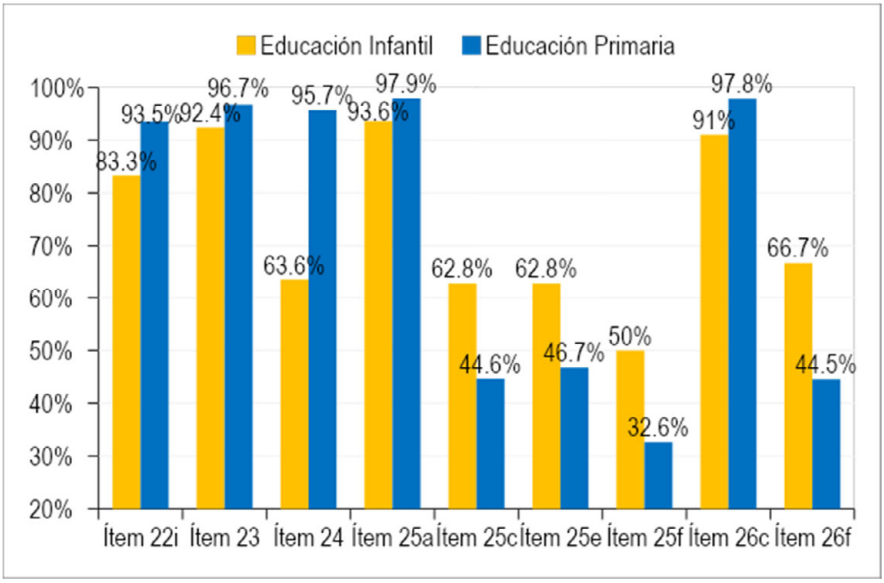
Bloque 4: Acciones personales asociadas al agua

Se obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$) entre las muestras comparadas, en nueve ítems. El enunciado de estos ítems es el siguiente:

- Dada la cantidad de agua que hay en la Tierra, no creo que sea importante el ahorro de (ítem 22i).
- En España debemos ahorrar agua (ítem 23).
- En Melilla debemos ahorrar agua (ítem 24).
- En los hogares, podríamos ahorrar agua…: Cerrando el grifo al lavarnos los dientes o al enjabonarnos (ítem 25a).
- En los hogares, podríamos ahorrar agua…: Consumiendo alimentos, sobre todo, de origen vegetal (ítem 25c).
- En los hogares, podríamos ahorrar agua…: Comprando menos ropa (ítem 25e).
- En los hogares, podríamos ahorrar agua…: Consumiendo menos carne (ítem 25f).
- En nuestro entorno urbano, podríamos ahorrar agua…: Construyendo sistemas de recogida independientes de agua de lluvia (ítem 26c).
- En nuestro entorno urbano, podríamos ahorrar agua…: Eliminando piscinas privadas (ítem 26f).

En el Gráfico 5 se muestra el porcentaje de respuesta correcta de los ítems donde se han obtenido diferencias significativas para el bloque 4.

GRÁFICO 5. *Porcentaje de respuesta de las opciones más alineadas con la NCA para los ítems del bloque 4 con diferencias significativas entre ambos colectivos.*



Como se puede observar en el Gráfico 5, todos los encuestados, pero en mayor medida el profesorado de Educación Primaria consideran que es imprescindible ahorrar agua tanto a nivel global (ítems 22í), como a nivel nacional (ítem 23) y local (ítem 24). Los docentes de Educación Primaria apuestan más por aplicar medidas más comunes que suelen llevarse a cabo en el hogar, como cerrar el grifo al lavarnos los dientes o al enjabonarnos (ítem 25a), pero también por los sistemas de recogida de lluvia independientes (ítem 26c). En cambio, los docentes de Educación Infantil apuestan por cambiar los hábitos alimenticios y consumistas, como elegir alimentos de origen vegetal, consumir menos carne (ítems 25c y 25f) y comprar menos ropa (ítem 25e), y también por renunciar a las actividades lúdicas como las piscinas privadas (ítem 26f). Parece ser que son estos últimos los que tienen una visión más amplia de cómo los hábitos de consumo pueden afectar a la disponibilidad del agua.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al comparar los resultados entre ambas muestras de docentes de Educación Infantil y de Educación Primaria, encontramos algunas diferencias, incluso significativas, cuya explicación dista mucho de ser fácil. Así, por ejemplo:

1. Tanto los docentes de Educación Infantil como los de Educación Primaria tienen deficiencias graves respecto a los problemas que afectan al agua en el país, con especial énfasis en el vertido de aguas residuales sin depurar y la mala calidad del agua. Comparativamente, los docentes de **Educación Primaria** parecen tener una mayor conciencia de estos problemas en comparación con los de Educación Infantil.

2. En cuanto al impacto ambiental de las grandes obras hidráulicas, por el contrario, los docentes de **Educación Infantil** son más conscientes del daño medioambiental que representan estas obras en comparación con sus colegas de Educación Primaria.

3. Con respecto al ciclo del agua, aunque se detecta un cierto desconocimiento sobre el ciclo integral del agua en ambas muestras, los docentes de **Educación Primaria** lo tienen algo más aminorado respecto a los de Infantil.

4. Asimismo, aunque ambos colectivos respaldan el fomento del ahorro de agua y la concienciación de la ciudadanía para reducir el consumo en todos los niveles, en lugar de aumentar la disponibilidad de agua mediante la sobreexplotación de pozos o la construcción de embalses, los docentes de **Educación Primaria** parecen tenerlo más claro que los de Infantil.

5. Frente a lo anterior, los docentes de **Educación Infantil** son los que muestran una mayor disposición a cambiar sus hábitos consumistas y a renunciar a actividades lúdicas como las piscinas privadas. Parece que estos docentes tienen una comprensión más amplia de cómo los hábitos de consumo pueden impactar en la disponibilidad del agua.

A la vista de estos resultados, nos atrevemos a afirmar que cada grupo de docentes se puede estar viendo afectado por los conocimientos y actividades de sus particulares historiales curriculares y personales, sin que haya una explicación plausible de estos resultados relacionada con sus propias características profesionales.

6. CONCLUSIONES

Este estudio se ha centrado en las diferencias entre los conocimientos de docentes en activo de Educación Infantil y de Educación Primaria, ambos colectivos con un rol fundamental en la educación de los escolares a cuyo desarrollo integral contribuyen de forma decisiva (MEFP, 2022a; 2022b).

Los resultados obtenidos nos permiten extraer las siguientes conclusiones. En primer lugar, existe una falta de concienciación entre los docentes, tanto de Infantil como de Educación Primaria, sobre las implicaciones sociales, ambientales y económicas relacionadas con una mala gestión del agua. Esto sugiere una reivindicación de la importancia de la Educación Ambiental en las escuelas para abordar esta brecha de conocimiento y fomentar una comprensión más sólida de los problemas del agua y su impacto en el entorno.

Desafortunadamente, la Educación Ambiental es un campo pedagógico relativamente emergente que está comenzando a adquirir una legitimidad en la educación en general y, como cualquier campo en desarrollo, presenta una marcada asimetría, de modo que se expresa de formas muy diferentes en espacios de actuación distintos (González, 2000).

En segundo lugar, es alentador ver que los docentes tanto de Educación Infantil como de Educación Primaria tienen un alto grado de concienciación de los efectos demoledores que el cambio climático tiene en la disponibilidad del agua. Esto sugiere que la educación sobre el cambio climático, o la influencia de los medios de comunicación, están ejerciendo un impacto positivo en el profesorado, lo que es muy relevante para afrontar el estado de emergencia planetaria a la que es preciso reaccionar para sentar las bases de un futuro sostenible.

En tercer y último lugar, como se ha dicho en el apartado anterior, no se han encontrado patrones explicativos de las diferencias entre ambas muestras, lo cual indica que hay que ampliar la investigación, incluidas las muestras utilizadas, para que lleguen a ser mínimamente representativas de los colectivos profesionales respectivos.

7. REFERENCIAS

Ampartzaki, M., Kalogiannakis, M., y Papadakis, S. (2021). Deepening Our Knowledge about Sustainability Education in the Early Years: Lessons from a Water Project. Education Sciences, 11(6), 251, https://doi.org/10.3390/educsci11060251

Benarroch, A., Rodríguez-Serrano, M., y Ramírez-Segado, A. (2021). The New Water Culture versus the traditional: Design and validation of a questionnaire to discriminate between both. Sustainability, 13(4), 2174. https://doi.org/10.3390/su13042174

Del Moral, L., Arrojo, P., y Herrera, A. (2015). El agua perspectiva ecosistémica y gestión integrada. Fundación Nueva Cultura del Agua

George, D. y Mallery, P. (2009). SPSS for Windows step by step: A Simple Guide and Reference 16.0 Update (9th Ed.). Pearson Education.

González, E. (2000). La transversalidad de la Educación Ambiental en el currículum de la enseñanza básica. En Reflexiones sobre Educación Ambiental II. Artículos publicados en la Carpeta Informativa del CENEAM 2000-2006. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente

Iglesias, A., Estrela, T. y Gallart, F. (2005). Impactos sobre los recursos hídricos. En J.M. Moreno (Coord.), Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente.

Martínez, F.J. (2015). Una nueva cultura del agua: su significado y su por qué. Fundación Nueva Cultura del Agua, 1-9.

MEFP (2022a). Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. Boletín Oficial del Estado § I 28. https://www.boe.es/boe/dias/2022/02/02/pdfs/BOE-A-2022-1654.pdf

MEFP (2022b). 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 § I 52. https://www.boe.es/boe/dias/2022/03/02/pdfs/BOE-A-2022-3296.pdf

MITECO (2022). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Melilla (2022-20227). Anejo nº2. Inventario de Recursos Hídricos. https://www.chguadalquivir.es/documents/10182/2565404/PHMelilla_ANEJO2.pdf/005e0d81-06ce-5a70-7d74-8858a77202d2

Muggha, R. (2021). Cambio climático, el multiplicador de las crisis. Política exterior, 35(202), 134-143.

OTRH (2022). Estadísticas Agua Año 2021. [Documento impreso].

Pérez, R. (2015). La Nueva Cultura del Agua, el camino hacia una gestión sostenible. Causas e impactos a la crisis global del agua. Cuadernos de Trabajo Hegoa, 68, 1-53. https://ojs.ehu.eus/index.php/hegoa/article/view/15672/13586

UNICEF (2014). Desarrollo resiliente al clima de los servicios de agua, saneamiento e higiene. Marco estratégico. https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/publications/unicef-gwp/gwp_unicef_strategic_framework_es.pdf

UN-WATER (2019). UN-Water Policy Brief on Climate Change and Water. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN_Water_PolicyBrief_ClimateChange_Water.pdf

Word Bank (2023). What the Future Has in Store: A New Paradigm for Water Storage. Overview for Policy Makers. https://thedocs.worldbank.org/en/doc/cdf0e6dd0ee5587caa12caf3d3ab8aa2-0320082023/related/W22038-Water-Storage-Overview-Feb-2023.pdf

Yeves, E., Huete, L. y Javaloyes, P. (2018). Los grandes desafíos: ¿Estamos a tiempo de salvar nuestro planeta? Volumen 1 de El estado del planeta. Ediciones El País S.L.

LIBROS DE TEXTO Y CURRÍCULO OFICIAL: CONTRIBUCIONES A LA NUEVA CULTURA DEL AGUA EN COLOMBIA

FREDDY ENRIQUE CASTRO-VELÁSQUEZ
Secretaría de Educación Distrital de Bogotá
Universidad de Granada

ALEJANDRA RAMÍREZ-SEGADO
Universidad de Granada

ALICIA BENARROCH BENARROCH
Universidad de Granada

1. INTRODUCCIÓN

El valor del agua va mucho más allá de su precio. Entendiendo el término valor como lo que un comprador/consumidor daría a cambio de la utilidad que recibe por la adquisición del producto/servicio, de modo similar al valor del sol, el valor del agua es infinito (Naciones Unidas [UN], 2021). Frecuentemente, no obstante, la humanidad ha dado mayor relevancia a la valoración económica y productiva del agua, y se ha restado importancia a sus valores éticos, medioambientales, sociales, culturales, y emocionales. Como parte de una desmedida ambición de desarrollo, el actuar antropocentrista ha conllevado al quebranto de la disponibilidad hídrica planetaria (Vilches y Gil-Pérez, 2009). Dicho colapso se ha acelerado en el último siglo, debido al fuerte crecimiento demográfico, la contaminación y el cambio climático (Pérez, 2015).

Ante este escenario, en 2015, los líderes mundiales declararon 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como estrategia para solventar las debacles planetarias, entre ellas la del agua. El estado actual de los indicadores de la Agenda 2030 muestra que sus objetivos y metas no se cumplirán según lo previsto, en especial aquellos que guardan relación con el agua (UN, 2023a). Estudios recientes han demostrado que uno

de los principales factores que contribuye a la gestión inadecuada y el uso insostenible del agua es la falta de comprensión de ciudadanos y usuarios del funcionamiento de los sistemas hídricos (McCarroll y Hamann, 2020).

Esto evidencia que la búsqueda del desarrollo sostenible de la humanidad no ha conseguido superar el paradigma dominante de gestión, uso y cuidado del agua. Por ello, se requiere que la sociedad emprenda una transición cultural (Gil-Pérez y Vilches, 2023) y trabaje en conjunto por un futuro sostenible y socialmente equilibrado, en el que el agua sea concebida, gestionada, valorada y protegida para el beneficio de todo el planeta (UN, 2023b).

Este llamamiento no es nuevo, pues viene consolidándose desde los inicios del presente siglo con la Declaración Europea por una Nueva Cultura del Agua (2005). Dicha iniciativa se consolidó gracias a un amplio movimiento de académicos, expertos en materia de gestión de aguas y ciudadanos que convergieron en el ideal de promover un enfoque cultural alternativo denominado "Nueva Cultura del Agua" (en adelante, NCA) (Fundación Nueva Cultura del Agua, 2023). Esta alternativa propone valorar el agua como un activo ecosocial, bajo un enfoque de gestión ecosistémica, cimentado en los pilares de la equidad, la eficiencia, el ahorro y la conservación del patrimonio hídrico (Pérez, 2015).

Las principales ideas que distinguen la NCA del enfoque tradicional son condensadas por Benarroch et al. (2021) y Benarroch et al. (2022) en siete contextos teóricos y 15 subcontextos, sintetizados en la Tabla 1. A cada uno de estos contextos se asocian dos subcontextos. El contexto C2 recoge tres subcontextos, debido a la importancia que representan las actividades de reflexión crítica en este ámbito (op. cit.).

TABLA 1. *Contextos y subcontextos que diferencian la vieja cultura hídrica de la NCA*

Contexto	Subcontexto
C1. Desequilibrio Hídrico vs Equilibrio Natural	C1.1 Equilibrio y desequilibrio hídrico C1.2 El agua como recurso "renovable"
C2. Recurso Productivo vs Activo Eco-social	C2.1 Funciones del agua C2.2 Valoración del agua C2.3 Actividades de reflexión crítica sobre la importancia del agua para la vida
C3. Gobernabilidad del Agua vs Gobernanza del Agua	C3.1 Responsabilidad en la gestión del agua y participación ciudadana C3.2 Movimientos que promueven la NCA
C4. Gestión de la Oferta vs Gestión de la Demanda	C4.1 Gestión del agua C4.2 Consecuencias de las obras hidráulicas
C5. Costo-Beneficio vs Costo-Efectividad	C5.1 Costos diferenciados según usos del agua C5.2 Quien contamina, paga
C6. El Agua como derecho humano vs Deber Humano	C6.1 Agua como derecho humano C6.2 Solidaridad frente a carencias de agua
C7. Consumismo vs Consumo Responsable y Sostenible	C7.1 Ahorro de agua C7.2 Consumismo

Adaptado de Benarroch et al. (2021; 2022)

Rol de la educación en la transición a la sostenibilidad hídrica

La alfabetización hídrica es clave en el proceso de transformación de las concepciones que la humanidad tiene alrededor del agua (McCarroll y Hamann, 2020; Sammel et al., 2018; UNESCO, 2020). Como protagonistas especiales de dicha transformación, se encuentra el profesorado, colectivo de especial relevancia en la multiplicación de sus propias concepciones. En el entorno escolar, a través de sus enseñanzas, los docentes pueden ser dinamizadores del tránsito hacia la sostenibilidad hídrica o, por el contrario, pueden perpetuar las concepciones tradicionales del agua.

El currículo oficial, los libros de texto y el profesorado

Además de sus propias concepciones, resulta relevante el papel que juegan el currículo oficial y los libros de texto como referencias a los que recurren los educadores para orientar, organizar y legitimar los contenidos que llevan al aula de clase (Hanisch et al., 2014; Khiri et al., 2023).

El currículo oficial abarca mucho más que el contenido del plan de estudios; está formado por el conjunto de documentos que oficializan las autoridades educativas y que fijan los programas de las asignaturas, los contenidos mínimos, los objetivos que se deben alcanzar, las orientaciones para su implementación y los métodos de evaluación, entre otros elementos que se integran en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Rodríguez-Hidalgo, 2013; UNESCO, 2016).

El Ministerio de Educación Nacional de Colombia [MEN] ha sido el encargado de emanar el currículo oficial de la educación básica y media en este país. Cabe señalar que en las áreas de ciencias naturales y de ciencias sociales recaen primordialmente las enseñanzas del agua en la educación básica colombiana (Castro-Velásquez y Benarroch, 2023). Por ello, este trabajo se centra en los referentes curriculares nacionales de estas disciplinas. Estos están compuestos por tres derroteros publicados de forma consecutiva, a saber: Lineamientos Curriculares (LC) de ciencias naturales (MEN, 1998a) y de ciencias sociales (MEN, 1998b); Estándares Básicos de Competencias de sociales y de naturales (EBC) (MEN, 2004); y Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) de ciencias naturales (MEN, 2016a) y de ciencias sociales (MEN, 2016b). Todos se articulan entre sí y todos permanecen vigentes. En el particular de las ciencias se propone el desarrollo de tres tipos de competencias de forma integral: saberes conceptuales, saberes procedimentales y saberes actitudinales (MEN, 2004). En dichos derroteros se apuesta por promover la interrelación y los múltiples puntos de confluencia que existen entre las ciencias (MEN, 2004), a fin de estudiar y reflexionar el mundo a través de interpretaciones holísticas e interdisciplinares (MEN, 1998b).

Dichos derroteros curriculares son considerados una guía referencial y no son normativas de obligatorio cumplimiento para los establecimientos educativos (MEN, 2004). Por el contrario, el MEN otorga a las instituciones educativas, profesorado y editoriales la responsabilidad de desarrollar programas educativos que contribuyan a la realización personal de los educandos como personas integrales, al tiempo que brindan una formación científica solida (MEN, 1998a).

La bibliografía demuestra que los educadores no suelen actuar como diseñadores de sus programaciones, sino que más bien dejan esa tarea a las editoriales y a los libros de texto (Fernández y Caballero, 2017). De esta manera, el libro se configura como la guía que orienta el rumbo de la enseñanza en buena parte de las aulas. Estos recursos educativos son más que un simple conglomerado de contenidos; pues de una parte, son un material creado específicamente para su uso en la enseñanza escolar, y de otra, son un complejo producto cultural permeado por enfoques didácticos, sociales, comunicacionales, políticos y económicos, que responden a las lógicas del mercado y el consumo, entre otros (Fernández y Caballero, 2017; Ide et al., 2019). Mientras que en algunos países existen libros de texto prescritos y llegan a ser de uso obligatorio, en Colombia no existe prescripción ante dichos recursos.

Entre los estudios que indagan alrededor de las didácticas del agua en los referentes curriculares y los libros de texto, se encuentra que, frente a algunos que apuestan por la sostenibilidad hídrica (Amahmid et al., 2018; Hussein, 2018; Ray et al., 2015), hay otros en los que escasean las enseñanzas del agua o están completamente fragmentadas (Khiri et al., 2023; Marcén y Cuadrat, 2012; Martínez-Borreguero et al., 2020; Xiong et al., 2016). No obstante, no se encuentran estudios que cotejen los aportes que hacen estos dos derroteros a la educación para sostenibilidad hídrica en Colombia, ni indagan alrededor de su grado de afinidad con la NCA.

En este estudio, se coteja el análisis desarrollado en dos investigaciones previas alrededor de las perspectivas culturales que albergan el currículo oficial colombiano de educación básica y una muestra de libros de texto de este nivel educativo. Estos análisis se enfocan en las ciencias naturales y en las ciencias sociales por ser las asignaturas que por tradición están vinculadas con las didácticas del agua (Amahmid et al., 2018; Castro-Velásquez y Benarroch, 2023; Khiri et al., 2023; Xiong et al., 2016).

2. OBJETIVO

Esta investigación retoma los hallazgos del análisis adelantado por Castro-Velásquez (2022) alrededor de los referentes curriculares, y los

coteja con los de los libros de texto reseñados en Benarroch et al. (2022); con lo que se pretende conocer las posibles contribuciones que estos hacen a la construcción de una NCA como derroteros de la educación básica colombiana, en la enseñanza de las ciencias naturales y las ciencias sociales.

3. METODOLOGÍA

3.1. Contexto hídrico colombiano

Colombia se encuentra ubicada en el extremo noroccidental de América del Sur. Su variedad climática y biodiversidad es bastante amplia. El indicador de recursos de agua dulce internos renovables per cápita de Colombia excede en ocho veces el promedio global y alrededor de 20 veces el de países como España (World Bank, 2022). En su territorio se alberga el 5% del recurso hídrico de todo el planeta (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2019).

Sin embargo, estos valores globales contrastan con problemas importantes de seguridad hídrica en el interior del país (op. cit.). Además, un amplio margen de descargas contaminantes afectan a la calidad del agua, pues del total de aguas residuales producidas a nivel nacional, se reutiliza una mínima parte y el 48% retorna a los ecosistemas sin ser depurada (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia, 2022). Dichos indicadores son, no obstante, mejores que los del panorama global, pues se estima que el 80% de las aguas residuales industriales y municipales del planeta, son vertidas al medio ambiente sin ningún tratamiento previo (UN, 2021).

3.2. Diseño metodológico de los estudios previos

La metodología adoptada por Castro-Velásquez (2022) y por Benarroch et al. (2022) es análoga y ambos emplean el mismo instrumento de análisis. El diseño metodológico desarrollado en las dos investigaciones se condensa en cuatro etapas resumidas a continuación:

Etapa 1. Selección de los referentes curriculares y de la muestra de libros de texto

Se seleccionaron los tres derroteros curriculares colombianos vigentes para la educación básica primaria y secundaria, señalados anteriormente (Castro-Velásquez, 2022): Lineamientos Curriculares (LC), Estándares Básicos de Competencias (EBC) y Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), todos ellos relacionados con las áreas de ciencias sociales y de ciencias naturales.

La muestra de libros de texto estuvo compuesta por 10 manuales colombianos editados entre 2012 y 2020, cinco de ciencias naturales y otros cinco de ciencias sociales, dirigidos a estudiantes de 14-15 años de edad. Estos corresponden al grado 9º, por ser el último grado de educación básica en el país. Se eligieron por ser los textos de las cinco editoriales empleadas con mayor frecuencia por el profesorado bogotano que orienta dichas áreas en el grado en mención (Benarroch et al., 2022).

Etapa 2. Construcción de la taxonomía de análisis

El estudio de los referentes curriculares de Castro-Velásquez (2022) y el de libros de texto de Benarroch et al. (2022), comparten como instrumento de análisis la estructura taxonómica de clasificación cualitativa presentada en Benarroch et al. (2022). Dicha estructura retoma los siete contextos teóricos propuestos por Benarroch et al. (2021), en los que se contrasta el paradigma tradicional del agua con lo planteado desde la NCA, como se explica en la Tabla 1.

> Al interior de cada subcontexto se generó una escala cuantitativa que gradúa con un valor numérico entre el uno y el tres cada uno de los contenidos analizados, con el fin de caracterizar su potencial formativo y su afinidad con la NCA. De este modo, el valor uno indica que la unidad de contenido está enmarcada en la cultura tradicional del agua. En contraste, el valor tres representa mayor afinidad con la NCA. Como es de esperar, el valor numérico dos simboliza un estado intermedio o en transición (Benarroch et al., 2022). Esta estructura fue construida y depurada por un equipo de cinco investigadores. El instrumento cuenta con validez de constructo al estar cimentado en los contextos teóricos que diferencian la vieja y la NCA. No obstante, fue sometido a una validación de contenido a través del juicio de expertos (op. cit.).

Etapa 3. Definición de criterios para la selección de las Unidades de Enseñanza-Aprendizaje

Las unidades de contenido analizadas en ambos estudios se denominaron Unidades de Enseñanza y Aprendizaje (en adelante UEA). Se seleccionaron los textos relacionados con alguno de los apartados contemplados en los contextos, subcontextos e indicadores de la taxonomía de análisis. En este sentido, fueron descartadas aquellas unidades que no implicaban una transmisión cultural del agua, como es el caso de contenidos que abordan el agua desde una perspectiva exclusivamente informativa (p.e. el agua está formada por un átomo de hidrógeno y dos de oxígeno).

Etapa 4. Identificación y clasificación de las UEA

Las UEA fueron identificadas en los referentes curriculares por tres investigadores y en los libros de texto por cinco investigadores. En primera instancia, cada investigador identificó las UEA que respondían a los criterios de selección, las asociaba a uno de los 15 subcontextos y las valoraba adjudicándoles uno de los indicadores taxonómicos propuestos. Posteriormente, dicha selección se contrastó en equipo y se mantuvieron aquellas en las que hubo consenso. Las discrepancias en la selección y valoración de las UEA se resolvieron tras debatir y defender con argumentos las posturas de cada investigador hasta alcanzar una mayoría de consenso.

3.3. Metodología del análisis comparativo de los referentes curriculares y de los libros de texto

Las muestras de los estudios a comparar mantienen ciertas diferencias en cuanto a los grados escolares en los que se enfocan. Pues de una parte, Castro-Velásquez (2022) estudia los referentes curriculares de los nueve grados de educación básica; y por otra, la muestra de libros de texto de Benarroch et al. (2022) se centra en libros de grado noveno y no analiza manuales de otros grados. No obstante, esta cuestión fue estudiada por Benarroch et al. (2022), quienes al analizar previamente el currículo colombiano encontraron que los libros de texto de 9º grado

vinculan gran parte de los contenidos curriculares de los diversos grados de educación básica.

Aunque los hallazgos previos de ambas investigaciones muestran que prevalece la heterogeneidad y la ausencia de patrones comunes, tanto a nivel individual, como de conjunto de los objetos de estudio; la metodología empleada en ambas investigaciones permite cotejar el número de UEA adscritas en cada uno de los 15 subcontextos que constituyen la esencia de la NCA, para cada muestra y área disciplinar. A su vez, resulta enriquecedor para las enseñanzas del agua cotejar la afinidad de las UEA con la NCA, representada a través de la valoración de las medias ponderadas de los indicadores taxonómicos. Así como las contribuciones que hacen, o no, dichos derroteros desde las ciencias naturales y las ciencias sociales a la NCA. Además de ampliar algunos hallazgos que dichos estudios no lograron exponer en su momento por limitaciones en la extensión de las publicaciones.

4. RESULTADOS

4.1. Referentes curriculares: resultados previos

Los hallazgos de Castro-Velásquez (2022) alrededor de los referentes curriculares muestran que aunque estos buscan ser coherentes entre sí, la disparidad de su estructura interna y su pluralidad curricular dificultan establecer tendencias y generalizaciones. A su vez, predomina la heterogeneidad en la distribución y afinidad de las UEA identificadas con la NCA, tanto a nivel de cada referente, como al conjunto de ellos. No obstante, hay ciertas tendencias que resulta relevante destacar.

En los tres referentes fueron identificadas y analizadas 66 UEA en total. Se observa que la cantidad de contenidos relacionados con la cultura hídrica aumenta paulatinamente en cada uno de los referentes sucesivos, al pasar de 16 UEA en los LC (MEN, 1998a, 1998b), a 21 UEA en los EBC (MEN, 2004) y a 29 UEA en los DBA (MEN, 2016a, 2016b). Este incremento puede interpretarse como la apertura de nuevas oportunidades curriculares de acercar la escuela a una NCA (Castro-Velásquez, 2022).

De otra parte, se evidencia que los referentes de ciencias sociales albergan mayor cantidad de contenidos relacionados con la cultura hídrica, que sus análogos de ciencias naturales. En específico, los referentes de sociales cuentan con 41 UEA para los LC (1998), EBC (2014) y DBA (2016) y los de naturales con 25 UEA respectivamente. En este sentido, es inquietante la escasa transmisión de cultura del agua que albergan los referentes de ciencias naturales.

4.2. Libros de texto: resultados previos

El estudio de libros de texto de Benarroch et al. (2022), también señala la ausencia de patrones comunes y prevalencia en la diversidad de los enfoques de cultura hídrica propuestos por cada editorial e incluso al interior de cada manual. A su vez, se evidencia la alta dispersión en las UEA propuestas desde cada asignatura y libro de texto. Sin embargo, vale la pena resaltar ciertas tendencias.

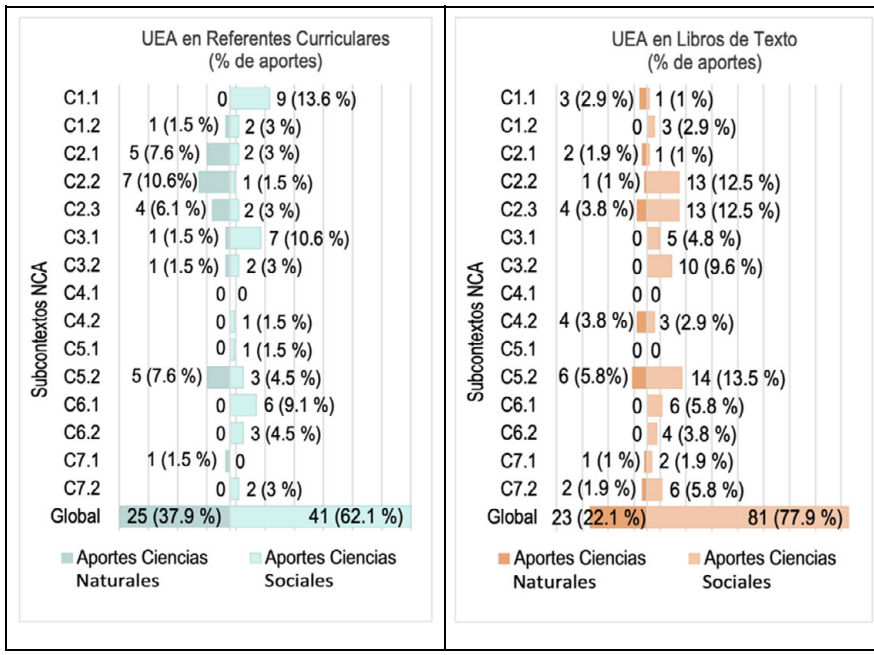
En la muestra de diez manuales se identifican y analizan 104 UEA. Las horquillas de UEA para los libros de ciencias sociales son [3-29]; y [1-7] para los de ciencias naturales. Análogo a lo reportado en los referentes curriculares, se observa escasa presencia de cultura hídrica en los libros de texto de ciencias naturales.

4.3. Resultados del estudio comparativo

4.3.1. Comparativo del número UEA portadoras de cultura hídrica en cada muestra y área disciplinar

La Gráfica 1 representa el número de UEA adscritas en cada uno de los subcontextos de la NCA, discriminados por referentes curriculares y libros de texto, así como por área disciplinar. La representatividad global de aportes que hacen las ciencias sociales es considerablemente mayor en ambos derroteros (62.1 % y 77.9 %), comparado con lo aportado por las ciencias naturales en los referentes curriculares (37.9 %) y en los libros de texto (22.1 %).

GRÁFICA 1. *Distribución de las UEA asociadas a los subcontextos de la NCA, presentes en los referentes curriculares y en los libros de texto de ciencias sociales y ciencias naturales.*



Como se ha señalado anteriormente, la única tendencia en ambas muestras es la diversidad. No obstante, el número de UEA representadas en la Gráfica 1 para ambos derroteros educativos permite evidenciar coincidencia en que los subcontextos relacionados con la contaminación (C5.2), las actividades que promueven la reflexión crítica entorno de la importancia del agua para la vida (C2.3) y la valoración del agua (C2.2), son los más representativos. A estos le siguen con diverso número de UEA en cada derrotero y con representatividad intermedia, el equilibrio y desequilibrio hídrico (C1.1), la responsabilidad de todos en la gestión del agua y la participación ciudadana (C3.1), los movimientos que promueven la NCA (C3.2), el agua como derecho humano y como deber (C6.1), el consumismo (C7.2) y las diversas funciones asociadas al agua (C2.1). Mientras que aquellos que guardan relación con las consecuencias de las obras hidráulicas (C4.2), la solidaridad frente a la insuficiencia hídrica (C6.2), el agua como recurso "renovable" (C1.2) y el ahorro

de agua (C7.1); se abordan muy poco en ambos derroteros. La representatividad de los costos diferenciados del agua según sus usos (C5.1) es mínima, al tiempo que la gestión del agua (C4.1) se encuentra ausente por completo en ambas muestras.

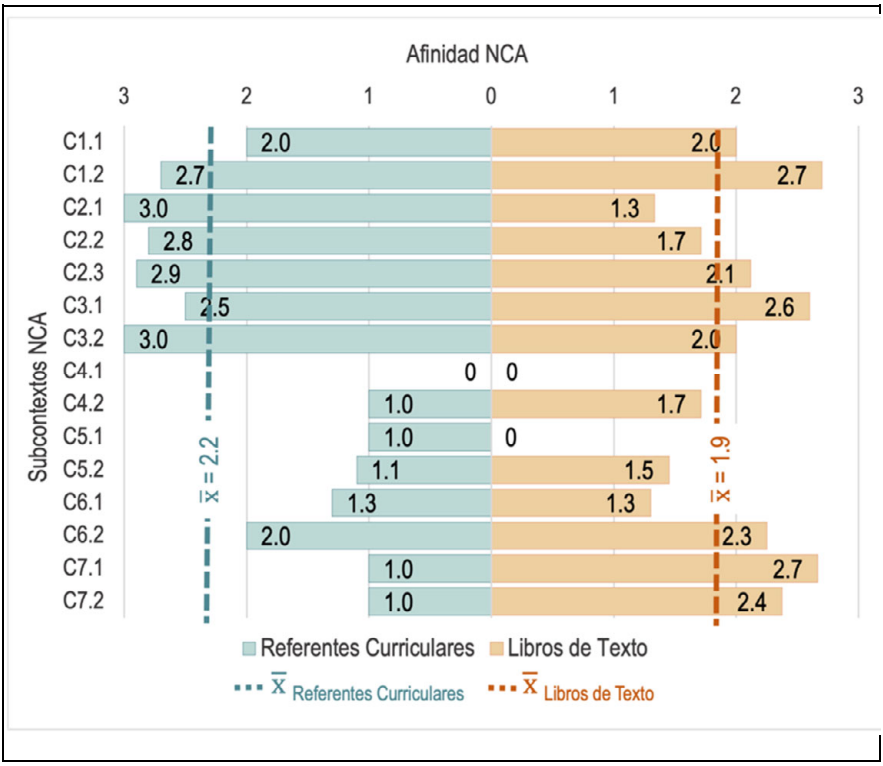
4.3.2 Comparativo de la afinidad con la NCA de los referentes curriculares y de los libros de texto

Al cotejar las valoraciones medias de las UEA identificadas en los referentes curriculares y en los libros de texto, se observa que algunas coinciden en su grado de afinidad con la NCA, mientras que otras señalan resultados bastante divergentes. Debido a que son derroteros de distinta naturaleza, sus autores abordan los contenidos propuestos desde diversos enfoques de cultura hídrica. Por ello, se dificulta establecer patrones o generalizaciones. Esto se evidencia no solo al comparar referentes curriculares con libros de texto, sino que también se presenta entre el conjunto de los referentes curriculares, entre los libros de texto que componen la muestra analizada y entre las ciencias naturales y las ciencias sociales.

La Gráfica 2 evidencia enfoques divergentes en la cultura hídrica transmitida. Pues de una parte, las UEA adscritas en los subcontextos C1.2, C3.1, C2.3, C3.2, C6.2 y C1.1, muestran mayor afinidad con la NCA para ambos derroteros. De otra, los subcontextos C2.2, C2.1, C7.1 y C7.2 tienden a inclinarse hacia la NCA en alguno de los dos derroteros, mientras que en el otro se enmarcan en el paradigma hídrico tradicional. Por último, las UEA presentes en C4.2, C6.1, C5.2, C5.1 y C4.1 para ambos derroteros permanecen en el paradigma tradicional del agua o incluso están ausentes.

Las valoraciones medias ponderadas ($\underline{x}$) para cada derrotero, como resultado conjunto de ciencias naturales y ciencias sociales, son bastante cercanas. No obstante, muestran que los referentes curriculares (2.2) tienden a transitar hacia una cultura hídrica afín con la NCA, mientras que los libros de texto (1.9) se inclinan levemente hacia la cultura más tradicional.

GRÁFICA 2. *Comparativo medias ponderadas de la afinidad con la NCA, del conjunto de referentes curriculares y del conjunto de libros de texto para los 15 subcontextos*



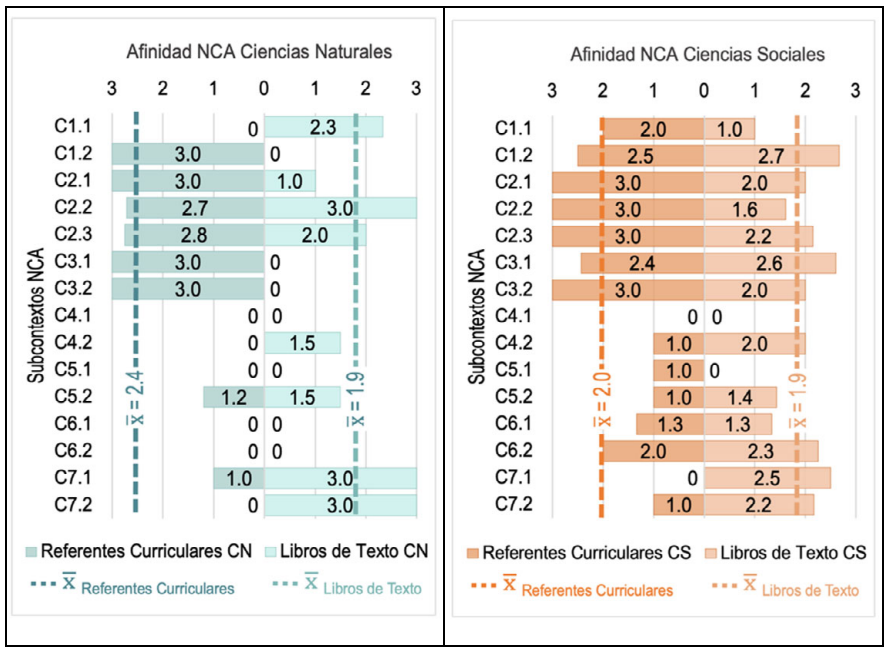
Fuente: Las medias ponderadas corresponden al resultado conjunto de ciencias naturales y ciencias sociales

4.3.3. Comparativo de la afinidad con la NCA de los referentes curriculares y de los libros de texto para ciencias naturales y ciencias sociales

La valoración de la afinidad de las UEA con la NCA en los referentes curriculares indica que ésta es mayor para las ciencias naturales que para las ciencias sociales. Concretamente, como se muestra en la Gráfica 3 (izda.), la media ponderada de las UEA de Ciencias Naturales es de 2.4 para los referentes curriculares y de 1.9 para los libros de texto. En cambio, estas medias ponderadas para las ciencias sociales son de 2.0 en el currículo oficial y 1.9 en los libros de texto (Gráfica 3, dcha.). Se puede colegir que, a pesar de que los contenidos de ciencias naturales son inferiores en número que los de ciencias sociales, tienden a

transmitir una cultura del agua más cercana a las nuevas necesidades sostenibles.

GRÁFICA 3. *Comparativo medias ponderadas de la afinidad de las UEA presentes en los referentes curriculares y en los libros de texto, discriminado en Ciencias Naturales (CN) y Ciencias Sociales (CS) para los 15 subcontextos*



5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tras cotejar los resultados previos de los estudios de los referentes curriculares y de los libros de texto, se observa que la heterogeneidad entre las muestras y al interior de cada una de ellas es una tendencia generalizada, como lo son también las divergencias halladas en las UEA, tanto en la presencia de contenidos que transmiten cultura hídrica, como en su afinidad con la NCA. Esto puede atribuirse a múltiples factores, entre ellos a la marcada influencia de valores culturales inarticulados, sesgos elegidos y posiblemente arbitrarios, que se legitiman y preservan al interior de las sociedades como el statu quo, a través del currículo oficial (Sammel et al., 2022), y por ende, de los libros de texto. En este

sentido resulta relevante la capacitación y actualización del profesorado en materia de sostenibilidad hídrica, de modo que no sean simples consumidores y perpetuadores del sesgo cultural histórico que acarrean dichas propuestas curriculares, sino que estén en capacidad de emplearlas crítica y propositivamente en su quehacer docente.

De otra parte, la contribución de contenidos portadores de cultura hídrica hecha por las ciencias sociales es considerablemente mayor que los de ciencias naturales para ambas muestras colombianas. Esto se observa de forma similar en estudios que abordan las didácticas del agua en los libros de texto y en los currículos de diversos sistemas educativos, como los de Benarroch, Castro-Velásquez, et al. (2022) en España, Khiri et al. (2023) en Marruecos y Xiong et al. (2016) en China, entre otros. Al respecto cabe cuestionarse el motivo de la escasa representatividad de estos contenidos en los currículos y manuales para el área de ciencias naturales, y por qué no, en las demás disciplinas del plan de estudios.

En contraste, hay una leve inclinación, claramente insuficiente, hacia contenidos congruentes con la sostenibilidad hídrica en ambas muestras, algo mayor en los referentes curriculares que en los libros de texto. Es evidente que el sistema educativo colombiano se encuentra en deuda con una actualización curricular congruente con la sostenibilidad planetaria. En países como España, con la promulgación de la LOMLOE (2020) se espera un avance hacia estas tendencias sostenibles.

Surge otra reflexión al contrastar la presencia de UEA en estos derroteros educativos y su afinidad con la NCA, pues emergen nuevas divergencias. En el ideal de una educación para la sostenibilidad, se desearía contar con contenidos con alta representatividad y mayor afinidad con la NCA, no obstante, este comportamiento es atípico y solo ocurre con las actividades que promueven la reflexión crítica entorno de la importancia del agua para la vida (C2.3). Los demás subcontextos que indican mayor afinidad, tienen una representatividad moderada (C1.1, C3.1 y C3.2) o baja (C1.2).

Contrario a ello, tópicos como los relacionados con la contaminación, adscritos al subcontexto C5.2, son los más numerosos para ambas muestras. Sin embargo, su índice de afinidad con la NCA señala que

los aprendizajes propuestos no generan cambios positivos frente a la sostenibilidad hídrica, por permanecer en el paradigma tradicional. Caso similar ocurre con la valoración del agua (C2.2), pues cuenta con alta representatividad en ambos derroteros, pero su indicador de afinidad presenta divergencias, pues en los referentes curriculares cuenta con la puntuación más alta de la escala de afinidad, mientras que en los libros de textos se encuentra en el extremo opuesto.

Asimismo, resultan bastante preocupantes los contenidos adscritos a aquellos subcontextos que además de su escasa presencia, promueven el paradigma tradicional del agua. Este es el caso de las consecuencias negativas de las obras hidráulicas (C4.2) y los costos diferenciados del agua según sus usos (C5.1). A estos se suma la gestión hídrica (C4.1) que permanece ausente por completo, de lo cual se infiere que al ignorarse, permanece en el enfoque tradicional.

Ante el panorama de divergencias que entretejen los referentes curriculares y los libros de texto alrededor del agua, se percibe que en materia de sostenibilidad hídrica no todo está mal. Como lo señalan Gil-Pérez y Vilches (2023), toda transición supone reconocer la necesidad de procesos de cambio que pueden llegar a ser complejos y demandar periodos de tiempo extensos para superar dificultades y resistencias.

Por ello, a fin de consolidar las contribuciones que hace cada derrotero a la NCA, así como los aportes de los autores de este estudio a dicha causa, se plantean una serie de implicaciones para unas enseñanzas sostenibles del agua. En la Tabla 2, a partir de los 15 subcontextos de cultura del agua (columna 1), se sintetizan en la segunda y tercera columnas los aportes que hace cada derrotero a la construcción de una NCA. A estos se asocian las valoraciones obtenidas en la escala numérica de afinidad con la NCA. De modo que en la cuarta columna el lector pueda encontrar los elementos requeridos para promover desde la escuela, la transición de la cultura hídrica tradicional hacia una NCA que apueste con vehemencia por alcanzar la sostenibilidad planetaria.

TABLA 2. *Contribuciones de los referentes curriculares y de los libros de texto a la NCA e implicaciones para unas enseñanzas sostenibles del agua*

Subcontextos de la NCA	Contribuciones de cultura hídrica en Referentes Curriculares de ciencias	Contribuciones de cultura hídrica en Libros de Texto de ciencias	Implicaciones para unas enseñanzas sostenibles del agua
C1.1 Equilibrio y desequilibrio hídrico	Se señala la existencia de escasez de agua como consecuencia de la acción antrópica. Se propone estudiar el frágil equilibrio de los ecosistemas hídricos. Es posible recuperar dichos ecosistemas con el trabajo conjunto.	Se relaciona la escasez de agua con la mala gestión, uso incorrecto y consumo excesivo del recurso hídrico.	El agua es suficiente para satisfacer las necesidades de la humanidad, siempre y cuando se gestione, use y consuma adecuadamente en cada territorio. Asimismo, la humanidad es quien debe adaptar sus actividades a la disponibilidad del recurso y no al revés.
C1.2 El agua como recurso "renovable"	Los recursos naturales se consideran finitos y requieren un uso responsable. El desarrollo humano puede poner en peligro los recursos naturales del planeta.	El agua se concibe como un recurso renovable que puede agotarse debido a las prácticas antrópicas.	El agua puede considerarse un recurso renovable, siempre que se controle su uso, tratamiento, liberación y circulación. De lo contrario, debe concebirse como un recurso no renovable.
C2.1 Funciones del agua	Se relaciona el agua con en el sostenimiento de la vida (agua-vida), con el surgimiento de civilizaciones (agua-ciudadanía) y su rol en la industria, la ganadería y la agricultura (agua-economía).	Se resalta la importancia del agua para la vida (agua-vida) o al agua como recurso empleado en la industria, la ganadería, la agricultura y la minería legal (agua-economía).	El agua se vincula a sus diversas funciones y se establecen niveles de prioridad: 1. agua-vida, 2. agua-ciudadanía, 3. agua-economía y 4. agua-delito.
C2.2 Valoración del agua	Se valora el agua desde lo económico, ecológico, turístico y social, al tiempo que se promueve su cuidado y conservación.	Se contempla el agua como un recurso productivo. En menor medida se le adjudican funciones ecológica y social.	El agua se considera un activo ecosocial, por ende se valora desde lo económico, ecológico, social, emocional, patrimonial y cultural.
C2.3 Actividades de reflexión crítica sobre la importancia del agua para la vida	Se proponen actividades de reflexión crítica sobre la importancia del agua para el equilibrio de los ecosistemas y la vida, con el apoyo de lecturas cortas y gráficas que vinculan aspectos ecosistémicos, económicos y socioculturales.	Aunque se plantean actividades que promueven la reflexión crítica sobre la importancia del agua para la vida a nivel social, económico y ecosistémico; en su mayoría no brindan recursos complementarios (lecturas, gráficas, enlaces web, etc.).	Cabe resaltar la importancia de brindar lecturas, gráficas, enlaces web, etc.; que enriquezcan las actividades de reflexión crítica del estudiantado, alrededor de la importancia del agua para la biosfera, y para los seres humanos a nivel social, económico, ecosistémico, cultural y afectivo.

C3.1 Responsabilidad en la gestión del agua y participación ciudadana	En los grados iniciales se señala a los entes gubernamentales y sociales como responsables de gestionar los recursos y generar mejores condiciones de vida; Mientras que en grados posteriores, se promueve la participación de las comunidades.	Se adjudica la responsabilidad de la gestión de los recursos naturales a los entes gubernamentales e instituciones. Se contempla en menor medida la participación ciudadana.	La gestión del agua es una responsabilidad compartida entre gobiernos, instituciones y ciudadanía.
C3.2 Movimientos que promueven la NCA	Se plantea la existencia e importancia de distintos organismos y colectivos ciudadanos y académicos que promueven la sostenibilidad planetaria y el cuidado de los recursos naturales, incluida el agua.	Se menciona el rol de algunos movimientos sociales y científicos, que se oponen a las políticas de gestión tradicional del agua, sin exponer sus intenciones de dar un vuelco hacia la sostenibilidad hídrica.	Resulta importante resaltar los movimientos sociales, académicos y científicos que promueven la sostenibilidad hídrica y se oponen a las políticas tradicionales de gestión del agua.
C4.1 Gestión del agua	Se ignora la gestión del agua (ampliación de la oferta vs control de la demanda) como elemento fundamental de la sostenibilidad hídrica.	Se ignora la gestión del agua (ampliación de la oferta vs control de la demanda) como elemento fundamental de la sostenibilidad hídrica.	Los enfoques de control de la demanda de agua incentivan el ahorro y la eficiencia del consumo. A su vez, contemplan la ordenación del territorio y se apoyan en criterios de conservación a largo plazo.
C4.2 Consecuencias de las obras hidráulicas	Se mencionan las obras de infraestructura hidráulica que existen en el entorno cercano y se exponen las ventajas que estas representan.	Se contemplan principalmente los beneficios de las grandes obras hidráulicas y se hace poca alusión a los daños medioambientales generados por estas obras.	Las obras hidráulicas propician el deterioro de los ecosistemas, además de las afectaciones sociales, culturales, económicas y emocionales que sufren quienes habitan cerca de estas infraestructuras.
C5.1 Costos diferenciados según usos del agua	Se propone un listado de las necesidades básicas familiares y los diferentes costos de los servicios básicos domiciliarios.	La ausencia de contenidos sobre los costos diferenciados del agua da cuenta del enfoque tradicional adoptado frente al agua.	Desarrollar un balance costo-efectividad en la gestión de los recursos hídricos permite recuperar los costes reales del agua, diferenciándolos según las diversas funciones del agua.
C5.2 Quien contamina, paga	Se menciona la existencia de factores contaminantes y su impacto en el medio ambiente. Se esbozan algunas acciones para mitigar la contaminación.	Se señalan diversos factores contaminantes y su impacto ambiental. El coste económico de descontaminar el agua se menciona poco.	Resulta relevante mostrar el coste económico que implica descontaminar el agua. Además de enfatizar en la aplicación de sanciones económicas a los actores contaminantes.

C6.1 Agua como derecho humano	Se promueve la satisfacción de necesidades humanas, así como la protección y promoción de derechos, no obstante, a estos no se asocia ningún deber.	Se señala con frecuencia que el agua que utilizamos es un derecho humano, sin asociarse a deberes.	El agua contemplada como derecho es solo el agua-vida. Los demás usos que demos al agua deben estar asociados a una serie de deberes de ahorro, cuidado y pago de costes.
C6.2 Solidaridad frente a carencias de agua	Se plantea un amplio consenso global que busca contrarrestar la inequitativa distribución de recursos y la crisis planetaria. Dichas brechas se asocian a la sobreexplotación de recursos en los territorios menos desarrollados.	Se menciona la existencia de poblaciones o territorios del país y del mundo que carecen de agua potable y/o de servicios de saneamiento básicos.	La solidaridad frente a poblaciones o territorios que carecen de agua potable y/o de servicios de saneamiento básicos, se hace más significativo para el educando cuando se plantean actividades que promueven la reflexión crítica y son cercanas a su contexto.
C7.1 Ahorro de agua	Se señala la necesidad de usar responsablemente el agua en el hogar, la escuela y en los contextos cercanos del estudiante.	Se proponen acciones o cambios de hábitos de conducta para ahorrar agua en la vida cotidiana y en la industria.	Resulta apremiante proponer y llevar a la práctica acciones o cambios de hábitos de conducta que fomenten el ahorro y cuidado del patrimonio hídrico a todos los niveles: doméstico, escolar, agrícola e industrial.
C7.2 Consumismo	Se plantea la necesidad de frenar el consumismo y se explican sus consecuencias sobre el medioambiente. Así como los peligros que acarrea la sobreexplotación de los recursos naturales.	Se relaciona el consumismo de bienes y/o hábitos alimentarios con la cantidad de agua consumida. Se muestra el consumismo como factor que no permite alcanzar la sostenibilidad planetaria.	Las relaciones entre el consumismo de bienes, servicios y/o hábitos alimentarios, y la cantidad de agua consumida; se hacen más significativas al proponer actividades de reflexión crítica que promuevan acciones que reduzcan el consumismo.

Como lo indican Khiri et al. (2023), alcanzar cambios positivos en las actitudes y comportamientos del estudiantado que permitan trascender hacia la sostenibilidad planetaria, implica superar un largo camino. En este sentido, se espera que este trabajo contribuya en la formación de ciudadanos comprometidos con sus actos individuales cotidianos y colectivos, que favorezcan al medio ambiente, la democracia, la justicia y la solidaridad (Castelltor, 2015).

6. CONCLUSIONES

El análisis comparativo de los hallazgos de Castro-Velásquez (2022) alrededor de los referentes curriculares y de los libros de texto presentes en Benarroch et al. (2022), permite conocer las contribuciones que estos hacen a la construcción de una NCA, como derroteros de la enseñanza de las ciencias naturales y las ciencias sociales en la educación básica colombiana. Cabe señalar que este estudio se enfoca en Colombia y no es recomendable su extrapolación a otros contextos.

Frente a las tendencias de heterogeneidad y divergencias halladas en torno de la afinidad de los derroteros educativos con la NCA, puede colegirse que estas pueden estar relacionadas con factores culturales históricos inarticulados, sesgados e incluso arbitrarios. Este es el caso de tópicos como los daños que generan las infraestructuras hídricas a los ecosistemas y territorios, la necesidad de recuperar los costes reales del agua de acuerdo con sus diversos usos o la gestión del agua a través del control de la demanda; pues son temas a los que se da poca visibilidad e incluso permanecen ausentes de manera sistemática y recurrente. Es por ello, que el profesorado debería estar en capacidad de afrontar las didácticas del agua con una perspectiva crítica y propositiva enmarcada en la sostenibilidad. De allí la importancia de la capacitación y actualización docente que promueven corrientes educativas como la educación para el desarrollo sostenible.

El presente estudio, al igual que otros desarrollados en diversas latitudes, muestra que por tradición las asignaturas de educación básica relacionadas con las ciencias sociales son las que condensan la mayor carga de contenidos del agua. Estas son seguidas de lejos por las ciencias naturales y aún con menor frecuencia, por las demás asignaturas del plan de estudios. En este sentido, los diversos actores educativos están llamados a promover la interdisciplinariedad de las enseñanzas del agua con un enfoque más sostenible.

Ahora bien, aunque se observa que a modo global los contenidos de ciencias naturales hacen una apuesta un poco más contundente por la transición hacia enseñanzas más sostenibles del agua, que lo que lo hacen las ciencias sociales, falta mucho camino por recorrer y requiere de

un mayor compromiso por parte de los diversos estamentos que componen el sistema educativo. Dicho compromiso debe trasladarse a todas las áreas que componen el plan de estudios de la educación formal, además de permear la educación no formal.

En suma, el escenario de divergencias que entretejen los referentes curriculares colombianos y los libros de texto de educación básica alrededor del agua permite concluir que en materia de sostenibilidad hídrica no todo está mal. En consecuencia, este estudio toma como punto de partida lo construido hasta este punto en el currículo oficial y en los libros de texto analizados, para plantear una serie de implicaciones para unas enseñanzas más sostenibles del agua, que se espera sean llevadas al aula de clases. Finalmente, se hace un llamado a quienes orientan las políticas educativas y de gobierno, así como de las editoriales, a las comunidades educativas y a la sociedad en general; de modo que a través de su participación como actores vinculados al sector educativo construyan derroteros afines con la NCA y con la anhelada sostenibilidad plantearía, a través del trabajo colaborativo y la concertación dialógica.

7. REFERENCIAS

Amahmid, O., El Guamri, Y., Yazidi, M., Razoki, B., Kaid Rassou, K., Rakibi, Y., Knini, G., y El Ouardi, T. (2018). Water education in school curricula: impact on children knowledge, attitudes and behaviours towards water use. International Research in Geographical and Environmental Education, 28(3), 178-193. https://doi.org/10.1080/10382046.2018.1513446

Benarroch, A., Castro-Velásquez, F. E., Clavijo-Cuervo, V. J., y Ramírez-Segado, A. (2022). La cultura del agua en los libros de texto. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19(1), 1501. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1501

Benarroch, A., Rodríguez-Serrano, M., y Ramírez-Segado, A. (2021). New Water Culture versus the Traditional. Design and Validation of a Questionnaire to Discriminate between Both. Sustainability, 13(2174), 1-20. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su13042174

Castelltor, A. (2015). Activities that help to promote a new water culture. Comunicações, 22(2), 363-389. https://doi.org/10.15600/2238-121X/comunicacoes.v22n2e363-389

Castro-Velásquez, F. E. (2022). La cultura hídrica en los referentes curriculares colombianos. En A. Benarroch (Ed.), 30 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales. La enseñanza de las ciencias en un entorno intercultural (pp. 127-132). Universidad de Granada, Servicio de Publicaciones. http://apice-dce.com/wp-content/uploads/2022/10/Actas-30-EDCE.pdf

Castro-Velásquez, F. E., y Benarroch, A. B. (2023). Tendencias investigativas en educación formal frente al agua: revisión sistemática en la literatura científica colombiana. Tecné, Episteme y Didaxis: TED, 53, 102-120. https://doi.org/10.17227/ted.num53-13648

Declaración Europea por una Nueva Cultura del Agua. (2005). Declaración Europea por una Nueva Cultura del Agua. http://sostenibilidadyprogreso.org/files/entradas/declaracion-europea-por-una-nueva-cultura-del-agua.pdf

Fernández, M. P., y Caballero, P. Á. (2017). El libro de texto como objeto de estudio y recurso didáctico para el aprendizaje: fortalezas y debilidades. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 20(1), 201-217. https://doi.org/10.6018/REIFOP/20.1.229641

Fundación Nueva Cultura del Agua. (2023). Desmontando Falacias - Fundación Nueva Cultura del Agua. 2023. https://fnca.eu/desmontandofalacias/

Gil-Pérez, D., y Vilches, A. (2023). Cómo avanzar en la necesaria transición a la sostenibilidad. Ciência y Educação (Bauru), 29, e23027. https://doi.org/10.1590/1516-731320230027

Hanisch, A., Rank, A., y Seeber, G. (2014). How green are European curricula? A comparative analysis of primary school syllabi in five European countries. European Educational Research Journal, 13(6), 661-682. https://doi.org/10.2304/EERJ.2014.13.6.661

Hussein, H. (2018). A critique of water scarcity discourses in educational policy and textbooks in Jordan. The Journal of Environmental Education, 49(3), 260-271. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00958964.2017.1373620

Ide, T., Detges, A., y Leimeister, T. (2019). Securitization through the schoolbook? On facilitating conditions for and audience dispositions towards the securitization of climate change. Journal of International Relations and Development, 22(3), 532-559. https://doi.org/10.1057/s41268-017-0116-y

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. https://cta.org.co/biblionet/estudio-nacional-del-agua-2018/

Khiri, F., Benbrahim, M., Kaid Rassou, K., Amahmid, O., Rakibi, Y., El Guamri, Y., Itouhar, M., Mrabet, N., Yazidi, M., Razoki, B., y El Badri, A. (2023). Water education and water culture in curricula for Primary, Middle and upper Secondary school levels. Australian Journal of Environmental Education, 39(37-54). https://doi.org/10.1017/AEE.2022.9

Ley Orgánica por la que se Modifica la Ley Orgánica de Educación de España [LOMLOE]. (2020). BOE-A-2020-17264 Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica de Educación, 2/2006, de 3 de mayo, 122868-122953. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-17264

Marcén, C., y Cuadrat, J. M. (2012). Argumentos educativos para enseñar-aprender el agua en la enseñanza obligatoria. Serie Geografica, 18, 65-745. https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/13361

Martínez-Borreguero, G., Maestre-Jiménez, J., Mateos-Núñez, M., y Naranjo-Correa, F. L. (2020). An integrated model approach of education for sustainable development: Exploring the concepts of water, energy and waste in primary education. Sustainability, 12(7), 1-17. https://doi.org/10.3390/su12072947

McCarroll, M., y Hamann, H. (2020). What We Know about Water: A Water Literacy Review. Water, 12(10), 2803. https://doi.org/10.3390/W12102803

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (1998a). Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales (Serie line). https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (1998b). Lineamientos Curriculares Ciencias Sociales (Serie line). https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-89869_archivo_pdf.pdf

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2004). Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. La formación en ciencias: ¡el desafío! Estándares Nacionales de Educacion, 96-147. http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2016a). Derechos Básicos de Aprendizaje Ciencias Naturales. http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2016b). Derechos Básicos de Aprendizaje Ciencias Sociales. http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Sociales.pdf

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia. (2022). Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) 2020 - 2050 (1a ed.). Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Ed.). http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/PLAN_NACIONAL_DE_MANEJO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MUNICIPALES_EN_COLOMBIA.pdf

Naciones Unidas. (2021). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021: El valor del agua. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378890

Pérez, R. (2015). La Nueva Cultura del Agua, el camino hacia una gestión sostenible: Causas e impactos de la crisis global del agua. Cuadernos de trabajo Hegoa, 68, 1-61. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5302844yinfo=resumenyidioma=ENG

Ray, C., M. McKnight, D., D. Bidwell, M., Fourment, T., Flanagan Pritz, C., y H. Rinehart, A. (2015). Children's book series and associated curricula support elementary education and outreach in water resources. Plant Ecology and Diversity, 8(5-6), 795-804. https://doi.org/10.1080/17550874.2015.1050711

Rodríguez-Hidalgo, C. (2013). Curricular potential of textbooks to create learning experiences. Revista Educación, 37(1), 119-129. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44028564006

Sammel, A., McMartin, D., y Arbuthnott, K. (2018). Education Agendas and Resistance With the Teaching and Learning of Freshwater and Extreme Freshwater Events. Australian Journal of Environmental Education, 34(1), 18-32. https://doi.org/10.1017/AEE.2018.10

Sammel, A., Watson, L., y McMartin, D. (2022). Extreme freshwater events, scientific realities, curriculum inclusions, and perpetuation of cultural beliefs. PLOS Climate, 1(5), e0000020. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PCLM.0000020

UNESCO. (2016). What makes a quality curriculum? En Current and Critical Issues in Curriculum and Learning (Vol. 2, Número 2). IBE. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002439/243975e.pdf

UNESCO. (2020). La seguridad hídrica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Manual de capacitación para tomadores de decisión. https://lawetnet.org/wp-content/uploads/2021/02/Manual-La-Seguridad-Hidrica-y-los-ODS.pdf

United Nations. (2023a). Blueprint for Acceleration: Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation 2023. https://www.unwater.org/sites/default/files/2023-07/blueprint_for_acceleration_sdg_6_synthesis_report_on_water_and_sanitation_2023_web_version.pdf

United Nations. (2023b). The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384655

Vilches, A., y Gil-Pérez, D. (2009). Agua y sostenibilidad: Dos términos inseparables. En A. Moreno y C. López (Eds.), Agua y sostenibilidad: recursos, riesgos y remedios (pp. 182-230). MECD.

World Bank. (2022). Renewable internal freshwater resources per capita (cubic meters) | Data. https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC?end=2019ystart=1961yview=chart

Xiong, Y. J., Hao, X. R., Liao, C., y Zeng, Z. N. (2016). Relationship between water-conservation behavior and water education in Guangzhou, China. Environ Earth Sciences, 75(1), 1-9. https://doi.org/10.1007/s12665-015-4873-x

INDAGAR EN TORNO A LA BIODIVERSIDAD CULTIVADA PARA DESARROLLAR HABILIDADES CIENTÍFICAS E INTEGRAR LOS ODS DESDE LA FORMACIÓN INICIAL DEL PROFESORADO

LOURDES ARAGÓN
Universidad de Cádiz

BEATRIZ GÓMEZ-CHACÓN
Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La pérdida de la biodiversidad cultivada supone un problema socioambiental de gran relevancia mundial, pues implica garantizar la alimentación y la soberanía alimentaria (Vara-Sánchez y Padilla, 2013). Actualmente el material genético que se emplea en agricultura procede en su mayoría de grandes empresas de semillas que comercializan en todos los países unas pocas variedades, con escasa variabilidad genética. Esto conlleva una pérdida del control sobre sus recursos por parte de los productores, y una pérdida de soberanía alimentaria de todas las comunidades y países (Acosta-Naranjo y Rodríguez-Franco, 2013). La desaparición de especies o variedades desencadenadas por una pérdida del conocimiento local, la cultura y las habilidades desarrolladas por los agricultores, así como el desarrollo de la agricultura industrial y mercantil, han provocado un efecto directo sobre el futuro de la agricultura dando lugar a una homogeneización de especies de plantas cultivadas y con ello a una pérdida de su variabilidad genética (Monney, 1997).

Casas (2005) expone que a la hora de recuperar el "control" de las semillas que garantizan nuestro sistema alimentario es necesario la acción conjunta de diferentes agentes sociales; por un lado, los agricultores, debido a que estos poseen conocimientos agrícolas tradicionales, muy

próximos a planteamientos ecológicos. Y por otro, a los consumidores, ya que no tiene sentido custodiar y conservar las variedades tradicionales si no son producidas, pero, sobre todo, si no son consumidas y utilizadas por la ciudadanía. Bajo este escenario, se hace imprescindible, formar estudiantes, futuros/as ciudadanos/as, más conscientes del mundo que les rodea y responsables de las consecuencias que tienen sus actos de cara a la conservación del entorno (Pastor, 2000). En este contexto juega un papel importante tanto los contenidos a tratar como las estrategias didácticas activas y participativas a implementar y que aproximen al alumnado a su entorno (Arzola-Franco, 2014). Atendiendo a esta necesidad de mejora, destaca la estrategia de indagación como un enfoque de enseñanza y aprendizaje que favorece las capacidades "de" y "sobre" la investigación escolar como práctica científica, que promueve el sentido crítico, las habilidades científicas, y la autonomía del alumnado en su vida cotidiana (Aguilera-Morales et al., 2018).

En este sentido, este estudio se enmarca en la formación inicial del profesorado ante la necesidad de diseñar propuestas didácticas que contribuyan a alfabetizar científicamente a los futuros/as maestros/as de infantil, a la vez que estos toman conciencia y se aproximan a problemáticas socioambientales reales que, además, puedan ser aplicados a contextos reales como es el Huerto Ecológico Universitario (HEU). Para ello, se emplea una metodología activa y participativa centrada en la indagación, y que esperamos, pueda ser transferible a entornos escolares futuros. En este artículo se pretende identificar el Nivel de Competencia de Indagación (NCI) desarrollado por los futuros maestros/as de infantil en torno a la biodiversidad cultivada tras llevar a cabo una indagación en un contexto de aprendizaje real como es el HEU. Asimismo, como resultado de este análisis, se espera poder detectar las principales dificultades que los estudiantes encuentran a la hora de llevar a cabo la Estrategia de Aprendizaje Basada en la Indagación (EBI) y, en consecuencia, qué propuestas de mejora se deben atender para futuras implementaciones.

2. MARCO TEÓRICO

De acuerdo a Abril et al. (2021) la ciudadanía se encuentra inmersa en una cotidianidad que exige tomar decisiones sobre numerosas cuestiones sociocientíficas. En consecuencia, es fundamental fomentar una educación científica contextualizada en torno a problemáticas socioambientales relevantes relacionadas con los numerosos retos que debemos afrontar como sociedad. Se precisa formar a la ciudadanía en una cultura científica orientada a tomar decisiones fundamentadas. Como indican Sanz-Merino y López-Cerezo (2012) debemos ser conscientes de que muchos de los riesgos y amenazas que existen hoy día vienen asociadas al mundo desarrollado actual. En consecuencia, la formación científica dirigida a toda la ciudadanía posee gran relevancia tanto desde entornos formales como no formales. En este sentido, el National Research Council (1996) destaca la necesidad, para todos y todas, de lograr una alfabetización científica y tecnológica con el propósito de poder tomar decisiones, implicarnos en estas y poder participar en discusiones públicas relacionadas con la ciencia y la tecnología, comprendiendo mejor el medio que nos rodea, así como las complejas relaciones que existen entre Ciencia, Sociedad y Tecnología. Desde un enfoque curricular, se identifican cuatro niveles de comprensión llamadas claves, para lograr ese proceso de alfabetización científica en la ciudadanía. Una de ellas es la clave de descodificar, es decir, en palabras de Marco-Stiefel (2000, p. 152) "saber de los procesos involucrados en la construcción científica, saber sobre los métodos y de los modos de hacer y proceder de esta actividad".

Bajo este contexto, entendemos que los docentes son una pieza fundamental para abordar y desarrollar la alfabetización científica en la educación formal (Abril et al., 2021). Son considerados como agentes activos de cambio, en la medida que actúan como puente de conexión entre las intenciones educativas expresadas en los currículos y el alumnado (Martín-Díaz, 2006). Promover una educación científica en las escuelas pasa por diseñar propuestas dirigidas a los futuros docentes, para que estos, puedan transferir dichos conocimientos y experiencias didácticas en las escuelas. Estas propuestas deben ir orientadas a reflexionar con el profesorado en formación inicial sobre las finalidades de las

ciencias, más allá de una finalidad puramente propedéutica (Acevedo, 2004), y en torno a temas actuales y con gran relevancia a escala mundial como es la pérdida de la biodiversidad en general, y la cultivada, en particular.

Por otro lado, en España, el actual Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil, expresa de forma explícita que el sistema educativo debe dar respuesta a los retos del siglo XXI de acuerdo con los objetivos fijados por la Unión Europea y la UNESCO para la década 2020-2030 (p.3). En el caso del conocimiento científico, desde el Área 2. Descubrimiento y Exploración del Entorno, se pretende favorecer el proceso de descubrimiento, observación y exploración de los elementos físicos y naturales del entorno, concibiendo éste como un elemento provocador de emociones y sorpresas, y tratando de que, junto con su progresivo conocimiento, niños y niñas vayan adoptando y desarrollando actitudes de respeto y valoración sobre la necesidad de cuidarlo y protegerlo (p.20). Este Real Decreto, organiza el Área 2 a través de tres competencias específicas, las cuales refuerza la disposición a indagar, potenciar una actitud progresivamente cuestionadora y anima a proponer soluciones diversificadas. En concreto, la competencia 3, expresa que el alumnado debe reconocer elementos y fenómenos de la naturaleza, mostrando interés por los hábitos que inciden sobre ella, para apreciar la importancia del uso sostenible, el cuidado y la conservación del entorno en la vida de las personas (p.23).

El concepto de biodiversidad como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas, se acuñó en el Convenio sobre la Diversidad Biológica dentro de la Conferencia de las Nacionales Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro (1992). Hoy en día, la biodiversidad que caracteriza a cada uno de los ecosistemas naturales se considera un tema emergente y relevante por la repercusión que tiene en el ser humano, ya que proporciona una serie de servicios ambientales de los que depende la sociedad (Díaz et al., 2006).

Concretamente en el ámbito de la agricultura, cobra vital importancia preservar la biodiversidad cultivada para tener variabilidad genética como una fuente de adaptabilidad que permite a los ecosistemas agrícolas responder entre otras a periodos de sequía, plagas o enfermedades. Asimismo, la biodiversidad cultivada se relaciona directamente con varios de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que conforman la Agenda 2030 (ONU, 2015). Así, se conecta con el ODS 1 "Fin de la pobreza", dado que permitiría garantizar la seguridad alimentaria y nutricional, así como los medios de vida de la población más pobre. También, el derecho a una alimentación digna, con semillas de calidad y a precios adecuados. Con lo que se relacionaría directamente con el ODS 2 "Hambre cero". También con el ODS 15 "Vida de ecosistemas terrestres", el huerto como agroecosistema donde viven otros organismos, contribuye, además, al ODS 13 "Acción por el clima". La biodiversidad cultivada, ayuda a prevenir la degradación del suelo, teniendo este un papel relevante para fijar CO2 atmosférico y, por tanto, en la mitigación del cambio climático.

Así, se hace necesario a través de la educación formal, concienciar e incrementar el conocimiento general del significado de la biodiversidad, trabajando por ejemplo un aspecto más concreto y con una repercusión directa en el alumnado como puede ser la biodiversidad cultivada. Esta no es tarea sencilla por ser un concepto abstracto y complejo, y muchas veces visto como un problema lejano sin vinculación directa con nuestro día a día (Marín, 2013). Por ello, desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales, es esencial emplear enfoques didácticos que impliquen no solo manejar saberes teóricos, también, es necesario saber actuar, y saber ser (Hodson, 1994), acordes al marco de referencia inicial de lograr una alfabetización científica de la ciudadanía.

Uno de los enfoques didácticos que promueven aprendizajes de manera integrada es la Estrategia Basada en la Indagación (EBI). La EBI se contextualiza en un marco constructivista y es el resultado de una transposición al aula de cómo los científicos hacen ciencia (Anderson, 2002). Según Martin-Hansen (2002) la indagación se refiere o al trabajo que realiza el investigador para estudiar el mundo natural o a las actividades de los estudiantes que 'imitan' lo que los científicos hacen. La EBI no

solo hace referencia a las diferentes formas en las que los científicos hacen ciencia, sino también, a la actividad del alumnado, como un proceso complejo de construcción de significados, donde tiene cabida las cuestiones, el diseño para encontrar respuestas, la comunicación de ese aprendizaje y la aplicación de ese conocimiento (Ryan, 2015).

Esta indagación, si es guiada por parte del profesorado, evidencia mejoras importantes en la enseñanza de las ciencias y en el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes facilitando la adquisición de la competencia científica, además de favorecer una actitud positiva hacia las ciencias (Alfieri et al., 2011; Aragón y Gómez-Chacón, 2021). Mule (2006) lo presenta como una estrategia con gran potencial para la preparación de futuros docentes, aun así, hoy en día, posee una escasa representación en el aula, por no asumir su importancia y, por tanto, su necesidad por parte de los docentes (Quílez et al., 2008).

Para su implementación en el aula, existen diferentes formas de interpretar la EBI. Siguiendo a Martínez-Chico et al., (2015) se proponen las siguientes fases: 1) Enfrentarse con cuestiones científicas sobre fenómenos naturales o tecnológicos, cuya respuesta puede ser confirmada o rechazada mediante pruebas, 2) Formular explicaciones justificadas (hipótesis que expresan una relación entre variables, 3) Buscar pruebas que permitan contrastar las explicaciones, mediante datos obtenidos a través de diseños experimentales propios, y 4) Analizar e interpretar la información y los datos recogidos, adaptando las explicaciones inicialmente formuladas a la nueva información, mejorando así su validez o utilidad.

Para llevar a cabo una indagación toma especial relevancia la pregunta problema, ya que esta debe plantearse de modo que permita orientar el proceso de investigación (García-González y Furman, 2014). En este sentido, puede ser útil emplear contextos reales que ayuden a formular preguntas investigables. En este sentido el HEU se considera un escenario de aprendizaje idóneo tanto para despertar el interés del alumnado hacia las ciencias y desarrollar habilidades científicas (Eugenio y Aragón, 2016; Aragón y Gómez-Chacón, 2021). Sin embargo, a nivel nacional, en las escuelas, son pocos los docentes que utilizan este recurso integrando estrategias enfocadas hacia la investigación escolar (Vílchez y Escobar, 2014; Aragón y Morilla Pérez, 2021) por lo que se considera

relevante usar estos espacios verdes para investigar sobre la biodiversidad cultivada, pero sobre todo para contribuir a que los futuros/as docentes puedan transferir sus aprendizajes a sus futuras prácticas docentes, dado el notable incremento de centros que en España disponen de huerto escolar (Estrella y Jiménez, 2020).

3. METODOLOGÍA

Esta investigación se ha llevado a cabo fundamentalmente, desde un enfoque cualitativo próximo a una metodología descriptiva e interpretativa a través de un análisis de contenido (Pérez-Serrano, 1994). Y otro, cuantitativo, con objeto estudiar y analizar las producciones del alumnado de una forma sistemática y objetiva (López-Noguero, 2002).

3.1. Participantes y contexto

En este estudio han participado 38 estudiantes (35 mujeres y 3 hombres) de edades comprendidas entre 19 y 54 años. Estos se encuentran cursando la asignatura de Didáctica del Medio Natural (DMN) en el 3er curso del Grado en Educación Infantil de la Universidad de Cádiz (España) durante el año académico 21/22. Es una asignatura obligatoria de 8 créditos ECTS y la única vinculada a la formación científica cursada durante toda la titulación (UCA, 2020).

La asignatura se estructura en tres bloques de contenidos (Aragón et al., 2021). Este estudio se enmarca en el bloque 3 de la asignatura orientado a los procesos de enseñanza y aprendizaje con una duración total de 8 sesiones de 1,5 h cada una, más 2 sesiones, dedicadas a la realización de tres talleres llevados a cabo en el espacio del huerto. Durante el bloque 3, en primer lugar, el alumnado vive en primera persona la EBI para posteriormente, diseñar una unidad didáctica dirigida a un aula de infantil como actividad de aplicación. El alumnado se organizó en 8 grupos de trabajo de entre 4-6 componentes cada uno para llevar a cabo sus investigaciones siguiendo las fases de la EBI guiada. En las sesiones se combinan actividades individuales, en grupos de trabajo, y en gran grupo y se realizan en dos espacios distintos: aula y huerto. Este se sitúa en un patio interior de la propia Facultad de Ciencias de la Educación.

Cuenta con una superficie aproximada de 68 m^2 y está formado por diferentes estructuras: 5 bancales, varios hoteles de insectos, huerto vertical y mesas de cultivo. Se distinguen además varias zonas; de aprendizaje, almacenaje, y de vermicompostaje (Figura 1).

FIGURA 1. *Espacio del HEU de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz (España).*



Fuente: Elaboración propia

3.2. Instrumento de recogida de información

Como instrumento de recogida de información se empleó un informe de investigación diseñado por los grupos de trabajo. Estos fueron elaborados tras finalizar la EBI. El informe se compone de los siguientes apartados sugeridos por la docente (segunda autora del artículo) siguiendo las fases de la estrategia puesta en juego: 1) Pregunta a investigar, 2) Formulación de hipótesis asociadas a la pregunta problema, 3) Diseño de la experiencia para refutar las hipótesis planteadas, 4) Resultados obtenidos y análisis de los mismos y 5) Conclusiones.

3.3. Procedimiento de análisis

Para analizar el desarrollo de habilidades científicas del alumnado a la hora de abordar aspectos relacionados con el proceso de indagación o la denominada NCI, se aplicó una herramienta propuesta por Ferrés et al. (2015). Este es una adaptación al diseñado previamente por Tamir et al. (1982, citado en Ferrés et al., 2015) correspondiente al Practical Test Assessment Inventory (PTAI) compuesto por un total de 21 categorías, las cuales abordan y determinan las habilidades de investigación de los estudiantes basándose en aspectos determinantes en el proceso de indagación. A partir de esta herramienta, Ferrés et al. (2015) proponen otro, denominado NPTA, reduciendo el número de categorías, de 21 a 7: 1) identificación de problemas investigables, 2) formulación de hipótesis, 3) identificación de variables, 4) planificación de la investigación, 5) recogida y procesamiento de datos, 6) análisis de datos y obtención de conclusiones argumentadas y 7) metarreflexión. Para este estudio, se ha realizado una ligera modificación al instrumento de Ferrés et al. (2015). De las 7 categorías iniciales que componen el NPTAI se reducen a 6, eliminando la categoría 7 dedicada a la metareflexión por no ser un aspecto a incluir en el informe de investigación elaborado por los grupos de trabajo y solicitado por la docente.

Una vez aplicado el NPTAI (adaptado a nuestro contexto) a la información aportada en los informes de investigación, se recodificaron los resultados para establecer los NCI propuestos por Ferrés et al. (2015). Este proceso se realizó a través de una rúbrica diseñada también por estas autoras, y que permitió valorar de manera cuantitativa los informes de investigación de cada grupo de trabajo atendiendo a 5 niveles de competencia: desde un nivel acientífico hasta un nivel indagador. Esta rúbrica, en consecuencia, también fue adaptada en función a la categoría comentada anteriormente para ajustarla a la EBI implementada en la asignatura de DMN.

Se analizaron un total de 8 informes de investigación de extensión variable entre 14 y 16 páginas. Cada uno de ellos fueron analizados empleando las herramientas detalladas anteriormente (NPTAI y NCI, adaptados ambos). Para ello, se empleó un método de análisis

interjueces entre las dos investigadoras del estudio acorde a investigaciones similares (Cruz-Guzmán et al., 2020). Se realizó una primera categorización de manera separada, de cada informe grupal y posteriormente, se pusieron en común para determinar coincidencias y resolver posibles discrepancias. Finalmente se realizó un análisis de frecuencias y porcentajes para cuantificar los NCI establecidos a través de un Excel.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación con el NPTAI (adaptado) se muestran en la Tabla 1. El 75% de los grupos (G) plantearon en torno a la biodiversidad cultivada problemas ambiguos o mal formulados. Aun así, todas las investigaciones se vincularon con el tema principal y pueden ser valoradas como interesantes. De los 8 grupos: 2 (G2, G8) plantearon indagaciones sobre la influencia del uso de tres tipos de abonos en el crecimiento de distintos tipos de plantas; otros 2 (G3, G4), estudiaron la asociación de cultivos atendiendo a las diferentes familias de plantas; 2 (G5, G7), investigaron en torno a la cantidad de agua necesaria para la germinación de diversos tipos de semillas, un grupo (G6) estudió la efectividad de la técnica del acolchado (o mulching), y otro (G1), sobre el efecto del espacio de cultivo en el desarrollo de las raíces de las plantas.

A la vista de los resultados se evidencia que, de las preguntas problemas planteadas por los grupos, aunque un 75% fueron algo ambiguas, se relacionan con alguna de las siete dimensiones propuestas por Gliessman (2002) para caracterizar la biodiversidad. Explícitamente, los grupos plantearon investigaciones en torno a la dimensión específica -al utilizar distintos tipos de plantas y semillas-y a la dimensión horizontal, al tratar la distribución espacial de los cultivos.

***TABLA 1**. Resultados tras la evaluación con la herramienta adaptada NPTAI de Ferrés et al. (2015).*

Categorías del NPTAI	Niveles	Nº Total Grupos	% (N=8)
Identificación de problemas Investigables	0	0	0
	1	6	75
	2	2	25
Formulación de hipótesis	0	0	0
	1	1	12,5
	2	3	37,5
	3	2	25
	4	2	25
Identificación de variables	0	0	0
	1	2	25
	2	0	0
	3	6	75
	4	0	0
Diseño y planificación de la Investigación	0	0	0
	1	0	0
	2	6	75
	3	1	12,5
	4	1	12,5
Recogida y procesamiento de datos	0	0	0
	1	0	0
	2	5	62,5
	3	1	12,5
	4	1	12,5
Análisis de datos y Obtención de conclusiones	0	1	12,5
	1	2	25
	2	2	25
	3	3	37,5
	4	0	0

Fuente: elaboración propia

Otras dimensiones, aunque más implícitas en sus preguntas, se relacionan con la dimensión funcional; al centrarse en procesos como la regulación del agua o el ciclo de nutrientes. Esto parece sugerir que el tema central seleccionado posee cierto potencial didáctico para poder plantear investigaciones en el huerto con un componente práctico real. No

obstante, aunque se considera relevante dar oportunidad al alumnado para plantear sus propias preguntas de investigación, es fundamental reflexionar con el alumnado la idoneidad de dichas preguntas. De acuerdo a Márquez Bargalló y Roca Tort (2006), identificar preguntas y plantearse problemas supone un aspecto esencial de la cultura científica, y más relevante es si cabe, distinguir cuáles son las más interesantes.

En cuanto a la capacidad de formular hipótesis, el 37,5% de los grupos plantearon hipótesis ambiguas, con algunos errores de lógica o bien, mal expresados, respecto al 25% que las plantearon en forma de deducción, encajando con los problemas de investigación propuestos. Por ejemplo, el G6, para estudiar la efectividad de la técnica del acolchado (mulching) formuló una hipótesis mal definida por utilizar un tipo de plántula y semillas poco viables, dado el tiempo disponible para realizar los experimentos: "*Si utilizo esta técnica, entonces el crecimiento del fruto y la planta será más eficaz*" (G6). Estos resultados son coherentes con los datos obtenidos en relación a la habilidad de los grupos a la hora de identificar las variables en sus investigaciones. El 75% de estos, identificó variables (independientes y dependientes) de manera incorrecta o bien imprecisa. Por ejemplo, el G8 expresó en su informe: "*Queremos medir la variable tiempo de crecimiento de la planta según el abono que se va a utilizar*". El 25%, confundió ambas variables o bien propusieron variables que no encajaban con las hipótesis previamente formuladas. Estos resultados suponen una mejora en relación a trabajos anteriores (Aragón y Gómez-Chacón, 2022).

En esta ocasión, durante la EBI implementada, se dedicaron más sesiones para explicar la manera de formular hipótesis en forma deductiva y que esta ayudara a la hora de definir un buen diseño y poder aceptar o rechazar las hipótesis dadas. Aun así, los resultados evidencian ciertas deficiencias en los grupos a la hora de formular hipótesis, sobre todo, que encajen con la pregunta, probablemente, debido a la poca concreción del problema a resolver. En este sentido se reafirma la relevancia en un proceso de indagación, partir de una buena pregunta investigable, ya que, generalmente, es más difícil encontrar buenas preguntas que no buenas respuestas (Santmartí y Márquez, 2012 citado en Ferrés-Gurt, 2017). Por su parte Furman et al. (2006) indican que la comprensión

conceptual de los fenómenos observados se considera un aspecto clave a la hora de proponer una cuestión a investigar. Sin embargo, según los resultados obtenidos, consideramos que este requisito interfiere al desarrollo de otras habilidades científicas presentes durante la indagación.

A la hora de planificar sus investigaciones, el 75% de los grupos, propuso un diseño metodológico que solo permitió comprobar de manera parcial las hipótesis indicadas. Así, por ejemplo, el G3 ante la pregunta problema: "¿Qué efectos tiene la sinergia de plantas en un mismo bancal?", planteó un diseño deficiente dado que sólo emplearon un único bancal en el huerto para asociar plantas de distintas familias, en lugar de dos bancales, empleando uno de ellos como control.

En cuanto a la recogida y procesamiento de los datos, el 62,5% de los grupos los realizó con ciertos errores e imprecisiones, indicativo de una falta de comprensión de los procedimientos, lo que parece indicar una escasa relación entre los datos con las hipótesis formuladas por los grupos en sus informes. Por ejemplo, el G6 expresó resultados poco precisos como, por ejemplo: "*las hojas perdieron un poco el color debido a la falta de luz*". Sin embargo, el análisis cualitativo de los informes evidencia que los grupos realizaron un tratamiento adecuado de los datos y un uso correcto de las representaciones gráficas.

A la hora de analizar los datos y obtener conclusiones, el 12,5% no incluyó este aspecto en sus informes, el 25% realizó un análisis deficiente y emitió conclusiones sin estar fundamentadas en los datos; otro 25% emitió conclusiones muy similares a los resultados sin realizar una interpretación o analizar los datos. El 37,5% por su parte, realizó un análisis incompleto o poco fundamentado en los datos o bien basados en datos poco fiables, con una visión predominantemente simplista. Así, cuando los grupos analizaron los resultados, en varias ocasiones, hacen alusión a conclusiones para explicar por qué los procesos no están sucediendo como ellos pensaban. Como ejemplo, el G7 expone: "*nos hemos encontrado con que en el bancal ninguna de las semillas ha logrado crecer, aunque no sabemos si ha logrado echar raíces, sin embargo, alguna de nosotras piensa que este problema viene dado a que la enterramos demasiado profundas*". Las conclusiones son poco precisas y no ofrecen explicaciones a los resultados obtenidos: "*Habría*

que puntualizar que dos plantas han desaparecido" (G1). En otros casos, algunos grupos comentan los errores del diseño experimental como mejora debido a los escasos resultados obtenidos a la hora de emitir sus conclusiones. Ejemplo de ello lo ofrece el G8: "*En definitiva, hemos podido comprobar que deberíamos haber tomado distintas medidas a la hora de trasplantar la lechuga a su lugar correspondiente (bancal), la cantidad de abono tanto químico como orgánico añadido y la distancia a la que se la ha agregado este*".

La Tabla 2 muestra la distribución de los grupos según los NCI establecidos. Se observa un predomino de alumnado que estaría, según la información contenida en sus informes de investigación, en niveles bajos considerado como "pre-científico", 3, en niveles más intermedios y solo 2 de los 8 grupos, se situarían en un nivel indagador.

***TABLA 2**. Distribución de grupos según los NCI.*

NCI	Nº grupos	% Frecuencias
Indagador	2	25
Indagador Inseguro	1	12,5
Indagador Incipiente	2	25
Pre-científico	3	37,5
Acientífico	0	0

Fuente: elaboración propia

Estos resultados evidencian las principales dificultades que presentan los futuros maestros/as de infantil a la hora de llevar a cabo un proceso de indagación, en este caso, en torno a la biodiversidad cultivada y en HEU. Los resultados muestran dificultades a la hora de identificar variables y establecer controles y réplicas. Por ejemplo, el G1, para estudiar el efecto del espacio de cultivo sobre el crecimiento de las plantas, no contempló como variables controladas la cantidad de agua de riego o la profundidad de plantado. También se detectan deficiencias en cuanto a la falta del uso de instrumentos de medida y rigor a la hora de tomar datos. Así, por ejemplo, el G2, para conocer si el tipo de abono utilizado tiene un efecto sobre el crecimiento de las plantas indica: "hemos usado un poco de abono" o bien, el G3, cuando describen la distancia para asociar distintas familias de plantas expresa: "*En nuestro*

bancal hemos plantado en una misma fila plantas de la misma familia alternadas con una distancia determinada (una palma de mano) entre cada una de ellas".

Finalmente, los informes permiten detectar dificultades asociadas a sus propias concepciones previas en relación al contenido a trabajar. Los grupos aluden a términos como semillas, plantas, germinación y crecimiento, como sinónimos. También ofrecen explicaciones pseudocientífcas: "el cebollín y el puerro han desaparecido del bancal" (G7). Por otro lado, en el apartado para analizar los resultados, varios grupos aluden a conclusiones para explicar por qué los procesos no están sucediendo como ellos pensaban, acorde a sus ideas previas, confundiendo además la información referida a la recogida de información en vez de resultados, expresando sus expectativas e ideas previas: "Nos hemos llevado una sorpresa ya que nuestras plantas habían crecido bastante, superaron nuestras expectativas, pues pensábamos que no crecerían" (G7).

Así, analizar datos y obtener buenas conclusiones exige que el alumnado tenga que movilizar o buscar conocimientos y utilizarlos, en este caso, para entender cómo germina una semilla o cómo se nutre una planta, y poder establecer relaciones con los resultados obtenidos. En este sentido, durante la indagación se constatan dificultades debidas a las concepciones previas presentes en los futuros docentes coincidentes con la bibliografía existente en relación a las plantas y su ciclo de vida, algunas presentes en niños y niñas de la Etapa de Infantil y Primaria (Cañal de León, 1991; Nicolás et al., 2017; Rodríguez-Melero et al., 2021).

5. CONCLUSIONES

En base a estos resultados obtenidos en el presente estudio se detecta un déficit en el NCI de nuestro alumnado, futuros docentes de infantil, observando una mayor dificultad en las habilidades científicas a medida que avanza el proceso de indagación coincidiendo con trabajos similares (Ferrés et al., 2015). No obstante, se detectan fortalezas, como la idoneidad de emplear la biodiversidad cultivada como temática y en el contexto del HEU para plantear problemas reales y aproximar este concepto al alumnado.

El estudio evidencia necesidades curriculares, y por tanto, formativas de los futuros docentes, y en este sentido, nos encontramos frente a un gran reto donde creemos que es importante poner en valor la adquisición de competencias científicas con distintos fines, no solo para que el alumnado pueda comprender el desarrollo de la ciencia y cómo esta se lleva a cabo, sino también, que pueda utilizar ese conocimiento para documentarse, argumentar y tomar decisiones personales y sociales ante la situación de crisis actual (Pedrinaci et al., 2012).

Debemos reflexionar sobre cómo mejorar el proceso de indagación en el aula y definir mejor, o al menos, guiar de otra manera, cada una de las tareas o actividades que el alumnado debe establecer para ello. En este aspecto, el seguimiento por parte del docente se hace totalmente necesario para encaminar los primeros pasos de las investigaciones y poder de esta forma que el alumnado avance en el desarrollo de sus habilidades científicas. De acuerdo con Grau (1994), se pueden establecer pautas indicativas para incluirlas dentro de la elaboración de una investigación guiada y de estar forma preparar un buen plan de trabajo con el fin de ir disminuyendo estas indicaciones a medida que vayan acumulando experiencia en las actividades de investigación. Estas propuestas de futuro se prevén relevantes teniendo en cuenta que, para afrontar nuevos retos, son necesarios nuevos cambios. En nuestro ámbito, "las actividades formativas deben promover que los docentes vivan experiencias similares a las que se les propone que ellos implementen, así como que desarrollen una cultura de investigación sobre su práctica" (Rivera y López, p.157). Asimismo, es esencial que estas prácticas estén centradas en contextos y problemáticas socioambientales reales como es el caso de pérdida de la biodiversidad cultivada.

6. FINANCIACIÓN

Este trabajo se enmarca en el Proyecto de Innovación y Mejora Docente (sol-202100201447-tra) concedido por la Universidad de Cádiz en el curso académico 2021/2022.

7. REFERENCIAS

Abril, A.M. Blanco, Á., y Franco, A. J.(coords.) (2021). Enseñanza de las ciencias en tiempos de COVID-19. De la investigación didáctica al aula. Graó.

Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 3-16.

Acosta-Naranjo, R., y Rodríguez-Franco, R. (2014). La biodiversidad cultivada: Actores sociales y estrategias en el contexto de la nueva ruralidad en España. Agrociencia, 48(1), 115-130.

Aguilera Morales D., Martín-Páez T., Valdivia-Rodríguez V., Ruiz-Delgado A., Willians-Pinto L., Vílchez-González J. M., Perales-Palacios F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. Revista de Educación 381, 259-284. http://bit.ly/3PFOx7z

Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., y Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? Journal of Educational Psychology, 103(1), 1.

Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Vicente-Martorell, J.J., y Eugenio, M. (2021). ¿Progresan las concepciones sobre la ciencia de futuros maestros/as tras la implementación de propuestas constructivistas para la alfabetización científica? Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, 16(1). https://doi.org/10.14483/23464712.15589

Aragón, L., y Gómez-Chacón, B. (2021). Investigar en el contexto del Huerto Ecológico Universitario en el marco de los 0DS 12 y 15. En M. Vargas, y L. Aragón, (Coord.). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: hoja de ruta en la educación del siglo XXI. Innovación docente en la formación de profesionales, 141-157. Octaedro.

Aragón, L., y Gómez-Chacón, B. (2022). Promoting Enquiry Skills in Trainee Teachers within the Context of the University Ecological Garden. Education Sciences, 12(3), 214. https://doi.org/10.3390/educsci12030214

Aragón, L., y Morilla Pérez, B. (2021). El uso del huerto escolar en los centros de Educación Infantil y Primaria de la Campiña Morón-Marchena (Sevilla). Campo Abierto. Revista De Educación, 40(2). https://doi.org/10.17398/0213-9529.40.2.187

Arzola-Franco, D. M. (2014). La distancia entre el discurso de la participación y las prácticas participativas en los centros de educación secundaria. Revista mexicana de investigación educativa, 19(61), 511-535.

Casas, E. (2005). Conservación y uso de la biodiversidad cultivada en Cataluña. Biodiversidad, 43, 29-32.

Cañal de León, P. (1991). Las concepciones de los alumnos y alumnas sobre la nutrición de las plantas verdes. Revista Investigación en la Escuela, 13, 97-113.

Crujeiras-Pérez, B., Cambeiro, F. (2018) Una experiencia de indagación cooperativa para aprender ciencias en educación secundaria participando en las prácticas científicas. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 15(1), 1201. bit.ly/46gqqmW

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 45.46. https://bit.ly/3ru4zcV

Díaz, S., Fargione, J., Chapin III, F. S., y Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. PLoS biology, 4(8), e277.

Estrella, A., y Jiménez, L. (2020). Los huertos escolares en España: educando para el cambio. Centro Nacional de Educación Ambiental. https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2020-02 estrellajimenez_tcm30-506609.pdf

Eugenio, M., y Aragón, L. (2016). Experiencias en torno al huerto ecológico como recurso didáctico y contexto de aprendizaje en la formación inicial de maestros de Infantil. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13(3), 667-679. http://hdl.handle.net/10498/18504

Ferrés, C., Marbà, A., y Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 12(1), 22-37. https://bit.ly/3RHQYsT

Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 14(2), 410-426.

Furman, M, Barreto, M.C., Sanmartí, N. (2006) El procés d'aprendre a plantejar preguntes investigables. Educación Química EduQ, 14, 1-28.

García González, S. M., y Furman, M. G. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. Praxis y Saber, 5(10), 75. https://doi.org/10.19053/22160159.3023

Gliessman, S. R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Catie.

Gómez-Chacón, B., y Aragón, L. (2022, mayo). ¿Qué es la biodivesidad cultivada? Una propuesta de indagación en el contexto del Huerto Ecológico Universitario. En VI Congreso Inernacional sobre Innovación Pedagógica y Praxis Educativa. Online.

Grau, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? Alambique, 2, 27–35.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias, 12(3), 299-31.

López Noguero, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. Revista de Educación, 4, 167-179.

Marco-Stiefel, B. (2000). La alfabetización Científica. En F.J. Perales y P. Cañal de león (Eds). Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la Enseñanza de las Ciencias. (pp. 141-164). Marfil.

Márquez Bargalló, C., y Roca Tort, M. (2006). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. Revista Educación y Pedagogía, 28(45), 61-71.

Marín, Y. A. O. (2013). Transformando las prácticas de evaluación en el aula. Descripción de una experiencia en la enseñanza del concepto de biodiversidad. Bio-grafía, 526-534.

Martín-Díaz, M. J. (2006). Alfabetización científica: formación inicial, experiencia docente y pensamiento del profesorado. Enseñanza de las ciencias, Nº Extra, 1-4.

Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. The science teacher, 69(2), 34.

Martínez-Chico, M., Jiménez Liso, M.R., y Lucio-Villegas, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias., 12(1), 149-166. bit.ly/45g8SpR

Monney, P. R. (1997). Agricultural biodiversity, indigenous knowledge, and the role of the Third System. Development Dialogue, 1-184

Mule, L. (2006). Preservice teachers' inquiry in a professional development school context: Implications for the practicum. Teaching and Teacher Education, 22(2), 205-218.

Naciones Unidas (1992). Convenio sobre la biodiversidad Biológica. Rio de Janeiro. En: https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf

National Research Council. (1996). National science education standards. National Academies Press.

Nicolás, C., Menargues, A., Limiñana, R., Rey, A., Rosa-Cintas, S., y Martínez-Torregrosa, J. (2017). Análisis y detección de las concepciones espontáneas sobre reproducción en plantas para la mejora de la enseñanza en Educación Primaria. Enseñanza de las ciencias, Nº Extra, 1003-1008.

Pastor, I.O. (2000). Paisaje y Educación Ambiental. Observatorio medioambiental, 3, 35.

Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P., y De Pro, A. (2012). Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica. Graó.

Pérez Serrano, G. (1994). Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. La Muralla.

Quílez, M. J. G., Peña, M. B. M., de la Gándara Gómez, M., Hernández, J. M. C., y Gracia, Á. L. C. (2008). De la universidad a la escuela: No es fácil la indagación científica. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado: continuación de la antigua Revista de Escuelas Normales, 63, 81-100.

Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil. Boletín Oficial del Estado, núm. 28, de 2 de febrero de 2022, pp. 14561 a 14595. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/02/01/95/con

Rivero, A., y López, F. (2020). La formación inicial y permanente de docentes de ciencias como proceso a largo plazo fundamentado en la investigación. En Couso, D., Jimenez-Liso, M.R., Refojo, C. y Sacristán, J.A. (Coords). Enseñando Ciencia con Ciencia (pp.153-167). FECYT y Fundacion Lilly. Penguin Random House.

Rodríguez Melero, A. M., Cáceres Ruiz, M. J. y Franco-Mariscal, A. J. (2021). ¿Cómo hace-mos crecer una planta? Una indagación con niños de 3 años de educación infantil. Enseñanza de las Ciencias, 39(3), 231-253.https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3345

Ryan, C. (2015). Science education for Responsible Citizenship. http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf

Sanz-Merino, N., y Cerezo, J. A. L. (2012). Cultura Científica para la Educación del Siglo XXI11. Revista Ibero-Americana de Educação, 58, 35-59.

Universidad de Cádiz (2020). Memoria del Título del Grado en Educación Infantil.2201-18. https://educacion.uca.es/informacion-publica-de-titulos-grados-grado-ed-infantil/

Vara-Sánchez, I., y Padilla, M.C. (2013). Biodiversidad cultivada: una cuestión de coevolución y transdisciplinariedad. Ecosistemas, 22(1), 5-9. http://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-1.02.

Vílchez, J.E., y Escobar, T. (2014). Uso de laboratorio, huerto escolar y visitas a centros de naturaleza en Primaria: Percepción de los futuros maestros durante sus prácticas docentes. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 13(2), 222-241. https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen13/REEC_13_2_6_ex840.pdfArnau, J. (2018).

¿SE TRABAJAN LOS ODS EN LAS AULAS DE EDUCACIÓN INFANTIL, PRIMARIA Y SECUNDARIA? REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA BIBLIOGRAFÍA DISPONIBLE

AGUSTINA MARÍA TORRES PRIORIS
Universidad de Málaga

MARÍA DEL CARMEN ACEBAL EXPÓSITO
Universidad de Málaga

1. INTRODUCCIÓN

Transcurridos ocho años desde la reafirmación de intenciones que vienen expresándose hace décadas, en forma de declaración de los ODS, es necesario considerar al menos La Declaración del Milenio del año 2000 (Organización de las Naciones Unidas, 2000) que ya planteaba 8 objetivos: 1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre, 2. Lograr la enseñanza primaria universal, 3. Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer, 4. Reducir la mortalidad infantil, 5. Mejorar la salud materna, 6. Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades, 7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, 8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.

La ciudadanía actual continúa enfrentándose a la crisis ambiental de alcance global lo que impacta en nuestra capacidad de integración tanto social como ecológica y ambiental. Reconociendo esta urgencia, la Organización de las Naciones Unidas (en adelante ONU) ha diseñado la Agenda 2030, un marco que establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (en adelante ODS): 1. Fin de la Pobreza, 2. Hambre cero, 3. Salud y bienestar, 4. Educación de calidad, 5. Igualdad de género, 6. Agua limpia y saneamiento, 7. Energía asequible y no contaminante, 8. Trabajo decente y crecimiento económico, 9. Industria, innovación e

infraestructura, 10. Reducción de las desigualdades, 11. Ciudades y comunidades sostenibles, 12. Producción y consumo responsable, 13. Acción por el clima, 14. Vida submarina, 15. Vida de ecosistemas terrestres, 16. Paz, justicia e instituciones sólidas, 17. Alianzas para lograr objetivos.

En línea con esta iniciativa, el Gobierno de España ha ratificado la Declaración de Emergencia Climática y Ambiental en 2020. Esta declaración establece un compromiso para implementar diversas acciones, siendo particularmente relevante el decimonoveno punto que enfatiza "la integración de contenidos relacionados con el cambio climático en los programas educativos y la aprobación de un Plan de Acción para la Educación Ambiental en 2020".

Sin embargo, es importante destacar que la implementación efectiva de estos cambios en el sistema educativo puede ser un proceso gradual continuo y polifacético que involucra a múltiples actores y requiere un compromiso a largo plazo. Implantar nuevas estrategias en Educación Ambiental (en adelante EA), depende en gran medida de la voluntad política, la inversión en educación. Esto incluye la actualización permanente de planes de estudio, así como capacitación de los docentes en las problemáticas ambientales directamente relacionadas con los ODS y, entonces, la capacidad del sistema educativo para adaptarse.

Se considera que la estrategia más efectiva para abordar este desafío se corresponde radicalmente con la Formación Inicial del Profesorado (Acebal et al. 2014). Es esencial crear conciencia sobre la necesidad de involucrarse en la consecución de los ODS y cultivar competencias en EA en los futuros educadores. La integración de estos conceptos en los planes de estudio de programas como másteres y grados, debería contribuir en la construcción de una Conciencia Ambiental sólida. Esta conciencia a su vez permitirá que los profesionales de la educación transmitan y arraiguen actitudes y comportamientos propios de individuos comprometidos con su entorno.

Para que los futuros educadores adquieran un firme compromiso con el desarrollo sostenible y consideren la variable ambiental como un valor en sus procesos de toma de decisiones, es esencial que desarrollen una

sólida Conciencia Ambiental. Esto implica la interacción armónica de sus cuatro dimensiones, cognitiva, conativa, activa y afectiva. Estas dimensiones pueden variar según el contexto social, económico, cultural y educativo. En este sentido, la diversidad cultural influye en la forma en que se aborda la EA en diferentes contextos, dando forma a distintos enfoques pedagógicos.

Las investigaciones recientes sugieren que es prioritario fortalecer inicialmente la dimensión cognitiva para impulsar y potenciar las demás dimensiones de la Conciencia Ambiental (Chuliá, 1994; Corraliza et al., 2004). Sin embargo, los docentes en formación inicial, particularmente aquellos que se especializan en ciencias en la educación secundaria y que han cursado titulaciones científicas específicas, a veces relacionadas con la EA, ya poseen un nivel significativo en la dimensión cognitiva de la Conciencia Ambiental. Según Acebal et al. (2014) enfrentan desafíos al tratar de transmitir ese conocimiento científico desde una perspectiva pedagógica.

En este sentido, Acebal y Brero (2018) plantean una serie de recomendaciones que deberían incorporarse en su programa formativo, en consonancia con las competencias que se promueven en la enseñanza de las ciencias. Estas recomendaciones les permitirán llevar ese conocimiento científico a las aulas de manera efectiva. Una de estas pautas consiste en la aplicación de diversas estrategias y metodologías didácticas que permitan a los docentes en formación participar en experiencias auténticas que puedan servir como modelos y guías para sus futuras prácticas educativas en el ámbito de las ciencias.

En relación con la utilización de problemas sociocientíficos en la enseñanza de las ciencias, numerosos expertos resaltan su relevancia como contexto de aprendizaje tanto para adquirir conocimientos como para desarrollar habilidades, actitudes y valores (Cruz et al., 2020). Estos problemas son auténticos, a menudo cercanos a la vida cotidiana, y se caracterizan por ser abiertos, complejos y controvertidos. Pueden ser considerados desde diversas perspectivas, emergen de la ciencia y están estrechamente relacionados con ella debido a la intrincada interacción entre la ciencia y la sociedad.

En este contexto, la educación superior posee las habilidades necesarias para realizar aportaciones que sean tanto críticas como constructivas, siempre en línea con los principios y valores del desarrollo sostenible, la inclusión y la igualdad (Pallarez-Jiménez y López, 2022).

Es necesario destacar que cuando el profesorado en activo requiere información acerca de metodologías para aplicar los ODS en las aulas no la encuentra fácilmente. Es esta demanda la que ha promovido la investigación que a continuación se describe.

2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental es indagar en la información disponible en la literatura más actual sobre la enseñanza de los ODS en los diferentes niveles educativos, relacionada con el área de Enseñanza de las Ciencias en España, con la intención de:

- Valorar y adoptar estrategias de trabajo interdisciplinar y cooperativo entre el profesorado de las diferentes asignaturas. La idea de interdisciplinariedad es totalmente coherente con los principios de la EA y es una demanda permanente del alumnado y profesorado de grado y postgrado.
- Integrar asignaturas de distintos grados y másteres. La integración entre asignaturas de distintos grados y másteres es totalmente pertinente ya que, si bien en Didáctica de las Ciencias Experimentales la EA es un contenido prioritario el estudio del medio debe estar presente de manera transversal.
- Movilizar las diferentes dimensiones de la Conciencia Ambiental en grados y másteres afines para desarrollar en ellos la capacidad de crear y concretar situaciones de aprendizaje cuyo eje vertebrador sea la EA para toda la ciudadanía.

3. METODOLOGÍA

Este estudio se basa en una revisión exhaustiva de la literatura publicada entre los años 2015 y 2023 en relación con los ODS y EA en el

contexto de la Didáctica de las Ciencias. Para abordar esta temática, se llevó a cabo una indagación utilizando buscadores de revistas y bases de datos universitarias, Dialnet, utilizando las palabras clave "ODS y educación infantil", "ODS y educación primaria" y "ODS y educación secundaria", las cuales podían encontrarse incluidas en el título, resumen, palabras clave y manuscrito de los documentos seleccionados.

Para el análisis de los resultados obtenidos, se consideraron las siete etapas propuestas por Sánchez-Meca (2022) para llevar a cabo revisiones sistemáticas en el ámbito educativo: formulación de la pregunta, definición de los criterios de selección de los estudios, búsqueda y localización de los estudios, extracción de la información de los estudios, medida del resultado de los estudios, síntesis e interpretación de los resultados y finalmente la redacción del manuscrito.

En relación a los objetivos propuestos, la pregunta inicial que nos planteamos es:

¿Qué trabajos de investigación o estudios de caso se están realizando en torno a los ODS?

Para atender a esta cuestión, se definieron los siguientes criterios para la selección de los trabajos que serán analizados:

- Se priorizaron los artículos y capítulos de libros relacionados específicamente con la Didáctica de las Ciencias.
- Únicamente se tuvieron en cuenta publicaciones realizadas en revistas o libros españoles.
- Se descartaron trabajos provenientes de Trabajos Fin de Grado o Trabajos Fin de Máster y Actas de Congresos.

4. RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados derivados de la revisión sistemática, que pretende identificar aquellos documentos académicos en los que se tratan metodologías orientadas a la enseñanza de los ODS y EA, y que generen situaciones de aprendizaje para concretar en las aulas de los distintos niveles educativos.

En la Figura 1 se presenta esquemáticamente el resultado del proceso de selección y cribado de los artículos:

***FIGURA 1**. Síntesis de los resultados obtenidos en las búsquedas bibliográficas realizadas.*



Fuente: elaboración propia

A continuación se realiza una breve descripción de las características de cada trabajo: autor, título, tipo de publicación, área de conocimiento, nivel educativo al que va dirigido el estudio y metodologías didácticas utilizadas.

– Pallarés-Jiménez y Lleida-Añón (2023), en este capítulo de libro titulado "Diseño de actividades en el rincón de ODS en el aula de Educación Infantil" en el libro: La didáctica de las Ciencias Sociales ante el reto de los Objetivos de Desarrollo

Sostenible, muestran los resultados derivados de tareas de clase en la que proponen que el alumnado de Educación Infantil (en adelante AEI) diseñe rincones de actividades relacionadas con los ODS y que utilicen material manipulativo. Además, en el seguimiento de la evolución de estos espacios durante las semanas de exposición, se orientarán las modificaciones de los mismos siguiendo objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales concretos.

- Angeloff y Russi (2023) en el capítulo: "Programa de educación emprendedora: Educación Infantil y Educación Primaria" en el libro: Persona, empresa, sociedad y emprendimiento en el contexto de los ODS, proponen actividades para fomentar la cultura emprendedora del AEI y alumnado de Educación Primaria (en adelante AEP), centrando la atención en la identificación de las características del entorno en el que viven y sus elementos.

- Gorospe et al. (2023) en su capítulo: "La participación del alumnado de Grado de Educación Infantil en el proyecto de radio comunitaria Radio ODS/ODS Irratia" en el libro titulado: En digital: experiencias y reflexiones para el uso de la tecnología en educación, el alunando del Grado en Educación Infantil (en adelante GEI) trabaja los ODS a través de una radio comunitaria en el marco de talleres de cultura visual para la difusión de los ODS con la pregunta de partida: ¿Qué pueden hacer las Tic para salvar el planeta?

- Menargues et al. (2021) en el capítulo titulado "Enseñanza y aprendizaje del consumo sostenible (trabajando la vida útil de los teléfonos móviles) a través de un proyecto de aprendizaje servicio en el Grado en Maestro en Educación Infantil" publicado en el libro: Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19, los autores proponen el desarrollo de la conciencia ambiental a través de la metodología de Aprendizaje-Servicio, con la que se pretende que las y los futuros docentes del GEI asimilen aspectos relacionados

con el consumo sostenible a través del estudio del ciclo de vida de un teléfono móvil.

- Rodríguez (2023) en su artículo titulado "Toquiña arredor do mundo" la experiencia descrita consistió en un trabajo por proyecto multidisciplinar en el cual el AEI y AEP realizan la construcción de una casa sostenible con materiales reciclados, aplicando contenidos relacionados con la escala métrica en Matemáticas, creación de maquetas en Plástica, trabajos con planos en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales.

- López Secanell et al. (2023) en el artículo titulado: "Conocimiento sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible del futuro profesorado de Educación infantil y Primaria", realiza un cuestionario para analizar el impacto que tiene en el alumnado la inclusión de los ODS en el currículo. En este estudio participó el alumnado perteneciente al GEI y Grado en Educación Primaria (en adelante GEP). Los resultados obtenidos destacan el desconocimiento de los ODS y las escasas propuestas innovadoras.

- Ruiz et al. (2023) en su capítulo titulado: "Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la etapa de Educación Infantil a través de los saberes básicos" publicado en el libro: Investigar en educación hoy: la transversalidad como horizonte, realizan un análisis en el que relacionan los saberes básicos presentes en el currículo de Educación Infantil de la comunidad autónoma de Andalucía, con los ODS que se pueden desarrollar a través de ellos.

- Lorente et al. (2022), en su trabajo titulado "Los objetivos de desarrollo sostenible y la agenda 2030 en la formación inicial del profesorado" elaboraron una serie de talleres y actividades formativas innovadoras, dirigidas al alumnado de grado y máster, que fueron desarrolladas en 3 fases: información y sensibilización, desarrollo del proyecto y evaluación del proyecto. Las actividades diseñadas consistieron en concreto en

la elaboración de una unidad didáctica por parte del alumnado y sesiones de información y sensibilización.

- Morote y Moreno (2022), en su propuesta titulada: "La percepción del futuro profesorado sobre los efectos del cambio climático en la biodiversidad y la bioculturalidad" se desarrolló un cuestionario que pretende evaluar desde donde proviene la información (educación reglada, redes sociales o prensa) que recibe el alumnado de profesorado en formación.

- Murillo et al. (2021) en el artículo proponen un grupo de actividades destinadas al AEP, en la que, desde la educación visual, plástica y arte una serie de talleres titulados: ¿Qué hago con los juguetes rotos?: El arte de reciclar y el trabajo con los ODS en la Educación Primaria.

- Bruchner y Rebollo (2021), proponen actividades dirigidas a fomentar la interacción del AEI con el medio natural. El artículo "Bosquescuela. Un modelo de escuela sostenible en la naturaleza" promueve que el juego espontáneo y libre fomente el sentido de exploración, el trabajo en equipo y ofrece momentos de alta concentración que permite al alumnado incorporar de forma adecuada nuevos conocimientos.

- Parra Nieto y Gómez Gonçalves (2021) proponen en el libro titulado: "El huerto educativo: recurso didáctico para trabajar los objetivos de desarrollo sostenible desde una perspectiva multidisciplinar" diferentes actividades relacionadas con los huertos escolares, con una mirada didáctica y multidisciplinar. Además, las actividades están diseñadas para diferentes niveles educativos tanto para alumnado como para maestros en formación inicial.

- Sánchez et al. (2021) realizan una aportación titulada "Un rincón para los ODS en educación infantil en el libro: La formación del profesorado en didáctica de las ciencias sociales en el ámbito Iberoamericano. En el capítulo se propone una

recopilación de experiencias educativas aplicadas a las tecnologías emergentes y la innovación destinada al AEI.

- Fernández (2021) en el capítulo de libro titulado "Desarrollo del pensamiento crítico a partir de controversias sociocientíficas en torno a los ODS en la formación del profesorado del Grado en Educación Infantil" en el libro: Docentes para el siglo XXI: Propuestas para la formación inicial del profesorado en competencias críticas y reflexivas. El documento recoge una serie de propuestas de intervención que se han llevado a cabo en los GEI y GEP, en los que se han diseñado e implementado actividades innovadoras relacionadas con el desarrollo del pensamiento crítico a través de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones (en adelante TIC).

- Guardeño et al. (2022) proponen en el artículo titulado "Prior knowledge about Susteinable Development Goals of future teachers" publicado en la Revista Internacional De Humanidades, un estudio para indagar sobre los conocimientos previos del alumnado en formación inicial GEI, GEP y Máster en Profesorado de Educación Secundaria (en adelante MAES), sobre los ODS y la Agenda 2030. Para conseguir el objetivo planteado realizaron un cuestionario en el que tratan ítems tales como la definición de ODS, los medios por los que accedieron a la información, las implicaciones sociales, etc.

- Vélez y Sánchez (2021) en su aportación de capítulo de libro titulada: "Visibilizando los ODS 7 y 13 en la formación inicial de maestros y maestras de Educación Primaria" en el libro Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: hoja de ruta en la educación del siglo XXI, en el cual trabajan los ODS de forma relacionada con las temáticas de energía, desarrollo sostenible y acción por el clima, mediante la realización de diferentes proyectos. En esta experiencia participó el alumnado de GEI y GEP.

– Alarcón y Sánchez (2023) en el capítulo titulado "Un programa de prácticas universitarias en Educación Primaria para la enseñanza-aprendizaje de los ODS" en el libro: La didáctica de las ciencias sociales ante el reto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, proponen adoptar una metodología integradora que conecte lo local y lo global y se adquieran actitudes y valores relativos a la igualdad, el respeto, la tolerancia, la responsabilidad, la solidaridad, etc. En este caso llevaron a cabo un programa destinado al alumnado del GEP, que constaba de un cuestionario inicial, prácticas de trabajo cooperativo y por último un cuestionario final para valorar los aprendizajes producidos.

– Del Álamo et al. (2021) en el capítulo: "Agenda 2030, ODS y la educación para el desarrollo sostenible: una experiencia didáctica con los futuros docentes de Educación Primaria" en el libro titulado, Igualdad y calidad educativa: oportunidades y desafíos de la enseñanza. En esta propuesta se trabaja con el alumnado del GEP, mediante una metodología participativa y reflexiva, analizando temáticas en las que el alumnado pueda permitirse reflexionar y plantearse cuestiones y situaciones que le permitan desarrollar el pensamiento crítico.

– González - Sánchez et al. (2019) en el artículo titulado "Propuesta de actividad de juego de rol para trabajar los ODS con alumnado de tercer ciclo de Educación Primaria." En esta propuesta se realiza un juego de rol en el que el AEP participa de forma activa en una cumbre climática y propone posibles soluciones locales para mejorar la situación ambiental de su entorno.

– Carretero (2021) presenta un artículo titulado "Guía Didáctica para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Educación Primaria". Esta propuesta va dirigida al alumnado del GEP con el fin de proporcionar una guía para el desarrollo y comprensión de los ODS en esta etapa educativa, empoderando al docente como agente promotor del cambio en el alumnado.

– Sebastiá Alcaráz et al., (2022) propone en su artículo titulado "Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el currículo escolar según la experiencia del alumnado en el prácticum II de Magisterio". En este artículo participan alumnos del GEP los cuales son protagonistas del estudio a la vez que realizan encuestas al AEP, en donde desarrollan sus prácticas docentes.

– Blanc et al. (2022) en el capítulo titulado "Crecimiento competencial en la escuela y su relación con transferencia digital en proyectos de huertos escolares" del libro, Escenarios y recursos para la enseñanza con tecnología: desafíos y retos, buscan indagar cómo se incorporan los recursos TIC en el AEI y AEP a través de la formación inicial del GEI, GEP y MAES. Además, destaca la importancia que puede significar establecer una sinergia entre los recursos de centros públicos y privados para desarrollar estrategias hacia la digitalización.

– Lucas et al. (2023) en el capítulo de libro titulado "Inclusión curricular de los ODS en el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria: diseño y elaboración de la revista de Cultura Científica" integrado en el libro, Viaje didáctico por el cuerpo y la mente: experiencia desde la abstracción científico-matemática a la educación física. Propone la elaboración de una revista científica y divulgativa, para trabajar los contenidos y competencias relacionadas con la Agenda 2030 y los ODS, reforzando las competencias digitales y comunicativas.

– García-Durá et al. (2022) en su artículo titulado "Percepción de la educación ambiental: perfiles docentes de educación secundaria y agenda 2030 para el desarrollo sostenible" en el que propone estudiar aspectos relacionados con la educación ambiental, conceptos e influencia del profesorado en la adquisición de las competencias relacionadas con los ODS. Para este estudio exploratorio utilizan técnicas de investigación como las entrevistas semiestructuradas y las representaciones pictóricas.

***TABLA 1**. Tabla en la que se exponen los resultados obtenidos del análisis realizado tras la búsqueda sistemática de trabajos bibliográficos en los que aparecen las palabras "ODS y educación infantil", "ODS y educación primaria", "ODS y educación secundaria". Además del nivel educativo, se identifican para cada uno de ellos el área de conocimiento y la metodología didáctica utilizada*

	Área de conocimiento			**Nivel educativo**						
Documentos seleccionados	C. Sociales	C. Experimentales	Multidisciplinar	Educación Infantil		Educación Primaria		Educación Secundaria		Metodología
				Alumnado	PFI	Alumnado	PFI	Alumnado	PFI	
Pallarés-Jiménez y Lleida-Añón (2023)	X				X					Diseño de rincones
Angeloff y Russi (2023)	X			X		X				Estudio de caso
Gorospe et al. (2023)	X			X						Radio comunitaria
Menargues et al.(2021)	X				X					Aprendizaje - Servicio
Rodríguez (2023)			X	X		X				Aprendizaje Basado en Proyecto
López Secanell (2023)		X			X		X			Cuestionario
Ruiz et al (2023)		X		X						Análisis del currículo
Lorente et al. (2022)		X			X		X		X	Talleres y actividades innovadoras
Morote y Moreno (2022)		X							X	Cuestionario
Murillo et al. (2021)	X					X				Talleres para el reciclado de juguetes
Bruchner y Rebollo (2021)	X			X						Juego espontáneo y trabajos en equipo
Parra Nieto y Gómez (2021)			X	X	X	X	X			Creación de un huerto
Sánchez et al, (2021)	X			X						Actividades con TIC
Fernández (2021)	X	X			X		X			Pensamiento crítico
Guardeño et al. (2022)					X		X		X	Cuestionario
Vélez y Sánchez (2021)	X						X			Aprendizaje basado en proyecto
Alarcón y Sánchez (2023)	X						X			Cuestionario, trabajo cooperativo
Del Álamo et al. (2021)	X						X			Pensamiento crítico

González-Sánchez et al. (2019)		X				X				Gamificación Juego de rol
Carretero (2021)			X				X			Guía didáctica
Sebastiá Alcaráz et al., (2022)	X					X	X			Cuestionario
Blanc et al. (2022)			X		X		X			Huertos escolares utilizando TIC
Lucas et al. (2023)		X							X	Elaboración de revista de cultura científica
García – Durá et al. (2022)										Entrevistas y representaciones pictóricas

Fuente: elaboración propia

Del total de trabajos analizados, 34 artículos, libros o capítulos de libro (uniendo los resultados de las tres búsquedas realizadas), se segregaron 21 documentos que van dirigidos al mismo nivel educativo y son del mismo autor.

Se registraron seis documentos que se corresponden específicamente con el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, y de ellos sólo 3 plantean situaciones de aprendizaje concretas para trabajar los ODS, como es el caso de la propuesta de González-Sánchez et al. (2019) que ha probado la efectividad de la metodología de gamificación y juego de rol; Lorente et al. (2022) que sugiere talleres y actividades innovadoras en la formación docente para el diseño de situaciones de aprendizaje y Fernández (2021) que plantea favorecer el desarrollo del pensamiento crítico a partir de el abordaje de controversias sociocientíficas en torno a los ODS para la formación docente en infantil.

De los documentos analizados, 11 pertenecen al Área de Ciencias Sociales. En los mencionados trabajos, en 5 de ellos se plantean situaciones de aprendizajes que permiten una forma de actuación concreta; como es el caso de Pallarés-Jiménez y Lleida-Añón (2023) que proponen el diseño de rincones para el AEI; Gorospe et al. (2023) realiza con el AEI una radio comunitaria en la que se tratan diferentes temáticas; Murillo et al. (2021) propone una serie de talleres para concienciar al alumnado sobre la necesidad de reducir y reciclar; Del álamo et al. (2021) plantea trabajar el pensamiento crítico del alumnado del GEP.

Por último, se hallaron 3 propuestas en las que participaron varias disciplinas. En dichos trabajos, Rodríguez (2023) realiza con el AEI y AEP propuestas en la que utiliza la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos; Parra Nieto y Gómez (2021) tratan aspectos relacionados con la creación de huertos escolares dirigido al AEI, AEP, GEI y GEP; Carretero (2021) diseña una guía didáctica dirigida al alumnado del GEP con el fin de proporcionar pautas y orientaciones para el trabajo de los ODS.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Del total de publicaciones analizadas se observa que el mayor porcentaje corresponde a aportaciones relacionadas con el área de Ciencias Sociales. Por su parte, en relación con el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, las comunicaciones analizadas muestran que hay pocas propuestas innovadoras que permitan la concreción de situaciones de aprendizaje para la aplicación de los ODS en las aulas. La mayoría de los trabajos se corresponden con investigación educativa.

De acuerdo con Lorente et al. (2022), nos encontramos ante la necesidad de dar respuesta urgente a la demanda de un proceso de integración de los ODS dentro del sistema educativo Español y especialmente desde las Universidades. En el trabajo que aquí se expone, la demanda se dirige principalmente a las áreas involucradas en la formación de formadores, como es la Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Didáctica de las Ciencias Sociales de los GEI, GEP y MAES.

Entre las conclusiones obtenidas, considerando a Gorospe et al. (2023) que sostiene que queda mucho camino por recorrer en la incorporación de los ODS a la documentación oficial, y que su tratamiento queda reservado particularmente para el área de Ciencias Sociales, podemos añadir que el área de Ciencias Experimentales también puede y debe aumentar sus aportaciones en lo que respecta a identificar problemáticas ambientales relacionadas con los ODS, que deriven en el diseño de situaciones de aprendizaje concretas.

La formación del profesorado, a todos los niveles educativos, es un reto urgente para una educación de calidad (Organización de las Naciones

Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2015a, 2015b). Los docentes formados adecuadamente tendrán los recursos metodológicos pertinentes para asumir este desafío, haciendo que el alumnado pueda sacar provecho del proceso enseñanza-aprendizaje. Esto conlleva una estrecha relación con uno de los ODS propuestos en la Agenda 2030, educación de calidad, aprobado en la Asamblea General de Naciones Unidas (ONU, 2015b).

6. AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este trabajo se realizó en el marco de los proyectos de innovación educativa de la Universidad de Málaga, INNOVA2022, PIE-109 titulado: "La Educación Ambiental y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, competencia imprescindible en la formación docente."

7. REFERENCIAS

Acebal, M. C., Brero, V., y Sampietro, M.C. (2014). Evolución de las propuestas didácticas de educadores ambientales en formación como muestra de su compromiso ambiental. En C. Fernández (Coord.), *Fórmulas renovadas para la docencia superior* (pp. 41-62). ACCI.

Alarcón, V. B., y Sánchez, D. J. M. A. (2023). Un programa de prácticas universitarias en Educación Primaria para la enseñanza-aprendizaje de los ODS. En *La didáctica de las ciencias sociales ante el reto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible* (pp. 1059-1069). Narcea.

Acebal, M.C., y Brero V. (2018). La conciencia ambiental en la formación inicial del profesorado de ciencias. *Temáticas emergentes en innovación universitaria* (pp. 19-35). Tecno-Grupo Anaya.

Angeloff, S. A. B., y Russi, J. (2023). Programa de educación emprendedora: Educación Infantil y Educación Primaria. En *Persona, empresa, sociedad y emprendimiento en el contexto de los ODS* (pp. 464-469). Dykinson.

Blanc, S., Dualde, J. V. B., Grindei, L., y Juan, I. N. (2022). Crecimiento competencial en la escuela y su relación con transferencia digital en proyectos de huertos escolares. En *Escenarios y recursos para la enseñanza con tecnología: desafíos y retos* (pp. 1469-1481). Octaedro

Bruchner, P., y Aragón Rebollo, A. (2021). Bosquescuela. Un modelo de escuela sostenible en la naturaleza. Bosquescuela. A model for sustainable learning in nature. *Aula: Revista de Pedagogía de la Universidad de Salamanca*, 27, 209-233.

Carretero, M. D. R. M. (2021). Guía Didáctica para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Educación Primaria. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 3(2), 2401-2401.

Corraliza, J. A., Berenguer, J., Moreno, M., y Martín, R. (2004). La investigación de la conciencia ambiental. Un enfoque psicosocial. *Persona, Sociedad y Medio Ambiente. Perspectivas de la investigación social de la sostenibilidad*, 106-120.

Chuliá, E. (1995). La conciencia ambiental de los españoles en los noventa. *Analistas socio-políticos*, 12(a), 1-32. http://bitly.ws/u3QU

Cruz, I.M., Acebal, M.C., Cebrián, D., y Blanco, A. (2020) El juego de rol como estrategia didáctica para el desarrollo de la conciencia ambiental. Una Investigación Basada en el Diseño. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad* 2(1), 1302. doi:10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i1.1302

del Álamo Venegas, J. J., Caballo, B. R., Nieto, C. M., y Tosina, R. Y. (2021). Agenda 2030, ODS y la educación para el desarrollo sostenible: una experiencia didáctica con los futuros docentes de Educación Primaria. En *Igualdad y calidad educativa: oportunidades y desafíos de la enseñanza* (pp. 1774-1795). Dykinson.

Fernández, A. G. (2021). Desarrollo del pensamiento crítico a partir de controversias sociocientíficas en torno a los ODS en la formación del profesorado del Grado en Educación Infantil. In *Docentes para el siglo XXI: Propuestas para la formación inicial del profesorado en competencias críticas y reflexivas* (pp. 99-110). Editorial Universidad de Almería.

García-Durá, D., Morales-Hernández, A. J., y Caurín-Alonso, C. (2022). *Percepción de la educación ambiental: perfiles docentes de educación secundaria y agenda 2030 para el desarrollo sostenible.* Papeles, 14, (28), 1-21.

González-Sánchez, E. G., Brero, V., y Acebal, M. C. (2019). Propuesta de actividad de juego de rol para trabajar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con alumnado de tercer ciclo de Educación Primaria. *Boletín ENCIC: Revista del Grupo de Investigación HUM-974*, 3(2), 108-110.

Gorospe, J. M. C., de Aberasturi Apraiz, E. J., y Barragán, A. G. C. (2023). La participación del alumnado de Grado de Educación Infantil en el proyecto de radio comunitaria Radio ODS/ODS Irratia. In *En digital: experiencias y reflexiones para el uso de la tecnología en educación* (pp. 273-284). Dykinson.

Guardeño, M. J., Calatayud Requena, L., García-Tort, E., y García-Rubio, J. (2022). Prior knowledge about Susteinable Development Goals of future teachers. Human review. *International Humanities Review / Revista Internacional De Humanidades*, 14(2), 1-11. https://doi.org/10.37467/revhuman.v11.4103

López Secanell, I., Soler Penadés, V., y Renovell Rico, S. (2023). Conocimiento sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible del futuro profesorado de Educación infantil y Primaria. *EDUCA. Revista Internacional Para La Calidad Educativa*,3(2), 254-274. https://doi.org/10.55040/educa.v3i2.68

Lorente, L. M., Juan, M. G., Requena, L. C., y Iborra, A. T. (2022). Los objetivos de desarrollo sostenible y la agenda 2030 en la formación inicial del profesorado. *Atenas: Revista científico pedagógica*, 1(57), 1-17.

Lucas, M. I. M., Fontao, C. B., García, F. J. P., y González, R. L. (2023). Inclusión curricular de los ODS en el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria: diseño y elaboración de la revista de Cultura Científica. In *Viaje didáctico por el cuerpo y la mente: experiencia desde la abstracción científico-matemática a la educación física* (pp. 785-801). Dykinson.

Menargues, A., Luján, I., Díez, R., Calero, M., Aguilar, B., Rodenas, M. C., y Ortiz, M. (2021). Enseñanza y aprendizaje del consumo sostenible a través de un proyecto de aprendizaje servicio en el Grado en Maestro en Educación Infantil. En Satorre, R. (Ed.). *Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19* (pp.351-372). Octaedro.

Morote, Á. F., y Moreno, J. R. (2022). La percepción del futuro profesorado sobre los efectos del cambio climático en la biodiversidad y la bioculturalidad. *Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo (RICD)*, 4(17).

Murillo Ligorred, V., Revilla Carrasco, A., y Ramos Vallecillo, N. (2021). ¿ Qué hago con los juguetes rotos?: El arte de reciclar y el trabajo con los ODS en la Educación Primaria. *Didáctica, innovación y multimedia*, (39), 0039.

Organización de las Naciones Unidas (2000). Millenium Development Goals. https://bit.ly/3DKaGLc

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2015a). Estrategia de Educación de la UNESCO 2014-2021. París: UNESCO.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2015b). Global Citizenship Education: Topics and learning objectives. París: UNESCO.

Pallarés-Jiménez, M. A., y López, M. S. (2022). La educación ciudadana tiene como referencias universales los valores democráticos y los derivados de la sostenibilidad y los derechos humanos. En *Educación ciudadana: un enfoque competencial*(pp. 129-150). Graó.

Pallarés-Jiménez, M. A., y Lleida-Añón, A. (2023). Diseño de actividades en el rincón de ODS en el aula de Educación Infantil. En *La didáctica de las ciencias sociales ante el reto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible* (pp. 675-682). Narcea.

Parra Nieto, G., y Gómez Gonçalves, A. (2021). *El huerto educativo: recurso didáctico para trabajar los objetivos de desarrollo sostenible desde una perspectiva multidisciplinar*. Ediciones Universidad de Salamanca.

Rodríguez, N. I. (2023). Toquiña arredor do mundo. *Eduga: Revista galega do ensino*, (84), 37.

Ruiz, I. Á., López, M. P., Navas-Parejo, M. R., y Cerero, J. F. (2023). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la etapa de Educación Infantil a través de los saberes básicos. En *Investigar en educación hoy: la transversalidad como horizonte* (pp. 77-84). Dykinson.

Sánchez Fuster, M. D. C., Campillo Ferrer, J. M., y Vivas Moreno, V.(Eds.). (2021). *La formación del profesorado en didáctica de las ciencias sociales en el ámbito Iberoamericano*. Editum. Ediciones de la Universidad de Murcia. https://doi.org/10.6018/editum.2919

Sánchez-Meca, J. (2022). Revisiones sistemáticas y meta-análisis en Educación: Un tutorial. *RiiTE Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa*, 13, 5-40. https://doi.org/10.6018/riite.545451

Sebastiá Alcaraz, R., Tonda Monllor, M.E., y García-Rubio, J. (2022). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el currículo escolar según la experiencia del alumnado en el prácticum II de Magisterio. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 43, 91-106. https://doi.org/10.7203/DCES.43.25305

Vélez, C. C., y Sánchez, R. B. (2021). Visibilizando los ODS 7 y 13 en la formación inicial de maestros y maestras de Educación Primaria. En *Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: hoja de ruta en la educación del siglo XXI. Innovación docente en la formación de profesionales* (pp. 75-92). Octaedro.

EL PAPEL DE LAS EMOCIONES EN LA ALFABETIZACIÓN AMBIENTAL DE FUTUROS DOCENTES

ROCÍO JIMÉNEZ-FONTANA
Universidad de Cádiz

ALICIA GUERRERO FERNÁNDEZ
Universidad de Sevilla

EMILIO SOLÍS RAMÍREZ
Universidad de Sevilla

LUCÍA RODRÍGUEZ PÉREZ
Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

En la actual situación de emergencia planetaria y crisis ecosocial que estamos viviendo, el decrecimiento parece ser la única opción plausible si pretendemos la supervivencia de la especie humana. En este sentido, la Alfabetización Ambiental (en adelante ALFAM) se convierte en una potente herramienta al implicar la habilidad de reflexionar sobre la interacción entre los sistemas sociales y la biosfera, así como la disposición para la toma de decisiones e implementación de acciones, tanto a nivel individual como colectivo, con el propósito de mejorar y preservar dicha interrelación (Guerrero-Fernández, 2023). Sin embargo, diversas investigaciones en el ámbito europeo y en el contexto español, revelan que los estudiantes presentan un nivel de ALFAM generalmente bajo (Sureda-Negre et al., 2013; Gutiérrez-Bastida, 2019; Guerrero-Fernández et al., 2022; Goldman et al., 2006; Álvarez-García et al., 2018; Michail et al., 2007; Pe'er et al., 2007).

Asumimos la premisa de que el profesorado, para enseñar, primero tiene que aprender. Por ejemplo, en el ámbito de la Educación

Ambiental, tienen que estar alfabetizados ambientalmente. Esta inquietud (entre otras) nos llevó a solicitar un proyecto I+D+i de investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación, titulado "Alfabetización ambiental. Un desafío para la formación del profesorado del siglo XXI". Dicho proyecto ha consistido en la elaboración y puesta en marcha de una propuesta didáctica de ALFAM enfocada en las dimensiones que la componen: Conocimientos y habilidades, Comportamientos y Actitudes y emociones; con 450 estudiantes de los grados de Educación Primaria y de Educación Infantil, en la Universidad de Sevilla y la Universidad de Cádiz. La propuesta gira en torno a la temática/problema de la alimentación y su impacto socioambiental, siguiendo una metodología de investigación y de trabajo en torno a problemas.

Y aquí es donde entra en juego el foco central de este estudio: las emociones, porque constituyen un componente determinante debido a su influencia en cualquier tipo de alfabetización (Guerrero-Fernández, 2023)

Somos conscientes de que se aprende mejor con emociones, que podemos considerar positivas, pues sirven de vehículo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, es interesante que los futuros docentes tengan experiencias que sirvan como referente en su formación.

Por todo lo expuesto, nos planteamos si nuestra propuesta didáctica incide en las emociones del profesorado en formación.

2. MARCO TEÓRICO

Numerosos estudios científicos revelan la grave situación de crisis ecosocial global en la que nos encontramos (Guerrero-Fernández, 2023), situación de auténtica emergencia planetaria (Bybee, 1991). Crisis ecológica, económica, educativa, de valores y de pensamiento. En definitiva, crisis sistémica planetaria, lo que cuestiona nuestro conocimiento del mundo (Jiménez-Fontana et al. 2015). De fondo subyace una verdad que se nos revela incómoda: la imposibilidad de seguir manteniendo y sosteniendo un modelo socioeconómico ilimitado en un planeta que es finito, pues puede traer consigo una situación de colapso y de decrecimiento inevitable sin precedentes (Acosta y Ulrich, 2018; Arias, 2020;

Daly et al., 2019; Fernández y González, 2014; Prats et al., 2017; Riechman, 2020; Sempere, 2018; Turiel, 2020).

El papel que adquiere la educación en este escenario es ineludible. Consideramos de especial relevancia incluirlo en el ámbito universitario (Cotton et al., 2015), especialmente en la formación inicial de docentes, para promover en ellos el pensamiento crítico, la participación activa, la resolución creativa de problemas y la movilización de transformaciones y cambios sociales (CADEP, 2012).

En este contexto, la ALFAM comienza a ganar terreno desde vertientes de la Educación Ambiental y el decrecimiento. Autores como Roth (1992), Stables y Bishop (2001) y Tuncer et al. (2009), la definen como la capacidad de entender los sistemas naturales y generar estrategias basadas en respetar y mejorar el equilibrio de estos. Asimismo, Roth (1992), Álvarez-García et al. (2018) y Mello O'Brien (2007) indican la necesidad de incluir el carácter sistémico y complejo de la realidad, considerando redes e interrelaciones que tienen lugar entre la biosfera y la sociedad.

En este sentido, la ALFAM puede convertirse en una potente herramienta para formar a la ciudadanía en pensamiento crítico, resiliencia, responsabilidad y participación y, así, ser capaces de dar respuestas creativas a las problemáticas socioambientales actuales (Guerrero-Fernández, 2023).

Desde la investigación en didáctica de las ciencias, los análisis y las críticas filosóficas, sociológicas e históricas sobre el positivismo lógico, han enfatizado la presencia de los aspectos afectivos, actitudinales y emocionales en la construcción del conocimiento científico (Manassero y Vázquez, 2007). Sin embargo, las emociones han estado ausentes hasta la década de los 90 (Brígido Mero et al., 2009). Actualmente, la idea de emprender procesos de enseñanza y aprendizaje con un componente emocional, en la que intervienen no sólo procesos cognitivos sino también afectivos, es aceptada por investigadores y educadores (Hargreaves, 2000; Koballa y Glynn, 2007; Shapiro, 2010; Brígido Mero et al., 2012). Así, los estados emocionales positivos favorecen la integración de la información y de las experiencias, mientras que los

estados emocionales negativos, limitan severamente la capacidad de aprender. Esto es así pues el procesamiento de la información y el aprendizaje interaccionan bioquímicamente en el cerebro con las reacciones emocionales, por lo que pensamientos y sentimientos son indistinguibles (Manassero y Vázquez, 2007). Es decir, el aprendizaje y la racionalidad no pueden ser separados de las emociones.

Este aspecto nos insta a plantearnos que los procesos de ALFAM deben incorporar las emociones. No sólo porque constituyen un componente determinante debido a su influencia en cualquier tipo de alfabetización, sino porque sirven de resorte para activar procesos de acción (Feldman, 2017) y capacitan para emprender transformaciones y movilizaciones para el cambio que den respuesta a los problemas socioambientales a los que nos enfrentamos (Guerrero-Fernández, 2023). Si asumimos que el mundo subjetivo y emocional que cada persona desarrolla sobre la realidad exterior da sentido a las relaciones y hace comprender el lugar propio que se ocupa en el mundo (Dávila et al., 2014), observamos que existe una estrecha relación con la forma de ser y estar en el mundo. En este sentido, según la propuesta de Goleman (1996), hay que educar al afecto, poniendo en juego el concepto de inteligencia emocional, que viene a sintetizar y describir la capacidad de procesar, comprender y usar eficazmente las emociones como capacidades adicionales de cada persona. Esto, para el autor, requiere cooperar en los peores momentos emocionales y, para ello, propone controlar y reducir las emociones desfavorables a un mínimo deseable, o bien inducir las emociones favorables, como es el caso de la motivación para elevar la cultura ambiental mediante estrategias de sensibilización y concienciación. Si logramos conocer nuestras emociones con lo que ocurre en el medio ambiente, se procederá a autocontrolar las emociones para recuperarse con mayor rapidez a los daños y trastornos del contexto para conseguir optimizar la cultura ambiental.

Además, es interesante que el futuro profesorado tenga experiencias que sirvan como referente en su formación, pues la esfera de lo emocional puede y debe ser atendida, en la escuela, como un elemento sustantivo del desarrollo de las personas (Santos-Guerra, 2010). Es lógico pensar que las emociones que cohabitan en el aula se derivan en cierto

modo de las propias emociones que siente el profesorado, hasta el punto de que son consideradas hoy como uno de los "modos del saber" de la profesión (Atkinson y Claxton, 2002). Y, si bien, algunos son capaces de generar emociones positivas, en otros predominan las emociones negativas mezcladas con una baja confianza y seguridad en sí mismos, y actitudes y experiencias negativas hacia la enseñanza en general y hacia las ciencias en particular (Mellado et al., 1997, citado por (Brígido-Mero et al., 2009).

A este panorama hay que añadir que la problemática socioambiental genera posiciones fatalistas y emociones negativas -ejemplo claro el cambio climático- que es necesario superar, siendo la esfera educativa un contexto adecuado para ello. Por este motivo, desconcierta la apatía que las ciencias sociales y la educación han manifestado y manifiestan sobre este problema en la trayectoria actual hacia un colapso generalizado (González y Meira, 2020). Estos motivos nos llevan a focalizar en esta temática.

3. METODOLOGÍA

3.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Para esta investigación, nos planteamos como objetivo conocer si la propuesta didáctica que hemos diseñado y aplicado en el marco del proyecto de investigación citado influye en las emociones detectadas en el futuro profesorado, y si se producen cambios significativos en el contraste previo y posterior a su puesta en marcha.

3.2. PARTICIPANTES

Los participantes que han formado parte del estudio, escogidos por conveniencia, han sido maestros y maestras en formación inicial en Educación Infantil y Educación Primaria de la Universidad de Cádiz y de la Universidad de Sevilla, del curso académico 2022/2023.

Específicamente, se ha contado con 294 participantes que respondieron a la versión PRE del instrumento aplicado y con 156 que respondieron a la versión POST.

Del total de los 450 estudiantes que han participado en el estudio, el 87% son mujeres (respondiendo al cuestionario previo 253 y al posterior 137), frente a un 13% que son hombres (respondiendo 41 al cuestionario inicial y 19 a la versión final).

3.3. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA Y DE ANÁLISIS DE DATOS

Los datos empleados en este estudio son los resultados obtenidos de tres preguntas incluidas en un cuestionario validado sobre dimensiones ambientales de ALFAM (llamado CDA), que se encuentran en la Sección 3 del mismo (ítems 39, 40 y 41) y que puede verse en el Anexo I de trabajo de Guerrero-Fernández et al. (2022). Este cuestionario fue aplicado de forma previa y posterior a la propuesta didáctica llevada a cabo.

Para ello, se han comparado y analizado las respuestas a estos ítems en la versión PRE y POST, empleando el programa estadístico de análisis de datos cuantitativos SPSS Statistics, apoyado en hojas de cálculo de Excel.

Se ha realizado una clasificación de emociones positivas y negativas (tabla 1) teniendo en cuenta las categorizaciones que realizan Bisquerra (2009), Casacuberta (2000), Damasio (2010), Fernández-Abascal et al. (2001), Goleman (1996) y Rebollo et al. (2008).

TABLA 1: *Clasificación de emociones*

Tipo de emoción	Emoción
Positivas	Alegría
	Confianza
	Esperanza
	Satisfacción
	Tranquilidad
	Entusiasmo
Negativas	Ansiedad
	Frustración
	Incertidumbre
	Miedo
	Pesimismo
	Preocupación
	Nerviosismo
	Tristeza

3.4. PROCESO DE ANÁLISIS

Partiendo del objetivo que hemos planteado en este estudio, se decidió llevar a cabo dos análisis interrelacionados:

- Análisis 1: se determinó la frecuencia de las emociones indicadas en las tres cuestiones del CDA y se establecieron comparaciones entre PRE y POST para determinar las diferencias entre las emociones señaladas, considerando el tipo de emociones (positivas y negativas).
- Análisis 2: para obtener una visión más amplia de los resultados y determinar si los cambios resultan significativos, se llevó a cabo la T de Student para muestras relacionadas (p-valor). Para ello, tomando como referencia el valor de significatividad de 0.05, se han definido las siguientes hipótesis:
  - Hipótesis alternativa: Si el valor obtenido es inferior a 0.05, se asume la existencia de diferencias significativas entre PRE/POST. Cuando más cerca esté del 0 (0<valor<0.05), mayor grado de significatividad.
  - Hipótesis nula: Si el valor obtenido es superior a 0.05, se afirma la no existencia de diferencias significativas entre PRE/POST

3.5. LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Como hemos comentado en la introducción, se ha diseñado una propuesta didáctica que gira en torno a trabajar procesos de ALFAM a través de la investigación y el trabajo en torno a problemas, en el marco de la formación inicial docente de Infantil y Primaria. En este caso, la temática/problema escogida es el impacto de la alimentación en los problemas socioambientales.

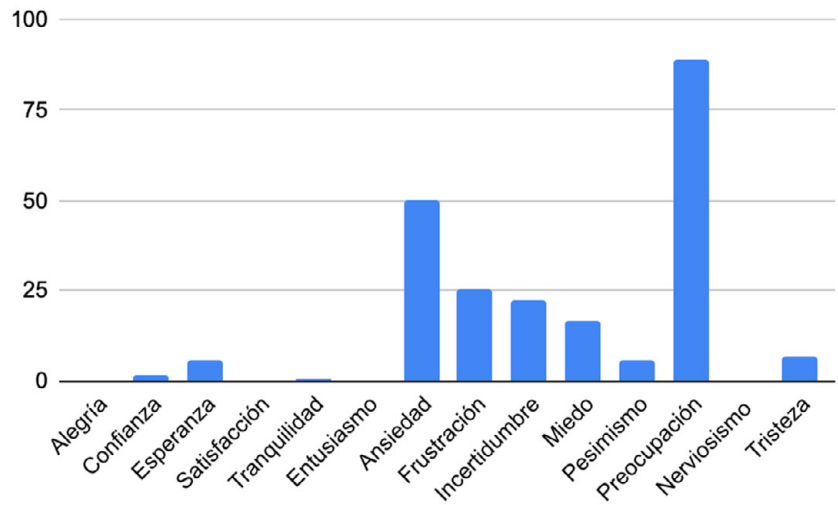
Se han diseñado diferentes bloques temáticos donde se desarrollan actividades y dinámicas, siguiendo un modelo de investigación escolar, que pretenden abordar todas las dimensiones que conforman la ALFAM: Conocimientos y Habilidades, Actitudes y Emociones y Comportamientos.

4. RESULTADOS

Para llevar a cabo el primer análisis de este estudio, hemos analizado las emociones que aparecen con mayor frecuencia comparando los resultados del PRE y POST en relación a los tres ítems que se centran de forma específica en emociones.

Paralelamente, realizamos una comparación entre las emociones señaladas en PRE y POST para determinar diferencias y cambios en las respuestas a los ítems en ambos momentos.

FIGURA 1: *Frecuencia de emociones en el ítem 39 (Conocer los efectos del cambio climático)*



Respecto al ítem 39, donde se planteaba al profesorado en formación inicial qué les produce conocer los efectos del cambio climático, las emociones que se señalan con más frecuencia son la "preocupación", con una media de 89 y la "ansiedad", con una media de 50, tal y como queda reflejado en la figura 1 y en la tabla 2.

TABLA 2: *Emociones señaladas PRE/POST en el ítem 39 (Conocer los efectos del cambio climático)*

39			
Emoción	PRE	POST	Diferencia%
Alegría	0	0	0
Confianza	2	1	33
Esperanza	11	1	83
Satisfacción	0	0	0
Tranquilidad	1	0	100
Entusiasmo	0	0	0
Ansiedad	53	47	6
Frustración	35	16	37
Incertidumbre	32	13	42
Miedo	20	13	21
Pesimismo	5	7	-17
Preocupación	125	53	40
Nerviosismo	0	0	0
Tristeza	9	5	29

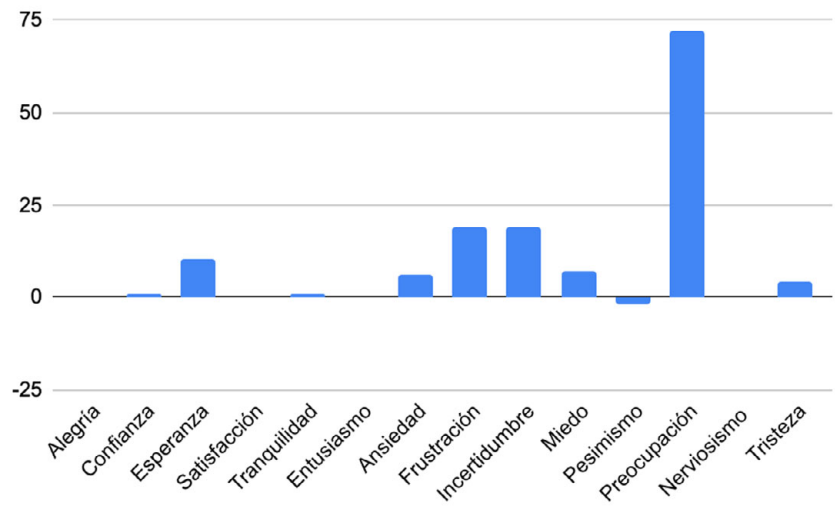
Tal y como queda de manifiesto, sólo se señalan tres emociones positivas ("confianza", "esperanza" y "tranquilidad"), emociones que disminuyen en el POST respecto al PRE.

Respecto a las emociones negativas, se mencionan todas excepto el "nerviosismo". En este caso, al igual que sucede con las positivas, disminuyen en el POST, exceptuando el caso del "pesimismo", que aumenta.

En relación a las diferencias más significativas entre las emociones señaladas en PRE y POST en este ítem, tal y como puede verse en la figura 2, encontramos la "preocupación", con 72 respuestas de diferencia y una disminución del 40%; y la "frustración" y la "incertidumbre" con 19 respuestas de diferencia cada una, la primera con una disminución de 37% y, la segunda, con una del 42%.

Estas emociones manifiestan valores superiores en la versión PRE del cuestionario, sucediendo lo contrario con el "pesimismo", que en el POST aumenta con dos respuestas más respecto al PRE (es decir, con un aumento del 17%).

FIGURA 2: *Diferencias de emociones entre PRE y POST del ítem 39 (Conocer los efectos del cambio climático).*



En el ítem 40, donde se les planteaba qué emociones sentían a la hora de identificar problemas ambientales y plantear soluciones, las que nombraron con mayor frecuencia fueron la "esperanza", con una media de 113, y la "satisfacción", con una media de 32,5, tal y como puede verse en la figura 3 y en la tabla 3.

FIGURA 3: *Frecuencia de emociones en el ítem 40 (Identificar problemas ambientales y plantear soluciones).*

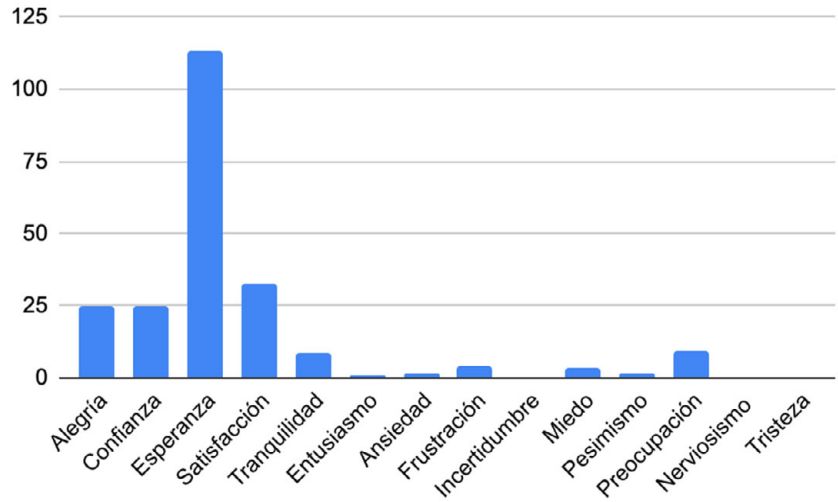


TABLA 3: *Emociones señaladas PRE/POST en el ítem 40 (Identificar problemas ambientales y plantear soluciones)*

40			
Emoción	**PRE**	**POST**	**Diferencia %**
Alegría	29	21	16
Confianza	33	17	32
Esperanza	148	78	31
Satisfacción	46	19	42
Tranquilidad	14	3	65
Entusiasmo	1	1	0
Ansiedad	1	2	-33
Frustración	4	4	0
Incertidumbre	0	0	0
Miedo	2	5	-43
Pesimismo	2	1	33
Preocupación	14	5	47
Nerviosismo	0	0	0
Tristeza	0	0	0

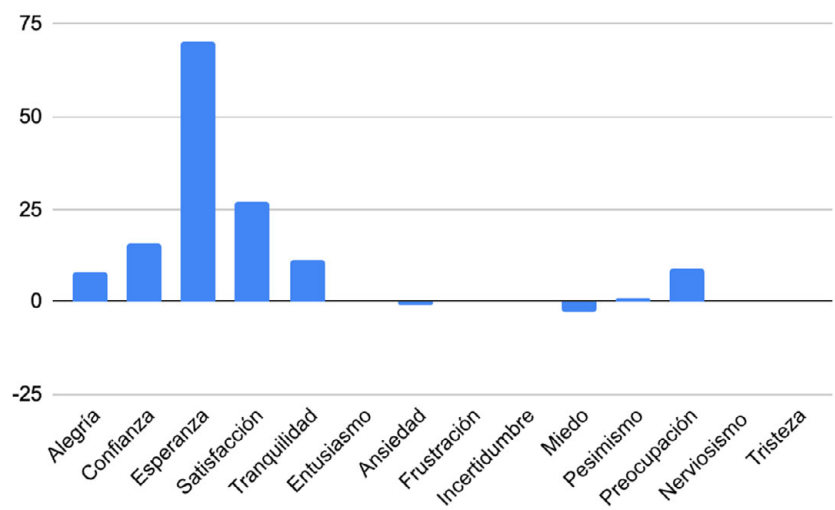
Como podemos ver en la figura y tabla anteriores, todas las emociones positivas se mencionan, excepto el "entusiasmo". Y, a su vez, disminuyen en la versión POST del cuestionario.

En lo relativo a las negativas, algunas de las emociones no se mencionan, como son la "incertidumbre", el "nerviosismo" y la "tristeza"; dos de ellas aumentan en la versión POST del instrumento, en el caso de la "ansiedad" y el "miedo"; y otras dos disminuyen respecto al PRE, como son el "pesimismo" y la "preocupación" (que pasa de 14 a 5).

A la hora de analizar en qué emociones se producen cambios respecto al PRE y POST del ítem 40, la "esperanza" manifiesta una diferencia de 70 respuestas, con una disminución del 31%; y, la "satisfacción", una diferencia de 27 y una disminución del 42%, tal y como se refleja en la figura 4.

Todas estas emociones reflejan una mayor frecuencia en la versión PRE, sin embargo, en la versión POST del cuestionario, el "miedo" aparece con una diferencia de 3 respuestas, con un aumento del 43%; y, la "ansiedad", con una diferencia de 1 y un aumento del 33%.

FIGURA 4: *Diferencias de emociones entre PRE y POST del ítem 40 (Identificar problemas ambientales y plantear soluciones)*



Observando los resultados reflejados en la figura 5 y en la tabla 4, en relación al ítem 41, que plantea las emociones que surgen ante el hecho de llevar a cabo acciones encaminadas a hacer frente a las problemáticas ambientales, las que aparecen de forma más frecuente son la "satisfacción", con una media de 85,5, y la "alegría", con una media de 45.

FIGURA 5: *Frecuencia de emociones en el ítem 41 (Llevar a cabo acciones encaminadas a hacer frente a problemáticas ambientales)*

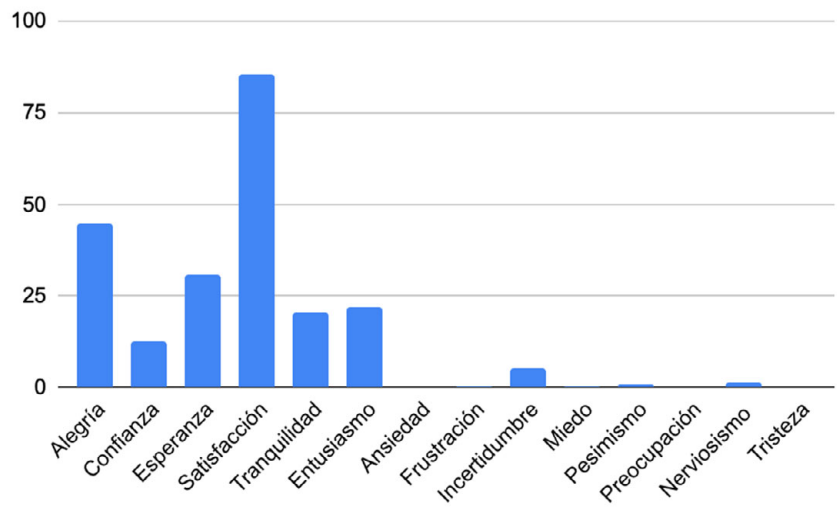


TABLA 4: *Emociones señaladas PRE/POST en el ítem 41 (Llevar a cabo acciones encaminadas a hacer frente a problemáticas ambientales)*

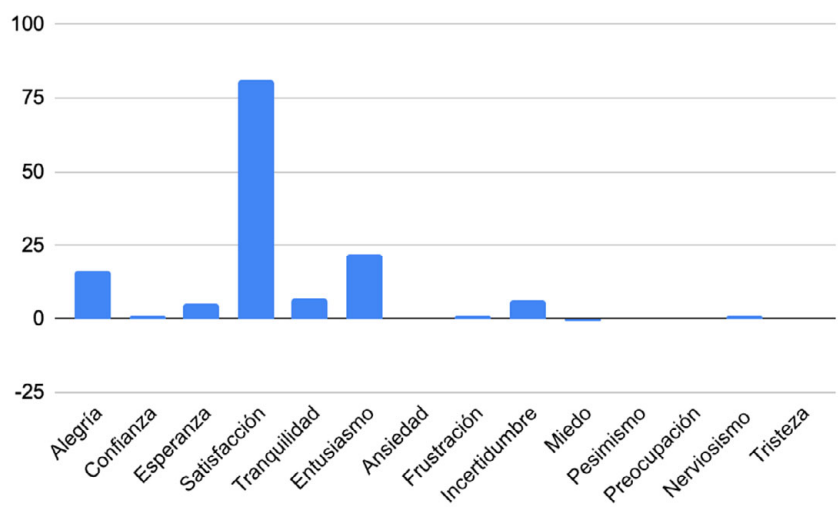
41			
Emoción	**PRE**	**POST**	**Diferencia %**
Alegría	53	37	18
Confianza	13	12	4
Esperanza	33	28	8
Satisfacción	126	45	47
Tranquilidad	24	17	17
Entusiasmo	33	11	50
Ansiedad	0	0	0
Frustración	1	0	100

Incertidumbre	8	2	60
Miedo	0	1	-100
Pesimismo	1	1	0
Preocupación	0	0	0
Nerviosismo	2	1	33
Tristeza	0	0	0

Reflejándose en la figura y en la tabla anterior, puede apreciarse que todas las emociones positivas aparecen señaladas, manifestándose con mayor frecuencia en el PRE que en el POST.

Respecto a las emociones negativas, se mencionan todas excepto la "ansiedad", la "preocupación" y la "tristeza", observándose que la "frustración", la "incertidumbre" y el "nerviosismo" disminuyen en el POST y que el "miedo" se señala en esta última versión del instrumento.

FIGURA 6: *Diferencias de emociones entre PRE y POST del ítem 41 (Llevar a cabo acciones encaminadas a hacer frente a problemáticas ambientales)*



En el análisis comparativo entre PRE y POST, que nos sirvió para determinar qué emociones manifiestan mayores cambios, detectamos que la "satisfacción" refleja una diferencia de 81, reflejándose en una disminución del 47%; y, el "entusiasmo", con una diferencia de 22 y una

disminución del 50%, como puede verse en la figura 6. Estas emociones, manifiestan valores superiores en la versión PRE del instrumento.

Por otro lado, en el POST, el "miedo" sufre un aumento del 100% respecto al PRE, pues en la primera versión no aparece y, en la última, se nombra en una ocasión.

Tras determinar la frecuencia de las emociones en los tres ítems, consideramos relevante identificar, a nivel general, cuáles eran aquellas que aparecen de forma más reiterada en las tres preguntas, algo que puede verse en la figura 7 y en la tabla 5. Teniendo en cuenta que se señalaron en total, entre PRE y POST, 1348 emociones, el análisis nos puso de manifiesto que las emociones más señaladas fueron la "esperanza" (299), la "satisfacción" (236), la "preocupación" (197) y la "alegría" (140), seguida de la "ansiedad" (103). A su vez, las emociones menos frecuentes fueron el "nerviosismo" (3), la "tristeza" (14) y el "pesimismo" (17).

FIGURA 7: *Frecuencia de emociones señaladas*

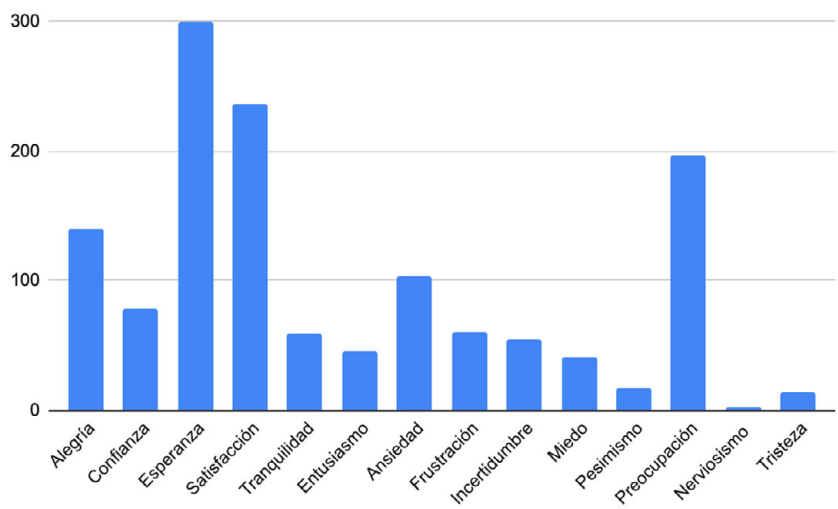


TABLA 5: *Totales de emociones señaladas*

Emoción	Totales (PRE y POST)
Alegría	140
Confianza	78
Esperanza	299
Satisfacción	236
Tranquilidad	59
Entusiasmo	46
Ansiedad	103
Frustración	60
Incertidumbre	55
Miedo	41
Pesimismo	17
Preocupación	197
Nerviosismo	3
Tristeza	14
Total de emociones	1348

Tras realizar este primer análisis del estudio, decidimos comprobar la significatividad de los cambios entre los resultados del PRE y el POST. Tomamos la decisión de realizar la prueba T de Student para muestras relacionadas. Tras analizar los datos con el programa estadístico SPSS con cada uno de los ítems, y tal y como puede verse en las siguientes tablas (6, 7 y 8), en los ítems 39 y 40, los resultados de T de Student manifiestan valores inferiores a 0.05, llevándonos a asumir la hipótesis alternativa, es decir, determinar que las emociones reflejan cambios significativos entre el PRE test y el POST test. En cambio, en el ítem 40, aparece un valor superior a 0.05, de ahí que deba aceptarse la hipótesis nula afirmando la no existencia de cambios significativos.

A continuación, se presentan con mayor detalle los resultados de los tres ítems.

En el caso del ítem 39, a la hora de llevar a cabo la T de Student para muestras relacionadas, tal y como refleja en la tabla 6, se ha obtenido una media de 8.625 y una desviación típica de 18.118. La diferencia entre los resultados entre el PRE y el POST manifiestan una puntuación

de t(15) = 1.904 y de p = 0.038. Este resultado de p-valor se encuentra por debajo del nivel de significación establecido (0.05). Por ello, el resultado de la prueba T, indica que existen cambios ligeramente significativos, pues está muy próximo al 0.05. Esto nos lleva a afirmar la hipótesis alternativa.

TABLA 6: *Prueba T de Student del ítem 39.*

Media	DT	t	df	p-valor
8.625	18.118	1.904	15	0.038

Respecto al ítem 40, el resultado de la prueba T de Student para muestras relacionadas plasmado en la tabla 7, refleja una media de 8.625 y una desviación típica de una 18.206 y una puntuación de t(15) = 1.895 y de p = 0.039. Como puede verse, y teniendo en cuenta el nivel de significación de 0.05, el resultado de p-valor está por debajo, lo que nos lleva a asumir la hipótesis alternativa y, por tanto, la existencia de diferencias significativas.

TABLA 7: *Prueba T de Student del ítem 40.*

Media	DT	t	df	p-valor
8.625	18.206	1.895	15	0.039

Por último, en la prueba T de Student para muestras relacionadas aplicada al ítem 41, la tabla 8 muestra una media de 8.625, una desviación típica de 20.373 y una puntuación de t(15) = 1.693 y de p = 0.056. Tomando como referencia el nivel de significatividad establecido de 0.05, el resultado de p-valor es superior a este nivel. Por ello, en este caso, aceptamos la hipótesis nula asumiendo la no existencia de cambios significativos.

TABLA 8: *Prueba T de Student del ítem 41*

Media	DT	t	df	p-valor
8.625	20.373	1.693	15	0.056

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cuando el alumnado se enfrenta a conocer los efectos del cambio climático, vemos que las emociones, tanto positivas como negativas, disminuyen en el POST, algo que puede deberse al aumento de los conocimientos vinculados a problemáticas socioambientales a raíz de la propuesta didáctica.

Respecto al pesimismo, que veíamos que aumentaba en el POST, coincidiendo con Hicks y Holden (1995), Oscarsson (1996) y Vázquez y Manassero (2007), afirmamos que esta emoción es más frecuente en las mujeres debido a que manifiestan mayor interés en temáticas ambientales, aspecto que se relaciona con una mayor percepción del riesgo ambiental.

A la hora de preguntarles acerca de qué emociones les genera el hecho de identificar problemáticas y plantear soluciones, coincidiendo con estudios como los de Vázquez y Manassero (2007), se pone de manifiesto la confianza ciega en la ciencia y en los expertos a la hora de hacer frente a los problemas socioambientales, llevándolos a adoptar actitudes más pasivas y menos proactivas.

En nuestros resultados, hemos observado que las emociones negativas sufren dos tipos de variación. Por un lado, baja el pesimismo y la preocupación, lo cual pensamos que puede deberse a que tras la propuesta didáctica conocen más de cerca las problemáticas y posibles estrategias de acción para darles respuesta. Sin embargo, aumentan la ansiedad y el miedo, pues poner en juego estrategias de acción ligadas a resolución de problemas complejos, requiere de un alto nivel de implicación y responsabilidad, lo que podría llevarles a generar las emociones negativas que hemos identificado. Esta situación se ve reflejada también en la última pregunta del CDA, relativa a llevar a cabo acciones encaminadas a hacer frente a problemáticas ambientales. La frustración, el nerviosismo y la incertidumbre bajan, porque perciben que hay posibilidad de solución. No obstante, bajan también todas las emociones positivas, las que más la satisfacción y la alegría. Intuimos que pueda deberse a conocer los posibles cambios y las soluciones, los cuales requieren salir

de la zona de confort, pudiendo generar situaciones incómodas que demandan una mayor implicación y compromiso a nivel personal.

A la hora de analizar las diferencias entre los resultados obtenidos entre el PRE y el POST para estudiar en qué medida se producen cambios significativos, observamos que siempre es mayor el número de respuestas en la versión previa del cuestionario que en la versión posterior, excepto en algunos casos aislados. Este resultado también se evidencia al realizar las prueba T de Student, y se concluye que en las preguntas 39 y 40 las diferencias son levemente significativas, algo que no ocurre en el ítem 40, que, por el contrario, manifiesta cambios no significativos.

Tomando como referencia este estudio podemos considerar que, en la propuesta didáctica, el hecho de abordar conocimientos, habilidades y estrategias de acción en relación a los problemas socioambientales, quizá influya en su preocupación y les lleve a cuestionarse sus propias acciones y comportamientos. Esto, a su vez, podría traducirse en una mayor seguridad y confianza en su capacidad de poder emprender movilizaciones y acciones para el cambio. Resaltamos la necesidad de que propuestas didácticas de este tipo aborden las emociones de forma más explícita, clara y sistematizada. Concretamente, en la formación de profesorado, evidenciándose la necesidad de desarrollar programas de intervención emocional (Blanco et al., 2010; Koballa et al., 2008; Brígido-Mero et al., 2012). En este sentido, sería interesante prestar atención a las capacidades mentales que configuran la inteligencia emocional (Manassero y Vázquez, 2007): 1. identificar, percibir y expresar adecuadamente las emociones; 2. facilitar el pensamiento mediante su integración en los procesos mentales; 3. comprenderlas, analizarlas y aplicarlas; y 4. gestionar y regularlas, tanto en uno mismo como en los demás.

Somos conscientes de que aunque en la propuesta didáctica se han tratado de incluir todas las dimensiones de la ALFAM, entre las que se encuentran las emociones, consideramos que quizá no ha sido suficiente. Por ello, una de las mejoras a realizar en la misma, sería incluir alusiones explícitas a las emociones en cada una de las actividades que se les van proponiendo. También el hecho de justificar y argumentarlas, quizás mediante entrevistas o grupos de discusión podría ayudarlos

adquirir herramientas de gestión de dichas emociones, al tiempo que obtendremos una información más completa en relación con el CDA.

Por último, nos planteamos posibles líneas futuras de investigación que nos resultan muy sugerentes. Una de ellas sería analizar el papel de las emociones como obstaculizantes o movilizadoras de acciones concretas y, otra, realizar este estudio con identificadores alfanuméricos (respetando el anonimato) que nos permita realizar comparaciones individualizadas por caso entre los participantes en ambas versiones (PRE/POST).

7. AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i ayuda PID2020-114171GB-I00, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia Estatal de Investigación (10.13039/501100011033).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, A. Y Ulrich, B. (2018). Salidas del laberinto capitalista. Decrecimiento y postextractivismo. Icaria.

Álvarez-García, O., Sureda-Negre, J., Y Comas Forgas, L. (2018). Diseño y validación de un cuestionario para evaluar la alfabetización ambiental del profesorado de primaria en formación inicial. Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, 22(2), 265-284. https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i2.7725

Arias, A. (2020). La batalla por las ideas tras la pandemia: Crítica del liberalismo verde. Catarata.

Atkinson, T. Y Claxton, G. (2002). El profesor intuitivo. Octaedro.

Bisquerra, R. (2009). Psicopedagogía de las emociones. Síntesis.

Blanco, L.J., Guerrero, E., Caballero, A., Brígido, M. Y MELLADO, V. (2010). The Affective Dimension of Learning and Teaching Mathematics and Science. Handbook of Lifelong Learning Developments (pp. 265-287). Nova Science Publishers.

Brígido Mero, M., Borrachero Cortés, A. B., Bermejo García, M. L. Y Gutiérrez Ascanio, C. (2012). Diferencias en las emociones en la enseñanza de las ciencias de futuros maestros de primaria de tres universidades españolas. International Journal of Developmental and Educational Psychology, 1(2), 69-76.

Brígido Mero, M., Caballero Carrasco, A., Conde Núñez, M. C., Mellado Jiménez, V. Y Bermejo García, M. L. (2009). Las emociones en ciencias de estudiantes de Maestro de Educación Primaria en Prácticas. Campo abierto: Revista de educación, 28(2), 153-177.

Bybee, R. W. (1991). Planet Earth in crisis: how should science educators respond?. The american biology teacher, 53(3), 146-153.

Cadep-Crue (2012). Directrices para la introducción de la sostenibilidad en el currículo (Actualización de la declaración aprobada en el 2005). CRUE-Cadep. https://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Declaraciones/Directrices_Sosteniblidad_Crue2012.pdf

Casacuberta, D. (2000). Qué es una emoción. Crítica.

Cotton, D.R.E., Miller, W., Winter, J., Bailey, I., Y Sterling, S. (2015). Developing students' energy literacy in higher education. International Journal of Sustainability in Higher Education, 16(4), 456-473. https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2013-0166

Daly, H., Vettese, T., Pollin, R. Burton, M. Y Somerville, P. (2019). Decrecimiento vs Green New Deal. Traficante de Sueños.

Damasio, A. (2010). Y el cerebro creó al hombre. Editorial Destino.

Dávila Acedo, M. A., Borrachero Cortés, A. B., Brígido Mero, M. Y Costillo Borrego, E. (2014). Las emociones y sus causas en el aprendizaje de la física y la química. Revista INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology, 4(1), 287-294. https://doi.org/10.17060/ijodaep.2014.n1.v4.614

Fernández, R. Y González, L. (2014). En la espiral de la energía. Libros en Acción. Baladre.

Fernández-Abascal, E., Martin, M. Y Domínguez, J. (2001). Procesos psicológicos. Ediciones Pirámide.

Goldman, D., Yavetz, B., Y Peer, S. (2006). Environmental literacy in teacher training in Israel: environmental behavior of new students. The Journal of Environmental Education, 38, 3-22. https://doi.org/10.3200/JOEE.38.1.3-22

Goleman, D. (1996). Inteligencia emocional. Kairos.

González, E. J. Y Meira, P. (2020). Educación para el cambio climático:¿ Educar sobre el clima o para el cambio?. Perfiles educativos, 42(168), 157-174. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59464

Guerrero-Fernández, A., Rodríguez-Marín, F., López Lozano, L., Y Solís-Ramírez, E. (2022). Alfabetización ambiental en la formación inicial docente: diseño y validación de un cuestionario. Enseñanza de las Ciencias, 40(1), 25-46. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3517

Guerrero-Fernández, A. (2023). Grado de alfabetización ambiental de los futuros maestros y maestras en la formación en ciencias: una perspectiva decrecentista [Tesis Doctoral no publicada]. Universidad de Sevilla.

Gutiérrez-Bastida, J. M. (2019). 50 años de educación ambiental: un balance incompleto hacia la educación ecosocial en el Antropoceno. Carpeta Informativa del CENEAM, 3-15. https://www.miteco.gob.es/en/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/numeros-anteriores/carpeta-mayo-2019_tcm38-496709.pdf

Feldman, L. (2017). Categories and Their Role in the Science of Emotion. Psychological Inquiry, 28(1), 20-26. https://doi.org/10.1080/1047840X.2017.1261581

HARGREaves, A. (2000). Mixed emotions: Teachers' perceptions of their interactions with students. Teaching and Teacher Education, 16(7), 811-826. https://doi.org/10.1016/S0742-051X(00)00028-7

Hicks, D. Y Holden, C. (1995). Exploring the future: a missing dimension in environmental education. Environmental Education Research, 1, 2, pp. 185–93. https://doi.org/10.1080/1350462950010205

Jiménez-Fontana, R., García-González, R. E., Azcárate, P. Y Navarrete, A. (2015). Dimensión ética de la sostenibilidad curricular en el sistema de evaluación de las aulas universitarias. El caso de la enseñanza aprendizaje de las Ciencias. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias, 12(3), 536-549. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.11

Koballa, T.R. Y Glynn, S.M. (2007). Attitudinal and Motivational constructs in science learning. Handbook of Research on Science Education (pp. 75-102). Erlbaum.

Koballa, T.R., Bradbury, L.U., Glynn, S.M. Y Deaton, C.M. (2008). Conceptions of science teacher mentoring and mentoring practice in an alternative certification program. Journal of Science Teacher Education, 19(4), 391-411

Manassero M. A., Y Vázquez, Á. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia, 4(2), 247-271

Mello O'brien, S.R. (2007). Indications of environmental literacy: Using a new students knowledge, and attitudes of university-aged survey instrument to measure awareness (Tesis doctoral, Iowa State University)

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

Oscarsson, V. (1996). Pupils' views on the future in Sweden. Environmental Education Research, 2, 3, pp. 261-77.

Pe'er, S., Goldman, D., Y Yavetz, B. (2007). Environmental literacy in teacher training: Environmental attitudes, knowledge and behavior of beginning students. The Journal of Environmental Education, 39(1), 45-59. https://doi.org/10.3200/JOEE.39.1.45-59

Prats, F., Herrero, Y. Y Torrego, A. (2017). La Gran Encrucijada. Libros en Acción /Icaria.

Rebollo, M. A., Gracia, R., Barragan, R., Buzon, O. Y Vega, L. (2008). Las emociones en el aprendizaje online. Relieve, 14(1), 1-23.

Riechman, J. (2020). Otro fin del mundo es posible. MRA ediciones.

Roth, C.E. (1992). Enviromental Literacy: Its Roots, Evolution and Directions in the 1990s. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.

Santos Guerra, M. Á. (2010). Una pretensión problemática: educar para los valores y preparar para la vida. Revista de educación, 351, 23-4.

Sempere, J. (2018). Las cenizas de Prometeo. Pasado y presente.

Shapiro, S. (2010). Revisiting the teachers' lounge: Reflections on emotional experience and teacher identity. Teaching and Teacher Education, 26(3), 616-621.

Stables, A., Y Bishop, K. (2001). Weak and Strong Conceptions of Environmental Literacy: Implications for environmental education. Environmental Education Research, 7(1), 89-97. https://doi.org/10.1080/13504620125643

Sureda-Negre, J., Oliver, M. F., Catalán, A., Comas, R., Y ÁLVAREZ, O. (2013). Las competencias para la sostenibilidad ambiental en los planes de formación inicial del profesorado de primaria. En IRIE (2013), Informes de recerca en educació. Institut de Recerca i Innovació Educativa. http://irie.uib.cat/files/reports/informe-4.pdf

Tuncer, 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

Turiel, A. (2020). Petrocalipsis: Crisis energética y cómo (no) la vamos a solucionar. Alfabeto. UNESCO-UNEP (1978). The Tbilisi Declaration, Connect, 3(1), 1-8. https://www.gdrc.org/uem/ee/tbilisi.htmlv14n1/ RELIEVEv14n1_2.htm

Vázquez, A. Y Manassero, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): evidencias y argumentos generales. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia, 4(3), 417-441.

¿VARÍAN LOS COMPORTAMIENTOS DE LOS DOCENTES EN FORMACIÓN TRAS UNA INTERVENCIÓN BASADA EN LA ALFABETIZACIÓN AMBIENTAL? UN ESTUDIO EN LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

ROCÍO JIMÉNEZ-FONTANA
Universidad de Cádiz

ALICIA GUERRERO FERNÁNDEZ
Universidad de Sevilla

MARINA NIETO RAMOS
Universidad de Sevilla

1. INTRODUCCIÓN

El presente contexto global se caracteriza por una coyuntura histórica crítica, marcada por el agravamiento de desigualdades socioeconómicas, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, nuevas modalidades laborales, una utilización de recursos que excede los límites planetarios, así como migraciones con sus derivaciones en términos de racismo, intolerancia y discriminación (Graham, 2019; Guerrero-Fernández et al., 2022a; IPCC, 2022; UNESCO, 2021). Estas crisis y desafíos superpuestos socavan los derechos humanos tanto a nivel individual como colectivo, ocasionando daños ambientales significativos para una porción substancial de la biota terrestre. En la actualidad, nos encontramos ante una imperiosa responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras, con el propósito de asegurar la abundancia en nuestro entorno y evitar la escasez, garantizando la equidad en el disfrute de derechos humanos. En este contexto, organismos internacionales reconocen la situación y dedican esfuerzos a la emisión de llamados y

propuestas instando a la adopción de medidas de manera urgente (Comisión Europea, 2021; IPCC, 2022; 2023; UNESCO, 2016). Destaca entre estas propuestas la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (ONU, 2015), que presenta los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin embargo, es importante señalar que, en tales propuestas, pese a su relevancia y contribución al desarrollo de este tipo de iniciativas (Meira-Cartea, 2015), se aborda de forma marginal el concepto de límite (Rodríguez-Marín et al., 2020), lo que implica que estas medidas no reflejan plenamente la actual situación de crisis previamente detallada.

Estos nuevos desafíos tienen implicancias significativas en el ámbito educativo, el cual tiene la responsabilidad de formar ciudadanos activos, participativos, críticos, responsables, conscientes y resistentes, capaces de impulsar movilizaciones y tomar acción. Para ello, resulta imperativo contar con un cuerpo docente con competencia en alfabetización ambiental, capaz de formar a sus estudiantes en la resolución de problemáticas socioambientales, especialmente en el ámbito universitario (Pegalajar-Palomino et al., 2022; UNESCO, 2021). Los planes de estudio deben priorizar el aprendizaje ecológico, intercultural e interdisciplinario, que permita a los estudiantes acceder al conocimiento y contribuir al mismo, al tiempo que desarrollan su capacidad para aplicarlo y cuestionarlo, adoptando una comprensión ecológica de la humanidad que reajuste nuestra relación con la Tierra, entendida como un organismo vivo y nuestro único hábitat, promoviendo, además, la ciudadanía activa y la participación democrática (UNESCO, 2021).

Por todo lo expuesto, en el marco de una propuesta didáctica enfocada a la alimentación humana y su impacto en el medio ambiente derivada de un proyecto I+D+i de investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación, titulado "Alfabetización ambiental. Un desafío para la formación del profesorado del siglo XXI"; nos planteamos como núcleo de la presente investigación si dicha propuesta didáctica genera cambios significativos en los comportamientos del profesorado en formación inicial.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Un planeta al borde del colapso

El consenso científico es claro en cuanto a la trascendental importancia de las décadas previas a 2050, especialmente la década de 2020, para el destino de la humanidad y otras formas de vida en la Tierra (IPCC, 2021). Las decisiones que tomemos, o dejemos de tomar, respecto a la reducción de emisiones de carbono, determinarán los acontecimientos en las próximas décadas, con consecuencias que podrían extenderse por cientos de miles o incluso millones de años. Los cambios que estamos provocando en la Tierra, tanto en escala como en velocidad, carecen de precedentes históricos y tienen pocos paralelos geológicos (Steffen et al., 2015). La transformación química de la atmósfera, por ejemplo, está ocurriendo a una velocidad diez veces mayor que durante los periodos de cambio más extremos desde la aparición de los mamíferos (Barnosky et al., 2012). La Tierra actualmente experimenta temperaturas superiores a las registradas desde el inicio de la última Edad de Hielo hace 125,000 años (Marcott et al., 2013), y los efectos del cambio climático ya ocurrido tendrán un impacto sustancial en la vida en el planeta durante las próximas tres décadas.

El crecimiento poblacional, que se ha triplicado de 1950 a 2020, y el aumento de la expectativa de vida junto con tasas de natalidad elevadas, ha generado una demanda masiva de recursos y ha llevado a situaciones de estrés ambiental (United Nations, 2019). En el mismo periodo, el uso de agua se ha duplicado, la producción y consumo de alimentos se ha incrementado 2.5 veces, y el consumo de madera se ha triplicado (Foley et al., 2011; Vörösmarty et al., 2010). Se proyecta que para 2050, la demanda de alimentos aumentará en un 35%, la de agua entre un 20% y un 30%, y la de energía en un 50% (Rockström et al., 2009, ONU, 2021).

Actualmente, sobrepasamos los límites planetarios en términos de producción, consumo y residuos de materiales, requiriendo según estimaciones, 1.6 planetas Tierra para mantener nuestro actual nivel de consumo y absorber los desechos generados (Steffen et al., 2015). De no corregir el rumbo, para 2050 estaremos utilizando los recursos a una tasa cuatro veces superior a su capacidad de regeneración, dejando a las

futuras generaciones un planeta notablemente empobrecido (Wackernagel et al., 2015). Las ramificaciones de nuestras acciones apenas empiezan a manifestarse, y a medida que presionamos los ecosistemas de los que dependemos, nos acercamos peligrosamente a puntos de inflexión que pueden desencadenar un colapso irreversible (Lenton et al., 2019, Turiel, 2020).

Los Acuerdos de París sobre el Clima de 2015 representaron un hito histórico al comprometer a la comunidad global a trabajar en la reducción y estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero (UNFCCC, 2015). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos por reducir la dependencia de combustibles fósiles, las emisiones continúan aumentando, y el calentamiento global está ocurriendo a un ritmo más rápido de lo previsto incluso hace pocos años (IPCC, 2021). La capacidad de estabilizar y reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial sigue siendo un desafío que enfrentamos como sociedad.

El tiempo apremia y la necesidad de tomar medidas urgentes es cada vez más evidente en hogares, empresas, comunidades religiosas y escuelas a nivel mundial. Los niños y jóvenes, en particular, han asumido un papel destacado al demandar acciones concretas y criticar la inacción frente a la gravedad de la situación actual (Thunberg, 2019).

2.2. Sembrando conciencia verde en los futuros docentes: La regla de las tres C's

La situación anteriormente descrita adquiere mayor relevancia al considerar la perspectiva de organizaciones como la UNESCO, cuyo informe titulado "Pensar más allá de los límites: perspectivas sobre los futuros de la educación superior hasta 2050" subraya la necesidad de que la educación superior se enfoque en fomentar el bien común y la sostenibilidad en las instituciones. Asimismo, enfatiza el compromiso de las universidades de aprovechar el pensamiento disruptivo inherente a las generaciones más jóvenes con el propósito de catalizar la transformación de los modelos de crecimiento, tanto a nivel local como global (UNESCO, 2021; Gutiérrez-Perez y Poza-Vilches, 2022).

Consecuentemente, observamos un aumento en las propuestas dirigidas a mejorar la alfabetización ambiental del cuerpo docente, el cual parece exhibir niveles notoriamente bajos (Sureda-Negre et al., 2013; Gutiérrez-Bastida, 2019; Guerrero-Fernández, 2022b; Goldman et al., 2006; Álvarez-García et al., 2018a; Michail et al., 2007; Pe'er et al., 2007a).

En este contexto, consideramos la Alfabetización Ambiental (ALFAM) como una herramienta apta para abordar el desafío de formar a ciudadanos críticos, responsables, participativos y resilientes capaces de emprender cambios sustanciales que contribuyan a solucionar las problemáticas descritas anteriormente (García-Díaz, 2004; Guerrero-Fernández et al., 2022a; Rodríguez-Marín et al, 2020). La ALFAM constituye un tipo de alfabetización compleja que abarca diversas dimensiones al evaluar el grado de alfabetización ambiental de un individuo. Es un proceso que engloba diversas categorías, dimensiones y componentes interconectados (Roth, 1992). Estos componentes deben abordar conocimientos relativos a los sistemas, procesos y problemáticas socioambientales, así como las interacciones entre el modelo social, político y económico y la biosfera, con el objetivo de adaptarse a esta última (Elder, 2003). No obstante, estos conocimientos carecen de significado si no están vinculados con el manejo de emociones, valores y actitudes, así como el desarrollo de un pensamiento reflexivo y crítico que habilite a los ciudadanos como agentes de cambio competentes para abordar y resolver situaciones problemáticas (Kinslow et al., 2019).

La neurociencia evidencia que conocer y sentir son parte de los mismos procesos cognitivos que se desarrollan no en aislamiento individual, sino en interacción directa con otros. Específicamente, en la última década se ha llevado a cabo un esfuerzo considerable para incorporar el aprendizaje social y emocional en la educación general en algunas partes del mundo. Los enfoques más efectivos del aprendizaje social y emocional en los planes de estudio abarcan los aspectos social, emocional, cognitivo y ético de las identidades de los estudiantes. Estos conectan las trayectorias de los estudiantes con una mayor cohesión social. Adquirir habilidades para empatizar, cooperar, afrontar prejuicios y gestionar conflictos resulta valioso en todas las sociedades, especialmente en aquellas que enfrentan divisiones históricas.

Por tanto, y de acuerdo con lo expuesto por informes como el de la ONU (2021), las propuestas formuladas deben reconocer a los estudiantes como seres humanos integrales que, independientemente de su edad, aportan curiosidad y motivación para aprender en los entornos educativos. Asimismo, aportan emociones, temores, inseguridades, confianza y entusiasmo.

2.3. Trazando un nuevo mapa de ruta: una propuesta didáctica para formar en ALFAM a futuros docentes

En consonancia con lo expuesto hasta aquí, y preocupadas por todos estos temas, se ha llevado a cabo una propuesta didáctica para la formación del profesorado en Educación Infantil y Primaria, sobre una problemática socioambiental relevante basada en el modelo investigativo, en este caso, la alimentación humana y su impacto socioambiental.

Dicha propuesta se centra en una problemática socioambiental de relevancia, específicamente, el fenómeno de la alimentación humana y su consiguiente impacto en el entorno socioambiental. Durante su implementación, se han ejecutado diversas actividades con el propósito de proporcionar información y servir como punto de contraste respecto a las concepciones iniciales del alumnado. Este proceso se ha caracterizado por su complejidad, alternando actividades de trabajo autónomo por parte de los estudiantes con otras dirigidas por el cuerpo docente, las cuales han sido meticulosamente planificadas conforme a las necesidades y dificultades identificadas.

El diseño de actividades comprendió tanto aquellas enfocadas en los efectos medioambientales de la alimentación, como aquellas que inciden directamente en la esfera social del problema objeto de estudio, como las disparidades sociales en el acceso a los alimentos. De esta manera, se estableció una secuencia didáctica estructurada en tres ejes o subproblemas que orientaron el proceso de aprendizaje:

- Subproblema 1: Aborda cuestiones relativas al aprovechamiento de los residuos orgánicos en la fertilización del suelo, la nutrición del mismo, y estrategias para la conservación del agua en la producción alimentaria, considerando los

contenidos centrales del ciclo de nutrientes y el papel del agua en el contexto del metabolismo social circular de la biosfera.

- Subproblema 2: Enfoca en la producción y consumo de alimentos con una reducida huella de carbono, priorizando el conocimiento de prácticas destinadas a minimizar tanto la huella ecológica como el impacto del cambio climático.
- Subproblema 3: Plantea la interrogante sobre la posibilidad de alcanzar la autosuficiencia alimentaria de manera equitativa y resiliente. En este caso, el contenido estratégico se concentra en promover la soberanía alimentaria como respuesta a la actual inseguridad alimentaria y la carencia de resiliencia asociada.

El proceso se inicia con una fase de motivación destinada a introducir el problema central, en este caso, el interrogante "¿Tenemos asegurada nuestra alimentación?". A partir de este punto, se derivan tres subproblemas que siguen una secuencia metodológica común: expresión y abordaje de las ideas iniciales del alumnado, adquisición de nuevo conocimiento y orientación por parte del profesor para reflexionar, sintetizar y reorganizar sus propias concepciones con el fin de formular hipótesis más alineadas con la realidad científica. Este proceso se materializa principalmente a través de desafíos parciales que culminan en la formulación de conclusiones definitivas sobre el aprendizaje, con la intención de que estas tengan un impacto en el entorno inmediato a través del desafío final, el cual se lleva a cabo a través de la red social Instagram.

3. METODOLOGÍA

El objetivo que nos planteamos en este estudio es saber si la aplicación de una propuesta didáctica basada en el impacto de la alimentación en los problemas socioambientales genera cambios significativos en los comportamientos del profesorado en formación inicial.

Para ello, se ha seleccionado una muestra por conveniencia con profesorado en formación inicial en Educación Primaria de la Universidad de Cádiz del curso académico 2022/2023, que ha participado en un cuestionario sobre dimensiones ambientales que conforman la ALFAM

(denominado CDA) que puede consultarse en Guerrero-Fernández et al. (2022), en el Anexo I, aplicado de forma previa a la puesta en marcha de la propuesta didáctica y que, a su vez, ha participado en el mismo cuestionario aplicado de forma posterior a la misma. Es decir, participantes que han respondido tanto al PRE test como al POST test, siendo un total de 14.

Para este estudio de caso, se han tratado las respuestas de la versión PRE y POST de dicho cuestionario

Para analizar los datos, se han seleccionado los ítems del CDA que abordan comportamientos y que aparecen recogidos en formato de escala Likert (referidas al grado de acuerdo/desacuerdo y de frecuencia), empleando una hoja de cálculo de Excel para elaborar una parrilla con los resultados señalados del 1 al 5. Posteriormente, se ha pasado al programa estadístico cuantitativo SPSS Statistics para analizar los datos a través de la prueba T de Student para muestras relacionadas, teniendo en cuenta las medias PRE y POST de cada ítem y de todos aquellos participantes que han respondido en ambos momentos.

Las dimensiones que componen el CDA son: Conocimientos y Habilidades, Actitudes y emociones y Comportamientos. Estas dimensiones están interrelacionadas, cada una de ellas se conforma por diferentes categorías, tal y como se recoge en trabajos como los de Guerrero-Fernández et al., (2022).

Todas las dimensiones aparecen recogidas en el CDA a través de diferentes tipos de ítems, organizados en distintas secciones:

- datos demográficos (Sección 1)
- preguntas con varias opciones de respuesta siendo una la deseable (Sección 2)
- ítems de escala Likert referidos al grado de acuerdo/desacuerdo (Sección 3.1)
- preguntas específicas acerca de emociones (Sección 3.2)
- ítems de escala Likert referidos a la frecuencia (Sección 4)

Para este trabajo, hemos puesto el foco en la dimensión Comportamientos (COMP), que está conformada por las siguientes categorías:

- IC: Intenciones de comportamiento
- PI: Participación individual en comportamientos socioambientales
- PC: Participación colectiva en comportamientos socioambientales

Por tanto, para esta investigación, se han escogido todos los ítems del CDA que abordan comportamientos y sus categorías, correspondiéndose a ítems que se encuentran en la sección 3.1 (acuerdo/desacuerdo) y a la sección 4 (frecuencia) del instrumento y que son de escala Likert (de 1 a 5). Para la presentación de resultados y su posterior análisis y discusión, se han indicado los ítems concretos, añadiendo el código "F" para los ítems de frecuencia y "AD" para los ítems de acuerdo/desacuerdo, tal y cómo se recoge en la Tabla 1.

TABLA 1. *Códigos empleados en el análisis*

Tipo de ítem	Ítem	Código de análisis
Acuerdo - desacuerdo	5. Soy capaz de comunicar información relevante relacionada con el medio ambiente a otras personas	AD5
	15. Puedo convencer a miembros de mi familia y amigos para que emprendan acciones ambientales	AD15
	17. Sé cómo hacer presión política y emprender movilizaciones en relación a cuestiones socioambientales	AD17
	23. Soy capaz de separar diferentes residuos cotidianos para después reciclarlos	AD23
Frecuencia	1.Informar a las autoridades correspondientes, medios de comunicación, etc., de los problemas ambientales que observo	F1
	2. Llevar los residuos (como papel, botellas de plástico, etc.) a puntos de reciclaje (contenedores o puntos limpios)	F2
	3. Reutilizar papel ya escrito como borrador	F3
	4. Llevar a la compra bolsas desde casa	F4
	5. Adquirir productos con menos embalaje	F5
	6. Llevar mi propia botella de agua reutilizable cuando salgo	F6
	7. Adquirir frutas y verduras de producción local o de proximidad	F7
	8. Participar en campañas de limpieza y cuidado de espacios públicos	F8

	9. Recoger los residuos que otras personas dejan en las zonas públicas y depositarlos en contenedores	F9
	10. Depositar las pilas, aceites usados y otros residuos peligrosos en los puntos limpios	F10
	11. Apagar la calefacción o el aire acondicionado cuando no hay nadie	F11
	12. Ajustar la temperatura de la calefacción y el aire acondicionado entre 23-25 grados para ahorrar energía	F12
	13. Participar en campañas de conservación del medio, mediante peticiones públicas y/o denuncias, manifestaciones, etc.	F13
	14. Participar activamente en una organización ecologista y/o social	F14
	15. Usar diferentes medios de comunicación (Internet, televisión…) para obtener información de temas ambientales	F15
	16. Realizar itinerarios y turismo en la naturaleza para un mayor conocimiento del entorno natural	F16
	17. Caminar, la bici o el transporte público son los medios que utilizo para desplazarme	F17
	18. Usar medios alternativos al avión en distancias entre 500 y 1000 km en España	F18
	19. Adquirir productos a través de espacios de intercambio y de segunda mano	F19
	20. Cambiar el modelo de móvil cuando aparece uno nuevo, aunque el anterior no haya perdido funcionalidad.	F20

4. RESULTADOS

A la hora de realizar la prueba T de Student para muestras relacionadas, con el fin de determinar la significatividad de los cambios entre las respuestas del PRE y POST, se barajaron dos hipótesis. La hipótesis alternativa asumía diferencias significativas y, por el contrario, la hipótesis nula defendía la inexistencia de diferencias significativas.

Teniendo en cuenta ambas hipótesis, y tras realizar la prueba empleando el programa de análisis SPSS, encontramos los siguientes resultados en relación con los **cambios significativos**, como puede verse en las tablas 2 y 3.

TABLA 2. *Diferencias PRE/POST en ítems de cambios significativos.*

Diferencias en cambios significativos		
Ítems	PRE	POST
F-15	3,1	4,2
AD-17	1,4	2,3
AD-5	2,8	4,1
AD-15	3,1	3,6
AD-23	4,2	4,9
F-5	2,1	3,4
F-10	4,1	4,9

TABLA 3. *Resultados T de Student para muestras relacionadas (cambios significativos).*

ítems	Media	DT	t	df	p-valor
F-15	-1.143	1.737	-2.738	13	.008
AD-17	-.929	1.158	-2.509	13	.013
AD-5	-1.357	1.385	-2.924	13	.006
AD-15	-.571	1.008	-1.847	13	.044
AD-23	-.643	1.267	-2.386	13	.016
F-5	-1.286	1.188	-3.798	13	.001
F-10	-.786	1.562	-2.474	13	.014

Un tercio de los ítems referidos a comportamientos (7 ítems), reflejan cambios significativos en sus medias respecto al PRE-POST, pues el p-valor manifiesta valores inferiores a 0.05. Estos se producen en ítems vinculados a intenciones de comportamiento (IC), con una frecuencia de 29% (2 ítems) y a propuestas de acción de tipo individual (PI), con un 71% (5 ítems).

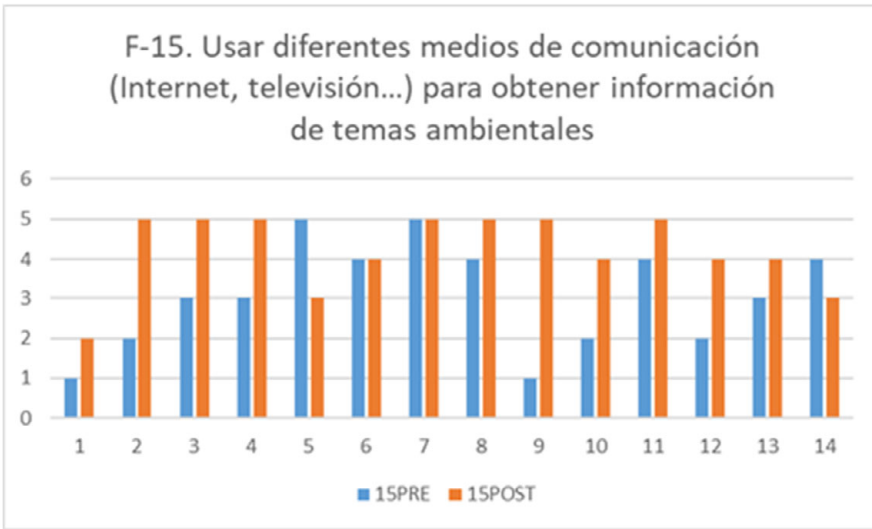
Para dar sentido y coherencia a los resultados, estos van a presentarse de forma estructurada en torno a las dos categorías mencionadas.

La primera categoría, referida a intenciones de comportamiento (IC), se corresponde con ítems vinculados a la capacidad de buscar información en fuentes diversas (Figura 1) o a hacer presión política y emprender movilizaciones (Figura 2). Por otro lado, la segunda categoría (PI) recoge ítems referidos a la capacidad de comunicar información

relacionada con el medio ambiente a otras personas, convencer al entorno cercano para emprender acciones proambientales, separar residuos para reciclarlos, adquirir productos con menos embalaje y depositar residuos peligrosos en el punto limpio.

En la Figura 1, ligada al ítem F-15, pasamos de una media en el PRE de 3.1 a una media en el POST de 4.2. Hay siete sujetos que alcanzan el máximo valor en relación con si son capaces de obtener información de diferentes medios de comunicación tras la aplicación de la propuesta didáctica (S2, S3, S4, S7, S8, S9 y S11) y cuatro que, aunque no alcanzan el máximo, sí aumentan su capacidad (S1, S10, S12 y S13). Dos de ellos se mantienen en el PRE y el POST (S6 y S7), estando este último entre los que se encuentran en el nivel más alto. En uno de los casos (S14), podemos percibir que su capacidad ha disminuido.

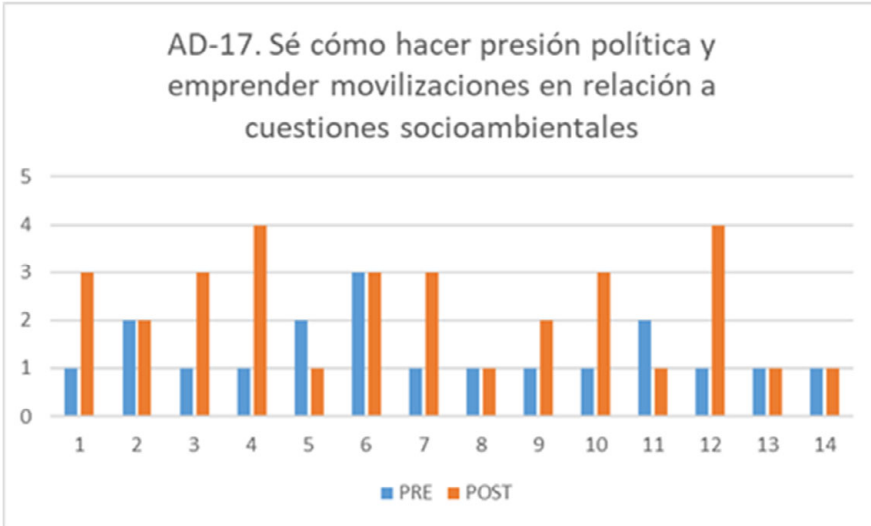
FIGURA 1. *Resultados referidos al ítem F-15*



En la Figura 2, referida al ítem AD-17 donde se plantea la capacidad de ejercer presión política y emprender movilizaciones, podemos observar que, si bien los cambios son significativos, en general las puntuaciones otorgadas son bajas, pasando de una media en el PRE de 1.4 a 2.3 en el POST. En este caso, ningún sujeto se sitúa en el máximo, aunque siete

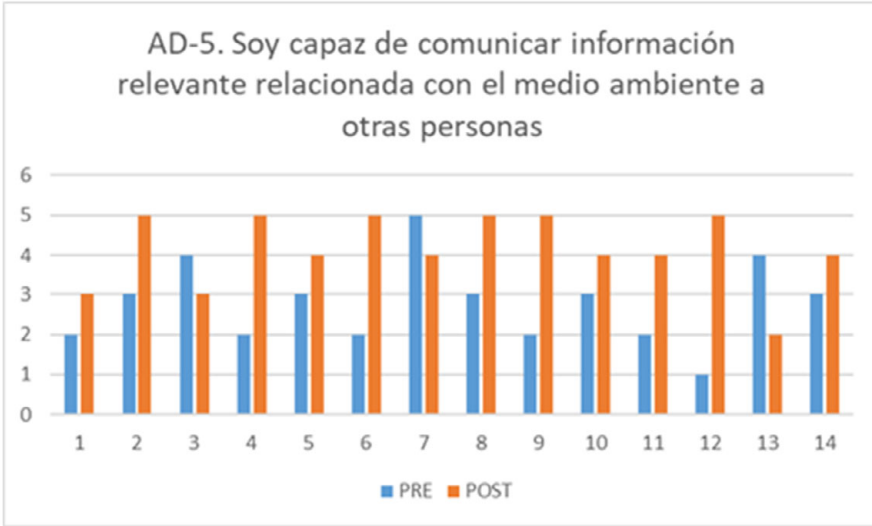
de ellos (S1, S3, S4, S7, S9, S10 y S12), pues se produce un aumento en su capacidad. En cuatro casos se mantiene (S2, S8, S13 y S14) y, una vez más, llama la atención que dos individuos reflejen una menor capacidad tras la propuesta didáctica (S5 y S11).

FIGURA 2. *Resultados referidos al ítem AD-17*



Pasando a la categoría de propuestas de acción de tipo individual (PI), los resultados en el ítem AD-5, referido a la capacidad de comunicar a otros información medioambiental, reflejan el paso de una media en el PRE de 2.8 a una media en el POST de 4.1. En la Figura 3 vemos como hay seis sujetos que alcanzan el valor máximo tras la realización de la propuesta (S2, S4, S6, S8, S9 y S12); y cinco que, sin llegar al valor máximo, sienten que aumenta su capacidad (S1, S5, S10, S11 y S14). En este caso, no tenemos sujetos que se mantengan, pero sí volvemos a tener casos que presentan una disminución del PRE al POST, como es el caso de S3 y S13.

FIGURA 3. *Resultados referidos al ítem AD-5*



Como se refleja en la Figura 4, referida al ítem AD-15 vinculado a la capacidad de fomentar en su entorno cercano acciones proambientales, pasamos de una media en el PRE de 3.1 a 3.6 en el POST. Podemos observar que tres sujetos (S1, S4 y S6) alcanzan el valor máximo tras la aplicación de la propuesta; tres en los que se produce un aumento, aunque sin llegar al máximo (S2, S3 y S12); y cinco casos que se mantienen en el mismo valor para el PRE y el POST (S5, S8, S10, S11 y S13). Por último, encontramos dos sujetos (S9 y S14) que disminuyen en un punto el valor que otorgan a esta pregunta.

Tal y como se observa en la Figura 5, donde se presentan los resultados del ítem AD-23 ligado a la separación de residuos, las medias en el PRE y el POST son 4.2 y 4.9 respectivamente. Doce sujetos alcanzan el máximo en relación con su capacidad de separar y reciclar residuos (S1-S8, S10-S12 y S14), de los cuáles cinco ya manifestaron estar en ese nivel antes de llevar a cabo la propuesta didáctica. Uno de los casos mantiene el valor en PRE y POST (S13) y otro disminuye (S9).

FIGURA 4. *Resultados referidos al ítem AD-15.*

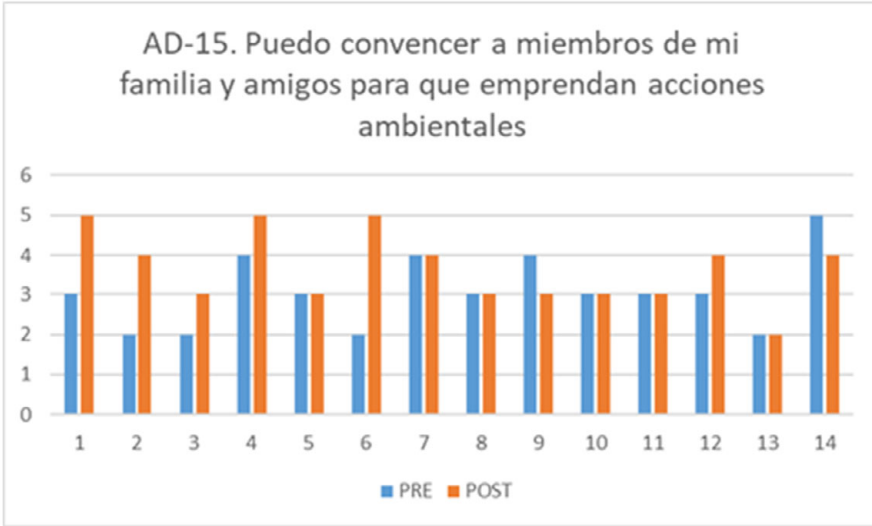
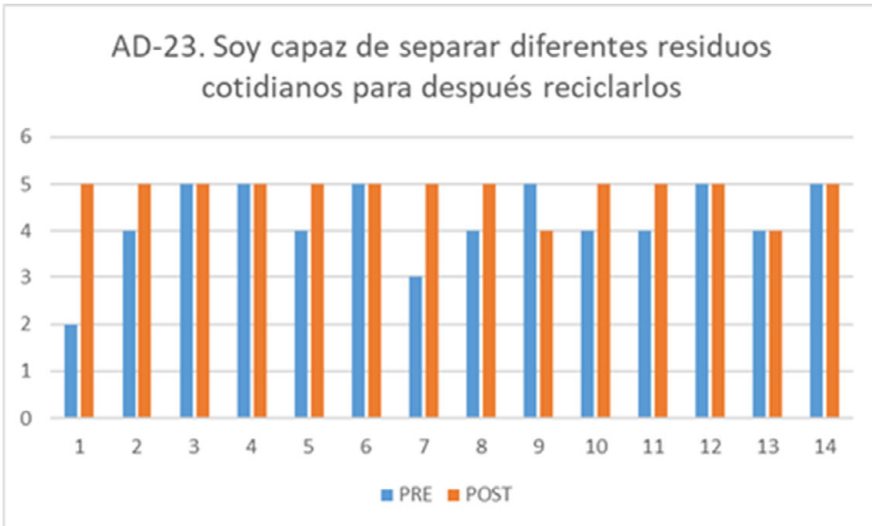


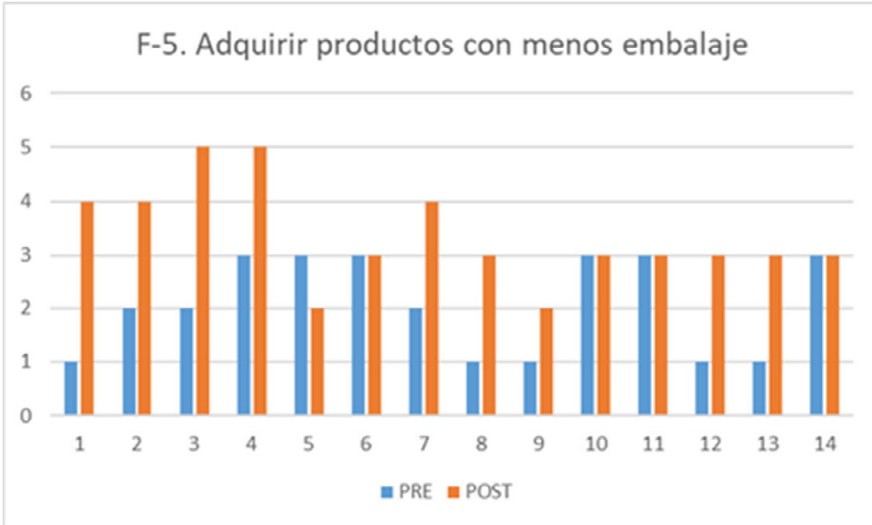
FIGURA 5. *Resultados referidos al ítem AD-23.*



En la Figura 6, que ilustra los resultados del ítem F-5 referido a la adquisición de productos con menos envases, se pasa de una media de 2.1 a otra de 3.4. Ocho sujetos (S1, S4, S7, S8, S12 y S13) aumentan la

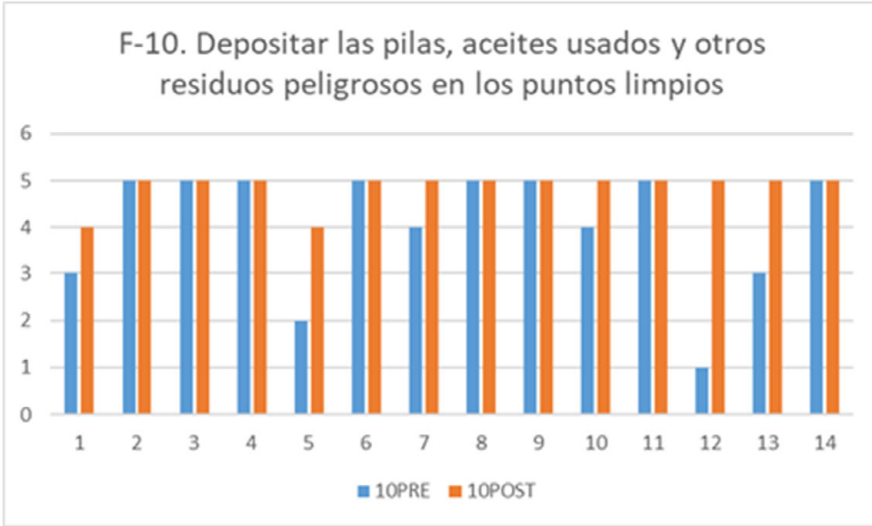
frecuencia, de los cuales dos alcanzan el máximo valor. Cuatro casos se mantienen en el PRE y el POST con el mismo valor (S6, S10, S11 y S14) y uno de ellos (S5) disminuye.

FIGURA 6. *Resultados referidos al ítem F-5*



Por último, en la Figura 7, referido al ítem F-10 en relación con la clasificación de diferentes residuos en puntos limpios, observamos el aumento de la media en las frecuencias, de 4.1 a 4.9. Doce sujetos señalan que siempre depositan este tipo de residuos en un punto limpio (S2, S4, S6, S14), de los cuales ocho ya tenían este hábito previo a la propuesta. Los otros dos sujetos (S1 y S5), manifiestan un aumento tras haber sido aplicada la propuesta didáctica.

FIGURA 7. *Resultados referidos al ítem F-10*



5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Categoría Intenciones de Comportamiento

En esta categoría, hemos obtenido cambios significativos en 2 ítems. En el primero de ellos (*F-15. Usar diferentes medios de comunicación para obtener información*) la media ha aumentado en 1.14 puntos, situando a los estudiantes en 4.21 puntos. Concretamente, 7 de 14 estudiantes se sitúan en el máximo valor. Estudios previos manifiestan que el uso de medios de comunicación es mayoritariamente por ocio y no tanto como herramienta de formación (Iglesias García y González Díaz, 2012) donde la emergencia de las redes sociales como soporte informativo ha llevado al desgaste de los medios convencionales, especialmente de los diarios (Casero-Ripollés, 2012). Además, las redes sociales son la principal fuente de consumo de información, pese a ser también a la que menos credibilidad otorgan y la que más peligro presenta de distribuir *fake news* (Pérez Escoda et al., 2021).

Consideramos que, al incluir la propuesta didáctica fuentes de información diversas, así como la demanda de la fase de comunicación de las

tareas de los estudiantes en diferentes soportes, ha incidido positivamente en este ítem. En relación con el segundo ítem de esta categoría (*AD-1 : Sé cómo hacer presión política y emprender movilizaciones en relación a cuestiones socioambientales*), si bien la media ha aumentado 0.93, los valores son mucho menores que en el ítem anterior. Ningún sujeto alcanza el máximo valor y la gran mayoría de ellos se sitúan en estadíos muy iniciales, aunque, a nuestro favor, podemos afirmar que 7 de 14 perciben un aumento de su capacidad. Estudios previos que analizan los rasgos políticos en jóvenes universitarios, concluyen que existe un desinterés por los asuntos públicos, así como cierta indiferencia, irreverencia, apatía y rebeldía por parte de estos (Gómez y Carmona, 2013). Además, las redes sociales pueden facilitar los movimientos que no atacan al sistema, pero pueden perjudicar a aquellos que pretenden un cambio real (Elías, 2018). Este aspecto resulta especialmente interesante en el contexto del ítem anterior, pues las redes sociales son la fuente de consumo de información más extendida entre los jóvenes. En ellas es habitual ver la popularización de "retos virales", los cuales constituyen desafíos o pruebas, que gracias a su índole reivindicativa consiguen movilizar a la población, pero que no requieren cambios profundos ni modificaciones del sistema socioeconómico dominante, como afirman los autores. Esto se debe a que estas píldoras audiovisuales o vídeos cortos se consideran micro-acciones (Padilla-Castillo y Rodríguez-Hernández, 2022).

5.2. Categoría de propuestas de acción de tipo individual (PI)

En esta categoría, hemos obtenido cambios significativos en cinco ítems. En el primero de ellos (*AD-5. Soy capaz de comunicar información relevante relacionada con el medio ambiente a otras personas*), el aumento de la media entre el PRE y el POST, ha sido de 1.36 puntos, situando a casi la mitad de los sujetos (6 de 14) en el máximo valor, y a otros 5 en valores cercanos al máximo. Si bien somos conscientes de que mejorar las competencias comunicativas es un proceso largo y complejo (Del Barrio et al., 2009), también es cierto que esta información, entendida como "el mensaje", constituye una de las 9 dimensiones de la habilidad comunicativa (Barrio y Barrio, 2018). Interpretamos,

por tanto, esta subida derivada de un aumento en el manejo del contenido, de apropiación de la información y construcción del mensaje. El hecho de que el profesorado en formación, al tener acceso a una mayor información relacionada con los problemas socioambientales a lo largo de la propuesta, podría suponer un aumento en su capacidad para comunicarla a otras personas de su entorno cercano.

Respecto al segundo ítem de esta categoría (*AD-15. Puedo convencer a miembros de mi familia y amigos para que emprendan acciones ambientales*), vemos que la media solo ha aumentado 0.57 y la mitad de los sujetos se encuentran en el máximo valor o cercanos a este. Consideramos que es probable que en este ítem el aumento no haya sido tan notable debido a que, la formación del futuro profesorado en problemáticas socioambientales durante la realización de la propuesta didáctica, les haya llevado a complejizar su visión, pasando de escenarios simples y reduccionistas a escenarios donde la interacción entre diferentes elementos, conlleva un mayor grado de abstracción y de construcción de conocimiento. En este sentido, es relativamente asequible convencer a otras personas para emprender acciones proambientales simples (como podría ser el caso de apagar las luces o cerrar el grifo). Sin embargo, cuando los cambios propuestos son más profundos, el compromiso para la acción requiere de la puesta en juego de otra serie de habilidades. Ya no se refiere a rutinas y hábitos automáticos, sino a una actuación con consciencia e intencionalidad (García- Díaz, 2002).

En relación con el tercero de los ítems (*AD-□□ Soy capaz de separar diferentes residuos cotidianos para después reciclarlos*), la media en este caso ha aumentado 0.64. Sin embargo, es necesario poner de manifiesto el hecho de que cinco sujetos ya se encontraban en el máximo valor antes de la intervención. Casi todos los demás lo han alcanzado (o quedándose muy próximos) después de la intervención. Estamos en una situación de las referidas en el apartado anterior, rutinas y hábitos automáticos que no requieren una profunda reflexión al respecto y que resultan, por tanto, fáciles de llevar a cabo.

Si nos centramos en el cuarto ítem (*F-5. Adquirir productos con menos embalaje*), el aumento de la media ha sido de 1.28. Si bien nos encontramos con un ítem similar al anterior, rutinario y automático, en este

caso el esfuerzo requerido es mayor. Actualmente, los especialistas en marketing utilizan los envases y embalajes como fuente de ventajas competitivas (Arca y Prado, 2008), aspecto que supone en muchos casos una mayor comodidad para el consumo. De ahí que al comienzo de la intervención fuesen pocos los estudiantes que recurrían a este hábito. Sin embargo, al finalizar la propuesta, se manifiesta una mejoría, probablemente derivada de la temática en cuestión, de las diferentes actividades llevadas a cabo en relación con el impacto de la alimentación en los problemas socioambientales, y del tratamiento continuado que se ha hecho de los productos de este tipo.

Para el último ítem (*F-1 Depositar las pilas, aceites usados y otros residuos peligrosos en puntos limpios*), la media ha aumentado 0.78. Sin embargo, al igual que para el ítem AD-23 (relacionado con la clasificación de residuos), la mayoría de los estudiantes ya ostentaban valores muy elevados al comienzo de la intervención. Entra en juego aquí un aspecto básico: para que un sujeto integre la variable ambiental como un valor en su toma de decisiones diaria, es necesario que alcance un grado adecuado de conciencia ambiental a partir de unos niveles mínimos en sus dimensiones cognitiva, afectiva, activa y conativa; que actúan de forma sinérgica (Gomera, 2008). El hecho de que algunas de las dimensiones ya tuviesen valores elevados al comienzo, ha facilitado la proyección y la consolidación de este tipo de ítems.

Podemos concluir recopilando algunas ideas clave. En primer lugar, hemos analizado comportamientos individuales muy simples que, en realidad, no requieren de una gran implicación. Estamos hablando de un nivel bajo de responsabilidad y de esfuerzo como, por ejemplo, el reciclaje o el uso de envases que supongan un menos impacto a nivel socioambiental.

En segundo lugar, creemos que un aspecto a resaltar es el hecho de que, debido a los conocimientos adquiridos, se sienten capaces de acercar estos conocimientos a otras personas, fomentando su concienciación acerca de los problemas socioambientales y posibles propuestas de cambio.

Por último, se muestran capaces de utilizar diferentes medios y fuentes de información. Este aspecto, unido a la formación recibida durante la propuesta didáctica, pone en evidencia que les ha ayudado a desarrollar el pensamiento crítico y una visión más compleja y sistémica.

Como posibles mejoras a considerar en la propuesta didáctica, consideramos necesario facilitar herramientas y recursos ligados a conocimiento de problemáticas y a estrategias de acción (individuales y colectivas) y propuestas de cambio, de forma más explícita. De otro lado, ligar el fomento de los comportamientos a emociones y actitudes que sirvan de vehículo, pues los conocimientos no son suficientes. En este sentido, ejemplificar modelos y presentar referentes y propuestas específicas que amplíen el abanico de posibilidades de participación colectiva y de propuestas individuales de modelos alternativos puede ser una buena estrategia, al no percibirlo como algo utópico, sino como propuestas que ya se están llevando a cabo, que funcionan y que han logrado cambios reales.

En relación con los nuevos horizontes de estudio, sería interesante ampliar la muestra, así como hacer entrevistas y grupos de discusión, de forma que podamos ahondar en los motivos que detonan determinados cambios y no otros.

6. AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i ayuda PID2020-114171GB-I00, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia Estatal de Investigación (10.13039/501100011033).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ-GARCÍA, O., SUREDA-NEGRE, J., Y COMAS FORGAS, L. (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

Arca, J. G., y Prado, J. C. (2008). Los envases y embalajes como fuente de ventajas competitivas. Universia Business Review, 17, 64-79.

Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M., Getz, W. M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P. A., Martinez, N. D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J. W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D. P., Revilla, E., Smith, A. B., y Smith, F. A. (2012). Approaching a state shift in Earth's biosphere. Nature, 486(7401), 52-58.

Barrio, J. A y Barrio, Á. D. (2018). Análisis de la habilidad comunicativa docente y pautas de actuación. Atraer la atención hablando: un reto para la enseñanza universitaria. International Journal of Developmental and Educational Psychology, 1(1), 73-84

Casero-Ripollés, A. (2012). Más allá de los diarios: el consumo de noticias de los jóvenes en la era digital. Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación, 20(39), 151-158.

Comisión Europea. (2021). Forging a climate-resilient Europe: The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change. https://ec.europa.eu/environment/adaptation/strategy_en

Del Barrio, J. A., Castro, A., Ibáñez, A., y Borragán, A. (2009). El proceso de comunicación en la enseñanza. International Journal of Developmental and Educational Psychology, 2(1), 387-395.

Elder, J.L. (2003). A Field Guide to Environmental Literacy: Making Strategic Investments in Environmental Education. Environmental Education Coalition.

Elías, C. (2018). Activismo y comunicación en la era digital: ¿Perjudican las redes sociales la movilización ciudadana?. ICONO 14, Revista de comunicación y tecnologías emergentes, 16(1), 42-63.

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., y Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. Nature, 478(7369), 337-342.

García-Díaz, J. E. (2002). Los problemas de la educación ambiental:¿ Es posible una educación ambiental integradora?. Revista Investigación en la Escuela, 46, 5-25.

García-Díaz, J. E. (2004). Educación Ambiental, Constructivismo y Complejidad. Díada.

Goldman, D., Yavetz, B., y Peer, S. (2006). Environmental literacy in teacher training in Israel: environmental behavior of new students. The Journal of Environmental Education, 38, 3-22. https://doi.org/10.3200/JOEE.38.1.3-22

Gómez, Á. D., y Carmona, O. L. (2013). Rasgos de sujeto político en jóvenes universitarios. Tesis Psicológica, 8(2), 164-177.

Graham, F. (2019). Daily Briefing "We are in a State of Planetary Emergency". Nature. https://www.nature.com/articles/d41586-019-03691-1

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, 40(1), 25-46. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3517

Guerrero-Fernández, A., Rodríguez-Marín, F., Solís-Ramírez, E., y Rivero García, A. (2022a). Alfabetización ambiental del profesorado de Educación Infantil y Primaria en formación inicial. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 97, 36.1. https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92434

Gutiérrez-Bastida, J. M. (2019). 50 años de educación ambiental: un balance incompleto hacia la educación ecosocial en el Antropoceno. Carpeta Informativa del CENEAM, 3-15. https://www.miteco.gob.es/en/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/numeros-anteriores/carpeta-mayo-2019_tcm38-496709.pdf

Gutiérrez-Pérez, J., y Poza-Vilches, F. (2022) Sostenibilidad y ODS en Educación Superior: Las universidades andaluzas en el punto de mira. Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad 4(1), 1001. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2022.v4.i1.1001

Iglesias García, M., y González Díaz, C. (2012). Radiografía Del Consumo De Medios De Comunicación En Estudiantes Universitarios. Revista ICONO 14. Revista Científica De Comunicación Y Tecnologías Emergentes 10 (3), 100-115. https://doi.org/10.7195/ri14.v10i3.212.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Summary for Policymakers. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/

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

Marcott, S. A., Shakun, J. D., Clark, P. U., & Mix, A. C. (2013). A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years. Science, 339(6124), 1198-1201.

Meira-Cartea, P. A. (2015). De los Objetivos de Desarrollo del Milenio a los Objetivos para el Desarrollo Sostenible: El rol socialmente controvertido de la educación ambiental. Educació social. Revista d'intervenció socioeducativa, 61, 58–73. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7056905

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

Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2016). Education for people and planet: creating sustainable futures for all. Global Education Monitoring Report. UNESCO. http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/education-for-people-and-planet-creating-sustainable-futures-for-all-gemr-2016-en.pdf

Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2021). Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura y Fundación SM. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381560

Padilla-Castillo, G., y Rodríguez-Hernández, J. (2022). Sostenibilidad en TikTok tras la COVID-19. Los influencers virales en español y sus micro-acciones. Estudios sobre el Mensaje Periodístico, 28 (3), 573-585. https://dx.doi.org/10.5209/esmp.81133

Pe'er, S., Goldman, D., y Yavetz, B. (2007a). Environmental literacy in teacher training: Environmental attitudes, knowledge and behavior of beginning students. The Journal of Environmental Education, 39(1), 45-59. https://doi.org/10.3200/JOEE.39.1.45-59

Pegalajar-Palomino, M.C., Burgos-García, A., y Martínez-Valdivia, E. (2022). Educación para el Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social: claves en la formación inicial del docente desde una revisión sistemática. Revista de Investigación Educativa, 40(2). https://doi.org/10.6018/rie.458301

Pérez Escoda, A., Barón-Dulce, G., & Rubio-Romero, J. (2021). Mapeo del consumo de medios en los jóvenes: redes sociales,'fake news' y confianza en tiempos de pandemia. Index Comunicación, 11(2), 187-208. https://doi.org/10.33732/ixc/11/02Mapeod

Rodríguez-Marín, F., Puig Gutiérrez, M., López Lozano, L., y Guerrero Fernández, A. (2020). Early Childhood Preservice Teachers: View of Socio-Environmental Problems and Its Relationship to the Sustainable Development Goals. Sustainability, 12(7), 1-14. https://doi.org/10.3390/su12177163

Roth, C.E. (1992). Environmental Literacy: Its Roots, Evolution and Directions in the 1990s. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223), 1259855.

Sureda-Negre, J., Oliver, M. F., Catalán, A., Comas, R., y Álvarez, O. (2013). Las competencias para la sostenibilidad ambiental en los planes de formación inicial del profesorado de primaria. En IRIE (2013), Informes de recerca en educació. Institut de Recerca i Innovació Educativa. http://irie.uib.cat/files/reports/informe-4.pdf

Thunberg, G. (2019). Speech at the United Nations Climate Action Summit. https://www.un.org/en/climatechange/gretathunberg.shtml

UNFCCC. (2015). Adoption of the Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.

United Nations. (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Liermann, C. R., y Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. Nature, 467(7315), 555-561.

Wackernagel, M., Schulz, N. B., Deumling, D., Linares, A. C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R., y Randers, J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(14), 9266-9271.

ESTUDIO SOBRE EL GRADO DE ALFABETIZACIÓN AMBIENTAL DE DOCENTES EN FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS

LUCÍA RODRÍGUEZ PÉREZ
Universidad de Cádiz

ESTHER GARCÍA GONZÁLEZ
Universidad de Cádiz

ALICIA GUERRERO FERNÁNDEZ
Universidad de Sevilla

ROCÍO JIMÉNEZ FONTANA
Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mundo se enfrenta a una profunda y creciente crisis ecosocial caracterizada por una serie de desafíos interconectados que amenazan tanto a los sistemas naturales como a la sociedad humana. Esta crisis se origina en la interacción entre la degradación ambiental y la desigualdad social, manifestándose en una serie de problemas urgentes como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la contaminación del aire y del agua, la escasez de recursos naturales y la injusticia ambiental (Null y Asirvatham, 2023).

Los informes científicos, como los del IPCC (2018), Landrigan et al., (2017) y el informe del WWF (2016), han aportado valiosa información que enriquece nuestra comprensión sobre lo delicados que son los ecosistemas y cómo las acciones humanas están estrechamente relacionadas entre sí en su impacto en la naturaleza.

A medida que las poblaciones y las economías globales continúan creciendo, también la velocidad a la que producimos y consumimos está aumentando, superando la capacidad de la Tierra para regenerar

recursos materiales y energéticos. Esto resulta en un agotamiento cada vez más pronunciado de estos recursos, evidenciando una situación de decrecimiento (Latouche, 2012; Romanello et al., 2022). Priorizar este modelo de producción por encima de los límites biofísicos que impone la Tierra, podría llevar inevitablemente al colapso de la civilización (Turiel, 2020).

En este contexto, consideramos que la Alfabetización Ambiental (ALFAM en adelante) desempeña un papel fundamental. La ALFAM es entendida como la capacidad para comprender y analizar la interacción entre los sistemas sociales y la biosfera (Roth, 1992). En este sentido la toma de decisiones, tanto a nivel individual como colectivo, se considera esencial para lograr una mejora de la situación (Roth, 1992; Gunckel et al., 2012). Además, autores como Guerrero-Fernández et al., (2022a), argumentan que la ALFAM debe ser incorporada a todos los niveles educativos y formar parte de los programas de formación inicial de docentes, con el propósito específico de ayudar a la ciudadanía a reconocer la realidad de la disminución de recursos en la que nos encontramos y mejorar su capacidad de adaptación, ya que este aspecto se considera esencial en la educación de cualquier individuo (Rasis, 2023).

La formación de futuros profesionales es un aspecto crucial en este contexto, y la capacitación inicial de los futuros docentes desempeña un papel clave (Azcárate et al., 2012), ya que estos representan un modelo a seguir para la ciudadanía. Para que puedan contribuir efectivamente a la creación de una sociedad más sostenible a través de su labor en la docencia, son esenciales no solo conocimientos y argumentos sólidos, sino también que su comportamiento esté en consonancia con lo que se enseña en el aula (García-González et al., 2017; Fernández-Morilla et al., 2019).

La ALFAM se compone de tres aspectos fundamentales que la conforman, sus dimensiones son: 1) conocimientos y habilidades, 2) actitudes y emociones, y 3) comportamientos (Guerrero-Fernández et al., 2022b); entendiéndose dentro del marco de una Educación Ambiental (EA en adelante) en y para el decrecimiento.

En el contexto de la EA, se promueve la idea de capacitar a la población para abordar problemas socioambientales, y no se limita únicamente a

la transmisión de conocimientos y conceptos, sino que también implica comprender que la ciudadanía forma parte del ecosistema y tiene responsabilidad en las acciones que generan un impacto socioambiental (Parra-García, 2018). En este sentido, las etapas de Educación Infantil y Primaria son consideradas fundamentales para que los estudiantes comiencen a explorar las perspectivas científicas del entorno que les rodea (Cañal, 2006). Por tanto, es esencial que los futuros docentes reciban una formación en ALFAM como una herramienta imprescindible en un enfoque de la EA orientado hacia el decrecimiento y la sostenibilidad.

Aunado a lo anteriormente expuesto, es imprescindible que se trabaje la problemática socioambiental en el terreno educativo. Uno de los principales problemas que encontramos es el impacto en el medio de la alimentación humana, conllevando a la inseguridad alimentaria, la escasez de recursos naturales o la injusticia alimentaria (Willett et al., 2019).

Hoy en día son escasos los estudios que abordan el impacto de la alimentación humana en el contexto educativo (Brocos y Aleixandre, 2020). Por tanto, en este estudio, se trabajará la alimentación humana y su impacto en el medio socioambiental en el marco de una propuesta didáctica centrada en la ALFAM y cuya temática principal será la alimentación sostenible.

Con el propósito de avanzar hacia una comprensión más profunda de aquellos conocimientos, actitudes y emociones, y comportamientos de los docentes en formación inicial de maestros, se requiere un análisis exhaustivo en relación con la manera en la que estos afrontan la problemática socioambiental. Por tanto, nos planteamos el problema de investigación: *¿Qué grado de ALFAM tienen los futuros docentes de Educación Primaria?*

2. OBJETIVOS

Para dar respuesta al problema planteado se han formulado los siguientes objetivos:

- Analizar el grado de ALFAM de los docentes en formación inicial de Educación Primaria al inicio de una propuesta didáctica relacionada con ALFAM y la alimentación sostenible.
- Analizar la evolución de la ALFAM de los docentes en formación inicial de Educación Primaria tras la realización de la propuesta didáctica.

3. METODOLOGÍA

El contexto donde se desarrolla esta investigación es un aula universitaria con estudiantes en formación de maestros en Educación Primaria de la Universidad de Sevilla.

Este estudio forma parte de un proyecto de investigación titulado "Alfabetización Ambiental. Un desafío para la formación del profesorado del siglo XXI", Proyectos de I+D+i Ministerio de Ciencia e Innovación (Convocatoria 2020), el cual pretende avanzar en líneas de estudio relacionadas con la ALFAM y la enseñanza de las ciencias basada en la investigación escolar.

Para llevar a cabo este estudio, hemos optado por un método de investigación mixto, donde lo cualitativo y lo cuantitativo dialogan. Se ha empleado como estrategia el estudio de caso para caracterizar el proceso investigativo.

Los participantes en el estudio son estudiantes de un grupo-clase del Grado en Educación Primaria matriculados en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Sevilla.

Dentro del proyecto de investigación mencionado anteriormente, se ha elaborado y puesto en marcha una propuesta didáctica cuya temática está centrada en el impacto socioambiental de la alimentación humana, tema cercano al alumnado al tratarse de una actividad cotidiana y conocida por todos. Esta temática servirá de hilo conductor de la ALFAM desde sus dimensiones: Conocimientos y habilidades, Actitudes y Emociones, y Comportamientos.

La propuesta didáctica tiene como objetivo principal promover la ALFAM del profesorado en formación inicial y está basada en un enfoque de enseñanza de las ciencias basado en la investigación del alumnado (Anderson, 2002; Rocard et al., 2007; Minner et al., 2010; Tsivitanidou et al., 2018), la cual favorece que los estudiantes aborden problemáticas significativas, dando prioridad a la evidencia para desarrollar sus propias ideas y argumentos, así como el fomento de comunicación y justificación de las mismas.

La propuesta consta de una batería de actividades variadas y conectadas entre sí, diseñadas para abordar conocimientos de manera progresiva, y enfocada en Conocimientos, Actitudes y Emociones, y Comportamientos. Dentro de las actividades se fomenta la toma de decisiones, la reflexión y el trabajo en equipo. La pregunta eje de la propuesta es: *¿Es necesario reinventar nuestra alimentación?*

La estructura de la propuesta consta de ocho actividades, divididas en sesiones de una hora y media, donde la participación del alumnado es activa y centrada en su entorno individual y profesional, creando oportunidades de innovación y reflexión.

3.1. INSTRUMENTO Y TÉCNICA DE ANÁLISIS

Para planificar esta investigación, se han tenido en cuenta las restricciones identificadas en el ámbito de estudio relacionado con la ALFAM en estudiantes que están en proceso de formación para convertirse en docentes. Como resultado, se ha desarrollado un instrumento de recopilación de datos que se ajusta a las pautas descritas en la literatura sobre cómo abordar la ALFAM en la educación ciudadana. Se trata de un cuestionario de dimensiones ambientales (CDA en adelante) diseñado por investigadores del proyecto mencionado y validado por expertos en esta área (Guerrero-Fernández et al., 2022a). Junto con un sistema de análisis diseñado y validado para estudiar la ALFAM del alumnado en cuestión, se realizó la recogida y procesamiento de la información de los datos mediante un estudio de frecuencia mediante el programa de análisis estadístico SPSS Statistic.

TABLA 1: *Sistema de análisis con las dimensiones de ALFAM y sus categorías.*

Dimensiones (Código)	Categorías (Código)
Conocimientos (CN)	Sistemas naturales (SN)
	Crisis ecosocial (CE)
Actitudes y Emociones (AyE)	Actitudes (AC)
	Emociones (EM)
Comportamientos (CM)	Intenciones e implicaciones (II)

Fuente: elaboración propia

El CDA consta de 4 secciones (Guerrero-Fernández et al., 2022a), de modo que su estructura es la siguiente:

- Sección 1: *Datos demográficos*. Esta sección recoge los datos demográficos de las personas encuestadas (13 ítems).
- Sección 2: *Respuesta correcta*. Está conformada por preguntas de opción múltiple y de escala tipo Likert relacionadas con los sistemas naturales y la crisis ecosocial (19 ítems).
- Sección 3: 3.1 *Grado acuerdo o desacuerdo* (29 ítems) y 3.2 *Preguntas vinculadas a las emociones* (3 ítems). Corresponde a la dimensión de Conocimientos, Actitudes y Emociones, y Comportamientos.
- Sección 4: *Grado de frecuencia* (24 ítems). Esta sección corresponde a la dimensión de Comportamientos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de los cuestionarios iniciales (CDA PRE) y finales (CDA POST), se obtienen los siguientes resultados recogidos en la tabla 2 que mostramos a continuación. El análisis se ha realizado según las secciones del cuestionario y las dimensiones de ALFAM.

***TABLA 2**. Distribución de los resultados del CDA en porcentajes (%).*

Secciones CDA		CDA PRE	CDA POST
Sección 2. Respuesta correcta	Error	60.05%	53.66%
	Acierto	39.95%	46.34%
Sección 3.1. Grado acuerdo-desacuerdo	Nivel 1	7.91%	8.24%
	Nivel 2	12.88%	8.78%
	Nivel 3	23.18%	22.54%
	Nivel 4	32.75%	33.51%
	Nivel 5	23.28%	27.01%
Sección 3.2. Preguntas sobre emociones	Pregunta 1	Preocupación 20.37% Tristeza 11.73% Ansiedad 10.50%	Preocupación 21.37% Frustración 15.38% Tristeza 13.68%
	Pregunta 2	Esperanza 18.52% Alegría 17.28% Satisfacción 16.05%	Alegría 14.53% Esperanza 15.38% Orgullo 10.26%
	Pregunta 3	Orgullo 19.75% Alegría 17.90% Esperanza 11.73%	Alegría 16.26% Esperanza 14.53% Orgullo 18.80%
Sección 4. Grado de frecuencia	Nivel 1	15.37%	12.95%
	Nivel 2	13.43%	13.72%
	Nivel 3	20.28%	15.00%
	Nivel 4	19.35%	23.33%
	Nivel 5	31.57%	35.90%

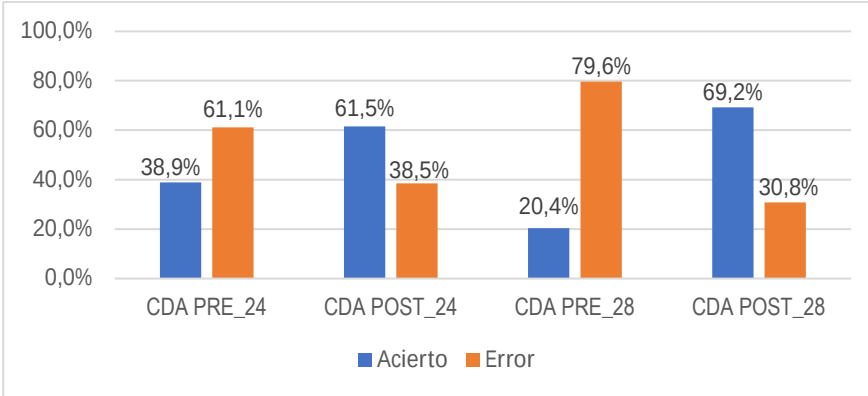
Fuente: elaboración propia

Comenzando por la sección *Respuesta correcta*, observamos que en el CDA PRE hay un 60.05% de error frente al 39.95% de aciertos en las preguntas sobre los sistemas naturales y la crisis ecosocial. Tras la propuesta didáctica, estos porcentajes pasan de tener un 53.66% de error y un 46.34% de aciertos en el CDA POST.

En esta sección podemos observar la evolución entre un cuestionario y otro (tabla 2). Los resultados reflejan la interesante dinámica en los conocimientos de los participantes en relación con los sistemas naturales y la crisis ecosocial, encontrando dificultades en la comprensión de ciertos temas, reflejado en las respuestas incorrectas. Sin embargo, el porcentaje de error disminuye en el CDA POST mientras que el porcentaje de aciertos aumenta.

Podemos ver el siguiente ejemplo en los ítems 24 y 28 (gráfico 1), referentes al principio de conservación de la energía y a la gestión de restos de comida, respectivamente.

GRÁFICO 1: *Ejemplo de UI de las respuestas del CDA en la sección 2.*



Observamos que en el ítem 24, referente al principio de conservación de la energía, en el CDA PRE hay un 38.9% de aciertos frente al 61.1% de error, apuntando que al principio hay un desconocimiento mayoritario en cuanto a este tema. Sin embargo, una vez realizada la propuesta didáctica, encontramos que en el CDA POST, la mayoría de las respuestas (61.5%) son aciertos frente al 38.5% de error.

Otro ejemplo significativo es el ítem 28, el cual se refiere al reciclado de los restos de comida. Inicialmente, en el CDA PRE hay mayor porcentaje de error (79.6%). No obstante, el porcentaje de error disminuye en el CDA POST, situándose las respuestas acertadas en un 69.2%.

Estos dos ejemplos reflejan con claridad la evolución de la ALFAM en cuanto a la dimensión de conocimientos.

Del mismo modo, los resultados de esta sección muestran la importancia de trabajar la ALFAM en los planes de estudio, en concreto en la formación inicial de docentes, pues son los encargados de proveer conocimientos, y reforzar los puntos más débiles de aquellos que necesiten ser abordados de una manera más profunda.

Seguidamente, encontramos la sección 3, dividida en 3.1 *Grado de acuerdo-desacuerdo* y 3.2 *Preguntas sobre emociones*.

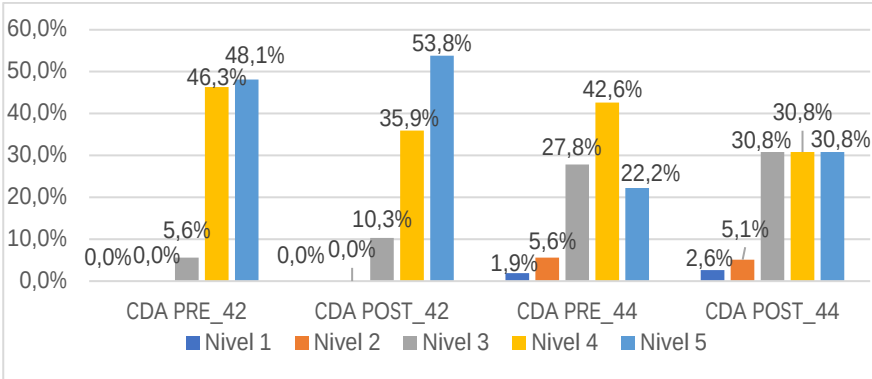
En la primera de ellas, sección 3.1, se refleja el reconocimiento de los docentes en formación inicial de maestros de la importancia de la ALFAM y su disposición a abordar temas socioambientales en el ámbito educativo. Pertenece a las dimensiones de conocimientos, actitudes y emociones, y comportamientos. En el CDA PRE el nivel 1 (Completamente en desacuerdo) presenta un 7.91%, el nivel 2 (En desacuerdo) un 12.88%, el nivel 3 (Ni en desacuerdo ni de acuerdo) un 23.28%, el nivel 4 (De acuerdo) un 32.75% y el nivel 5 (Completamente de acuerdo) un 23.28%. Paralelamente, tras la propuesta didáctica, en el CDA POST encontramos el nivel 1 en un 8.24%, el nivel 2 en un 8.78%, el nivel 3 en un 22.54%, el nivel 4 en un 33.51% y el nivel 5 en un 27.01%.

Ejemplos que podemos apreciar en esta sección son los ítems 42 y 44 (gráfico 2). El 44, relativo a la importancia de incluir la EA como asignatura en la formación inicial docente, mantiene una actitud favorable en ambos cuestionarios, pues los estudiantes muestran su conformidad en cuanto a la idea de formar ambientalmente al profesorado. Mientras que, en ambos cuestionarios, los niveles 1 y 2 (*completamente en desacuerdo* y *en desacuerdo*, respectivamente) se mantienen al mínimo de respuestas, los niveles 3, 4 y 5 (*ni en desacuerdo ni de acuerdo*, *de acuerdo* y *completamente de acuerdo*) se sitúan en el rango mayoritario.

En el caso de este ítem 42, referente a la participación de los centros educativos en la resolución de problemáticas socioambientales, la actitud favorable se aprecia en ambos cuestionarios, siendo en el segundo cuando el porcentaje de mayor conformidad (nivel 5) se hace notoriamente mayoritario tras trabajar la propuesta didáctica.

Tanto en el CDA PRE como en el CDA POST, no hay respuesta alguna en los niveles 1 y 2. Es a partir de los niveles 3, 4 y 5 cuando las respuestas señalan la conformidad del estudiantado. En el CDA PRE encontramos el nivel 3 con un 27.8%, el nivel 4 con un 42.6% y el nivel 5 con un 22.2%. En el CDA POST los niveles 3, 4 y 5 reflejan el mismo porcentaje de respuestas, 30.8% en los tres niveles.

GRÁFICO 2: *Ejemplo de UI de las respuestas del CDA en la sección 3.1*



En el estudio de Solís y Barreto (2020), donde también se realiza la aplicación de un cuestionario relacionado con cuestiones ambientales, los resultados muestran que la EA dentro del aula es una opción para la resolución de problemáticas socioambientales e imprescindible en la docencia.

Los ítems en los que las respuestas son mayoritariamente positivas señalan áreas en las que los estudiantes pueden concretar sus esfuerzos para fomentar prácticas pedagógicas que sean sostenibles desde una perspectiva ambiental y que sean efectivas. Estos hallazgos también proporcionan una base sólida para mejorar la formación docente relacionada con la ALFAM.

Con respecto a la sección vinculada a las emociones, la 3.2, observamos que, en la primera pregunta referente a conocer los efectos del cambio climático, en el CDA PRE las emociones que más aparecen son la preocupación (20.37%), la tristeza (11.73%) y la ansiedad (10.50%). Posterior a la propuesta didáctica, el CDA POST muestra que las emociones mayoritarias siguen siendo la preocupación 21.37% y la tristeza 13.68%, apareciendo también la frustración (15.38%).

Continuando con las emociones, la segunda pregunta planteada en el CDA referente a la identificación de problemas ambientales y el planteamiento de soluciones a los mismos, las emociones expresadas por

los estudiantes son, en el CDA PRE, la esperanza (18.52%), la alegría (17.28%) y la satisfacción (16.05%). En el CDA POST se repiten las emociones de la esperanza (15.38%) y de la alegría (14.53%), apareciendo el orgullo como una de las emociones mayoritarias (18.80%).

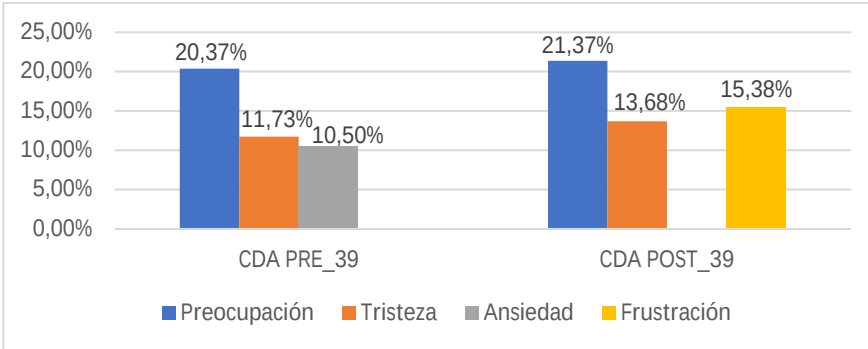
La última pregunta de esta sección, la cual trata sobre la actuación en la colaboración de los problemas derivados del cambio climático, las emociones mayoritarias presentes en el CDA PRE son el orgullo (19.75%), la alegría (17.90%) y la esperanza (11.73%). Tras la realización de la propuesta didáctica, el CDA POST muestra de nuevo el orgullo (18.80%), la alegría (16.26%) y la esperanza (14.53%) como las emociones predominantes.

Es relevante destacar que el conocimiento de los efectos del cambio climático provoca incomodidad entre los participantes, ya que sus emociones tienden a ser negativas. No obstante, la identificación de estos efectos y los problemas asociados al cambio climático, así como la toma de medidas para abordarlos, generan emociones positivas. En los gráficos 3, 4 y 5 podemos observar las emociones predominantes en las preguntas planteadas en esta sección.

En el gráfico 3, descrito a continuación, podemos apreciar que el conocimiento del cambio climático suscita emociones negativas. Ocurre algo similar en el estudio de Calixto y Terrón (2018) sobre las emociones expresadas por un grupo de estudiantes en formación inicial docente, donde la tristeza, el pesimismo o la indignación prevalecen. En el caso de nuestro estudio, la preocupación lidera por mayoría las respuestas de la pregunta relacionada con el conocimiento del cambio climático, con un 20.37% en el CDA PRE y un 21.37% en el CDA POST.

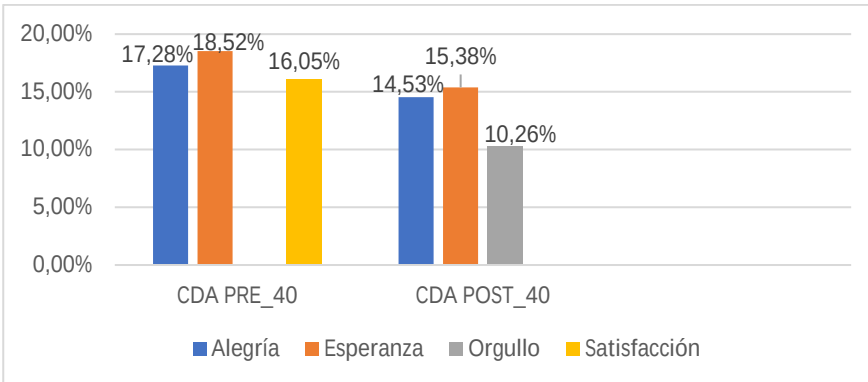
Le sigue la tristeza (11.73%) y la ansiedad (10.5%) en el CDA PRE y en el CDA POST vuelve a aparecer la tristeza (13.68%), y la frustración se posiciona esta vez entre la mayoría (15.35%).

GRÁFICO 3: *Ejemplos de UI de las respuestas de la pregunta 1 de la sección 3.2 del CDA.*



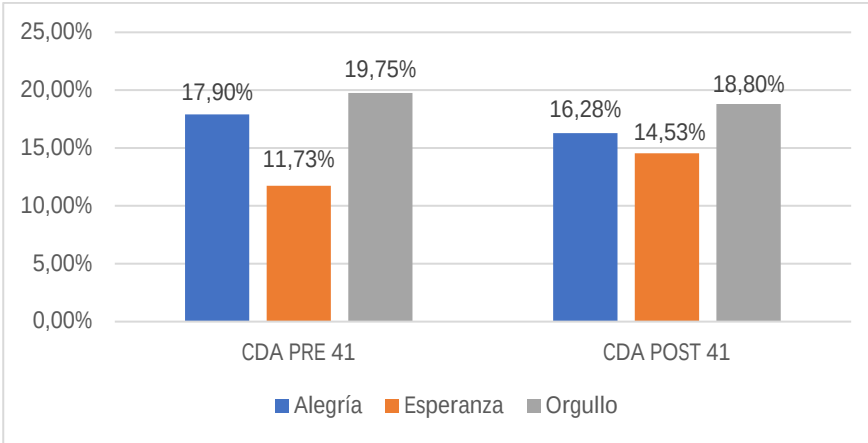
Sin embargo, cuando se trata de identificar problemas ambientales y el planteamiento de soluciones (gráfico 4) y la actuación en la vida diaria para contribuir a paliar problemas derivados del cambio climático (gráfico 5), las emociones expresadas por el alumnado tienen a ser positivas.

GRÁFICO 4: *Ejemplos de UI de las respuestas de la pregunta 2 de la sección 3.2 del CDA*



En la pregunta 2 de la sección 3.2 (gráfico 4), las emociones que lideran el CDA PRE son la alegría (17.28%), la esperanza (18.52%) y la satisfacción (16.05%). En el CDA POST aparece de nuevo la alegría (14.53%), la esperanza (15.38%) y el orgullo se posiciona esta vez entre la mayoría (10.26%).

GRÁFICO 5: *Ejemplos de UI de las respuestas de la pregunta 3 de la sección 3.2 del CDA*



En la pregunta 3 de esta misma sección (gráfico 5), las emociones positivas que aparecen como mayoría tanto en el CDA PRE como en el CDA POST vuelven a ser la alegría (17.9% y 16.28% respectivamente), la esperanza (11.73% y 14.53% respectivamente) y el orgullo (19.75% y 18.8% respectivamente).

Los resultados de esta sección (tabla 1) resaltan la importancia de la consideración de las emociones en la ALFAM. Pese a que la conciencia sobre los problemas socioambientales puede suscitar malestar, centrarse en la acción y en las soluciones parece generar una respuesta emocional positiva y motivadora para los estudiantes. Esto subraya la importancia de incorporar la ALFAM en un contexto de acción concreta para fomentar la participación y el compromiso en la resolución de los problemas agravados por esta crisis climática.

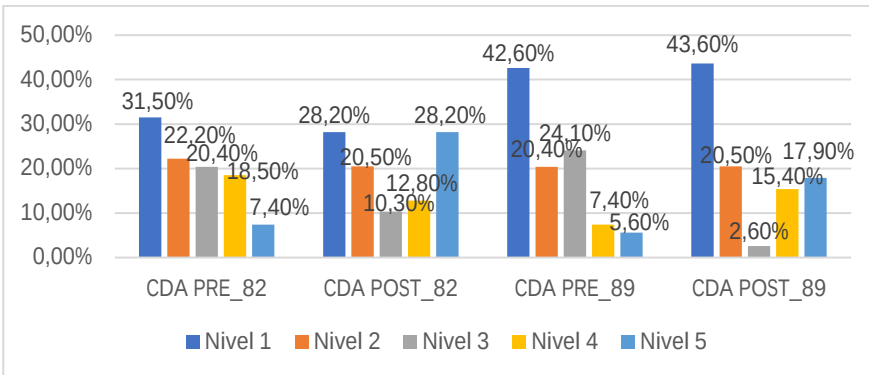
Finalmente, la sección 4 Grado de frecuencia, muestra que en el CDA PRE, el nivel 1 (Nunca) se sitúa en un 15.37%, el nivel 2 (Casi nunca) muestra un 13.43%, el nivel 3 (A veces) un 20.28%, el nivel 4 (Casi siempre) un 19.35%, y el nivel 5 (Siempre) se posiciona en un 31.57%.

Seguidamente, el CDA POST, muestra los siguientes resultados: el nivel 1 (12.95%), el nivel 2 (13.72%), el nivel 3 (15%), e nivel 4 (23.33%) y el nivel 5 (35.90%).

Es preciso señalar que en la sección 4 *Grado de frecuencia*, los resultados indican que el nivel 5, que corresponde a la categoría "siempre", es el que prevalece con mayor frecuencia en comparación con los demás niveles, en términos de la frecuencia con la que los participantes llevan a cabo las actividades descritas en el cuestionario. Nuestra interpretación de estos datos sugiere que estos resultados son positivos en términos de ALFAM, ya que los estudiantes están participando de manera regular en actividades cotidianas que contribuyen a mejorar la situación de la crisis socioambiental.

Sin embargo, los resultados revelan que los participantes han incorporado prácticas responsables en su día a día, con un enfoque particular en acciones individuales. Este aspecto es un indicativo positivo de su compromiso hacia la sostenibilidad. No obstante, también se resaltan oportunidades para impulsar la participación en acciones colectivas destinadas a abordar desafíos ambientales de mayor alcance. Podemos apreciar esto en el ítem 82, referente a informar a las autoridades sobre problemas ambientales, y en el ítem 89, el cual refiere a la participación en campañas de conservación, encontrándose ambos, en su mayoría en niveles de frecuencia más bajos (1 y 2). Veámoslo en el siguiente gráfico 6.

GRÁFICO 6: *Ejemplo de UI de las respuestas del CDA en la sección 4*



La evolución que experimenta el ítem 82 es significativa entre un cuestionario y otro, puesto que pasa de ser mayoría en el nivel 1 en el CDA

PRE, a igualar el nivel 1 y 5 en el CDA POST. Lo mismo ocurre en el ítem 89, donde los niveles 4 y 5 aumentan su número de respuestas en el CDA POST.

5. CONCLUSIONES

A partir del análisis de resultados, y teniendo en cuenta las dimensiones de ALFAM, se han obtenido una serie de conclusiones que se presentan a continuación.

En cuanto a la mejora en conocimientos, los resultados revelan una mejora en el conocimiento de los participantes sobre temas relacionados con sistemas naturales y la crisis ecosocial entre el CDA PRE y el CDA POST. Esta mejora es alentadora y destaca la importancia de la ALFAM en la formación inicial docente.

Con relación al reconocimiento sobre la importancia de la ALFAM, el alumnado reconoce la relevancia de esta y están dispuestos a abordar cuestiones ambientales en su futura labor educativa, como se refleja en la sección 3.1 del cuestionario.

Igualmente, hay que tener en cuenta las áreas en la mejora de las actitudes. Aunque existe un reconocimiento general de la importancia de las cuestiones socioambientales, algunos ítems indican una disminución en la actitud positiva entre un cuestionario y otro. Por ejemplo, la percepción de los estudiantes sobre la participación de los centros educativos en la resolución de problemas socioambientales ha disminuido.

En el caso de las emociones, los datos obtenidos resaltan la relevancia de considerar las emociones en la ALFAM. Aunque el conocimiento de la problemática socioambiental puede generar emociones negativas, la acción y la toma de medidas generan respuestas emocionales positivas y motivadoras.

Aunado a lo anterior, el comportamiento que sugiere el estudiantado revela prácticas responsables con el medio ambiente en su vida cotidiana mayoritariamente a nivel individual. Esto demuestra un compromiso inicial hacia la sostenibilidad, pero también resalta la necesidad

de fomentar la participación en acciones colectivas y comunitarias para abordar desafíos ambientales más amplios.

Estos resultados proporcionan una base sólida para mejorar la formación docente relacionada con la ALFAM. Esto incluye la identificación de áreas específicas donde los futuros maestros puedan centrar sus esfuerzos para promover prácticas psicopedagógicas sostenibles, así como abordar debilidades en la comprensión de la crisis ecosocial acontecida.

En suma, los datos analizados subrayan la importancia de fortalecer la ALFAM en la formación inicial de docentes para prepararlos no solo en la adquisición de conocimientos, sino también para inspirar y liderar cambios positivos en sus comunidades educativas y en la sociedad en general.

6. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i ayuda PID2020-114171GB-I00, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia Estatal de Investigación.

7. REFERENCIAS

Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says About Inquiry. Journal of Science Teacher Education, 13(1), 1–12. Recuperado de http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ehh&AN=16981432&sit e=ehost-live

Azcárate, P., Navarrete, A. y García, E. (2012), "Aproximación al nivel de inclusión de la sostenibilidad en los currícula universitarios", Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado, vol. 16, núm. 2, pp. 105-119

Brocos, P. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2020). El impacto ambiental de la alimentación: argumentos de alumnado de Magisterio y Secundaria. Enseñanza de las Ciencias, 38(1), 127-145. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2802.

Calixto, R., & Terrón, E. (2018). Las emociones en las representaciones sociales del cambio climático. Educar em Revista, 34, 217-233. https://doi.org/10.1590/0104-4060.55684

Cañal P. (2006) La alfabetización científica en la infancia. Pedro Cañal de León Universidad de Sevilla. Aula de Infantil, 33, 5–9.

Fernández-Morilla, M., Fernández-Ramos, M. Y., Vidal-Ramèntol, S. y Albareda-Tiana, S. (2019). Objetivo de Desarrollo Sostenible nº 12: Consumo y Producción Sostenible. Estudio sobre hábitos de consumo de los estudiantes. Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad 1 (1), 1201.

García-González, E., Jiménez-Fontana, R., Azcárate Goded, P., & Cardeñoso, J. M. (2017). Inclusion of sustainability in university classrooms through methodology. Handbook of Theory and Practice of Sustainable Development in Higher Education: Volume 1, 3-19. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47868-5_1

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., López Lozano, L. y Solís Ramírez, E. (2022a). Alfabetización ambiental en la formación inicial docente: diseño y validación de un cuestionario. Enseñanza de las Ciencias, 40(1), 25-46. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3517

Guerrero Fernández, A., Rodríguez Marín, F., Solís Ramírez, E. y Rivero García, A. (2022b). 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

Gunckel K.L., Mohan L., Covitt B.A. & Anderson C.W. (2012) Addressing Challenges in Developing Learning Progressions for Environmental Science Literacy. In: Alonzo A.C., Gotwals A.W. (eds) Learning Progressions in Science. Sense Publishers, Rotterdam. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-824-7_4

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018). Global warming of 1.5 ºC. Recuperado de: http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf

Latouche, S. (2012). La sociedad de la abundancia frugal. Icaria.

Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B.,... y Chiles, T. (2017). The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet.

Minner, D., Levy, A., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Journal of Research in Science Teaching, 47, 474–496.

Null, D. C., y Asirvatham, J. (2023). College students are pro-environment but lack sustainability knowledge: A study at a mid-size midwestern US university. International Journal of Sustainability in Higher Education, 24(3), 660-677.https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2022-0046

Parra-García, C. (2018). Eco-alfabetización. Infancias Imágenes, 17(1), 117–124. https://doi.org/10.14483/16579089.11621.

Rasis, R., Kuswanto, H., & Hartanti, R. D. (2023). The Effect of Environmental Education Open Inquiry Learning Kits on the Environmental Literacy of Pre-service Biology Teachers. Journal of Teacher Education for Sustainability, 25(1), 40-63. https://doi.org/10.2478/jtes-2023-0004

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Recuperado de http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Romanello, M.; Di Napoli, C.; Drummond, P.; Green, C.; Kennard, H.; Lampard, P.; Scamman, D.; Arnell, N.; Ayeb-Karlsson, S.; Ford, L.B.; et al. (2022). The 2022 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Health at the Mercy of Fossil Fuels. The Lancet, 400(10363), 1619-1654.

Roth, C.E. (1992). Enviromental Literacy: Its Roots, Evolution and Directions in the 1990s. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education. Education Development Center Newton

Solís-Espallargas, C., & Barreto-Tovar, C. H. (2020). La visión de la educación ambiental de estudiantes de maestría en pedagogía en el marco de la Cátedra de la Paz en Colombia. Formación universitaria, 13(2), 153-166. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000200153.

Tsivitanidou, O. E., Gray, P., Rybska, E., Louca, L., & Constantinou, C. P. (Eds.). (2018). Professional development for inquiry-based science teaching and learning. Cham, Springer.

Turiel, A. (2020). Petrocalipsis: Crisis energética global y como (no) la vamos a solucionar. Alfabeto.

Walter Willett, Johan Rockström, Brent Loken, Marco Springmann, Tim La, Sonja Vermeulen, Tara Garnett, David Tilman, Fabrice DeClerck, Amanda Wood, Malin Jonell, Michael Clark, Line J Gordon, Jessica Fanzo, Corinna Hawkes, Rami Zurayk, Juan A Rivera, Wim De Vries, Lindiwe Majele Sibanda, Ashkan Afshin, Abhishek Chaudhary, Mario Herrero, Rina Agustina, Francesco Branca, Anna Lartey, Shenggen Fan, Beatrice Crona, Elizabeth Fox,Victoria Bignet, Max Troell, Therese Lindahl, Sudhvir Singh, Sarah E Cornell, K Sinath Reddy, Sunita Narain, Sania Nishtar & Christopher J L Murray (2019). Fod in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. Lancet, 393: 447–492. Published Online January 16, 2019. http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4

WWF (2016). Informe Planeta Vivo 2016. Recuperado de: http://awsassets.wwf.es/downloads/informeplanetavivo_2016.pdf

NUEVOS ENFOQUES PARA ASIGNATURAS EN BELLAS ARTES. EN BUSCA DE NUEVAS PERSPECTIVAS Y EXPRESIONES DE NUESTRO HÁBITAT

BLANCA MACHUCA CASARES
Universidad de Málaga

CRISTINA PELÁEZ NAVARRETE
Universidad de Málaga

MARÍA DEL MAR CABEZAS JIMÉNEZ
Universidad de Málaga

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos cincuenta años ha habido cantidad de estudios en el campo de la pedagogía centrados en el desarrollo del individuo, niños y niñas, como parte del proceso de educación a lo largo del amplio periodo de escolarización. Con los programas de grados universitarios que se dan con la aparición del Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES) se plantearon distintas formas de enfocarlo, unas más cercanas a la diversificación y otras a la unificación de dos modelos curriculares: el que abogaba por dar prioridad a la profesionalización y a educar desde el acercamiento a oficios como arquitectura, ingeniería, historia, etc. Y otro, en el que se priorizaba una educación desde la formación personal del alumnado teniendo en cuenta procesos afectivos y conductuales (competencias), además de los cognitivos. En definitiva, uno de los retos planteados de la reforma educativa del Plan Bolonia para la convergencia de los sistemas curriculares de los países firmantes fue la unificación de nuevas metodologías docentes que buscaban, entre otras cosas impartir una educación más integral.

El caso de la Facultad de Bellas Artes de Málaga, una facultad con relativamente pocos años de vida (el primer curso académico se puso en marcha en 2005), ya se creó pensando en la inminente instauración del Plan Bolonia (Universidad de Málaga [UMA], s.f.). Aun así, para el curso en que se instauró definitivamente esta reforma, se revisaron, tanto el programa como las guías docentes de todas las asignaturas, teniendo en cuenta los objetivos fundamentales del EEES. Una asignatura que se decidió mantener pero que hubo que repensar, redefinir y cuya actual metodología es consecuencia de los cambios decididos en ese momento fue Sistemas de Representación, asignatura obligatoria que se impartía en el 2º curso de licenciatura, pues sus contenidos pasaban de anuales a cuatrimestrales y requería además una revisión de objetivos y una adaptación clara dejando atrás los modelos de enseñanza del dibujo técnico tradicionales, que solían ser muy parecidos en la licenciatura en Bellas Artes con el plan de estudios de las enseñanzas técnicas de las ingenierías y Arquitectura. En su lugar se buscó un modelo más centrado en la educación vivencial a partir del trabajo con proyectos. Sistemas de representación, es ahora una asignatura con unas características específicas que la definen como procedimental, que tiene como objetivo principal enseñar una herramienta: los sistemas de representación espacial como son la perspectiva cónica y el sistema axonométrico. Se decidió trabajar a través de ejercicios prácticos con refuerzo teórico, y se decidió implementar a partir de la realización de proyectos artísticos que usaran dichas herramientas, y de esta manera adquirieran destrezas cognitivas y prácticas que la conectara con asignaturas de tercer curso y que permitiera al alumnado visualizar y poner en práctica las nuevas habilidades adquiridas: visión espacial, dibujo técnico y artístico, principalmente, y cómo se puede usar dentro de las bellas artes.

Trabajar con proyectos nos permite definir los niveles de referencia en términos de resultados de aprendizaje y no en función del propio sistema de aprendizaje. Los resultados de aprendizaje definidos en la *Declaración de Bolonia* (1999) como “expresiones de lo que una persona en proceso de aprendizaje sabe, comprende y es capaz de hacer al culminar un proceso de aprendizaje” permiten crear y organizar contenidos de una manera diferente. Nos ha permitido, entre otros, incluir los

contenidos para la adquisición de conocimientos y destrezas procedentes de Proyectos Investigadores Educativos, PIE22-106: perspectivas sociales, sostenibilidad y entornos digitales en las artes plásticas; en los que trabajamos aspectos relacionados con la sostenibilidad, y la sociedad en general, de forma que nos ayudan a contribuir desde esta asignatura en concreto y el grado en Bellas Artes en general, a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible incluidos en la Agenda 2030, en concreto las ODS 4º, 5º, 10º y 11º señaladas por Naciones Unidas. La metodología de proyectos nos orienta hacia una enseñanza de calidad dirigida a trabajar con aspectos enfocados en la igualdad e integración y sostenibilidad, como una parte más del grado en Bellas Artes, como una parte más de nuestras inquietudes, del profesorado y el alumnado; en definitiva, como parte de esta sociedad.

Aquí, en esta palabra, sociedad, queremos incluir tanto al alumnado como a los docentes y profesionales del campo del diseño, la ilustración y el arte. Así que la base de todo este trabajo se encuentra en nuestra experiencia y reflexión como docentes en la que aceptamos que no somos sólo comunicadores de un conocimiento, sino que nos obliga a implicarnos más y ser un valor seguro, sobre todo después de la pandemia que el mundo *on line* ha ganado peso, con nuestra presencia en las aulas se debe aportar un trabajo personal y cercano.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Demostrar, a partir de los resultados de la trayectoria docente en la asignatura Sistemas de Representación del grado en Bellas Artes de la Universidad de Málaga, que el alumnado que cursa y supera esta asignatura asimila de contenidos teóricos y destrezas prácticas y adquiere las competencias exigidas en la guía docente de la misma, a partir de la expresión de sus propias vivencias y del conocimiento, a través de los proyectos prácticos de las vivencias de sus compañeros y compañeras. Esta metodología está directamente relacionada con el aprendizaje basado en la resolución de problemas reales, del que partimos, ya que consideramos que ayuda a la asimilación de conocimiento y forma parte de la experiencia vivencial. Está demostrado que nuestro pensamiento se

basa en intereses, en el momento que algo forma parte de nuestras inquietudes nuestra atención se centra en todo lo relacionado buscando reforzar o responder preguntas que nos hacemos, es lo que se conoce como percepción selectiva. Así les permite observar y ver la utilidad de lo que aprenden, no es lo mismo funcionar como un eslabón en un proceso, que si conoces todo el recorrido hasta el producto final. Es una forma de motivarlos y también permite que lo aprendido no quede un bloque estanco del conocimiento, sino su rápida aplicación. Y lo hacemos a través de la investigación basada en la práctica (IBP). Veva Linaza y Rita Sixto hablando de su grupo investigador y el artículo que habla sobre él, "La SIA: intersecciones para la investigación artística basada en la práctica" (2018) cita a Borgdorff (2010), que veía claramente diferentes formas de abordar la investigación en arte. "Al lado de la perspectiva interpretativa (investigación sobre las artes propia de las Humanidades) y de la perspectiva instrumental (investigación para las artes: materiales y herramientas tecnológicas al servicio de la práctica artística)" (Linaza y Sixto, 2018, p.4). De forma que este tipo de trabajo en el campo artístico, los IBP, conjuga aspectos más técnicos y prácticos como las herramientas con elementos que tienen que ver con el aprendizaje más personal y pudiendo abarcar más. Porque como dice Patricia Leavy, (2009, p.19) requiere que el alumnado se involucre más en el proceso, ya que trabajan desde perspectivas más subjetivas en los que permite adentrarse precisamente en aspectos sociales y culturales desde una visión más personal. Perla Carrillo Quiroga (2015) en su artículo "La investigación basada en la práctica de las artes y los medios audiovisuales" (2015) considera que "la investigación basada en la práctica es también un grupo de herramientas metodológicas que atraviesan múltiples disciplinas y áreas de estudio y conllevan todas las fases de la investigación social, desde la recolección de datos, análisis, interpretación y representación". (223-224)

Además, se parece a la forma de abordar los montajes teatrales. Está demostrado en el trabajo actoral cuando trabajan un papel en un montaje que mezclar el trabajo de mesa, estudio de textos y comprensión de ellos, la dramaturgia, con el trabajo experimental y de movimiento, en escena favorece la asimilación y aplicación. Cuando se alterna se

trabaja con dos dinámicas, teórica y práctica, y permite evitar los bloqueos que suelen tener al empezar a hacer un ejercicio práctico real enfocado al campo profesional como es la investigación artística en la pintura, diseño o escenográfico. La característica de la investigación básica práctica nos permite abordar esos aspectos de la sociedad y nuestro entorno que nos inquietan o nos interesan. De esta forma damos protagonismo al alumnado, se busca que la herramienta se aprenda centrando el trabajo en el estudiante, de manera personalizada y que la construcción de la clase sea a partir de su interacción.

Queremos crear dinámicas de grupo, comunidad, donde se fomente la escucha y la diversidad de opiniones desde el respeto, la posibilidad de enriquecer el discurso y la integración y por eso consideramos esencial no sólo desde la realización del proyecto plástico sino desde su propia voz darles protagonismo en clase, se acerca a la forma del método *Content and Language Integrated Learning* (CLIL) una enseñanza programada para contenidos curriculares en otras lenguas en la que los contenidos se imparten a través de la conversación y parecido a esta propuesta es la que se realizaba en los gabinetes pedagógicos de los museos, como el MOMA, Nueva York y el Museo Picasso de Málaga, en el que la construcción del discurso del guía se hace a partir de lo que ven los espectadores, no es una historia cerrada, sino que se hace con la intención clara de ver que todos sabemos más y que nos tenemos que dejar llevar, no por juicios, sino por nuestra intuición, lo que Susan Sontag en su libro *Contra la interpretación (*2007) llamó "erótica del arte". Así damos el protagonismo e incluso voz en el aula al alumnado, porque como plantean María Acaso y Clara Megías en *Art Thiking* (2017) es que "la posición de los estudiantes en el caso de la educación, y el público en el caso de las imágenes, como coautores." (140) Por eso, debemos tener claro que usamos Sistemas de representación y el arte como herramientas y medio y no un fin en sí mismo; lo utilizamos como metodología para tratar otros asuntos que nos inquietan y atañen y que, a su vez, permite dar voz a los coautores de la docencia, los estudiantes; tal como plantea Acaso, se trata de utilizar el arte "como una experiencia aglutinadora desde donde generar conocimiento sobre cualquier tema." (Acaso y Megías, 2017, p.141) en esa misma línea nos

encontramos el libro de Bell Hook, *Enseñar a transgredir*, (2021) en el que ve el aula "como un lugar comunal" que "aumenta las posibilidades de que se haga el esfuerzo colectivo de crear y sostener una comunidad de aprendizaje." (Hook, 2021, p.30) Y al igual que Acaso y Megías en esa visión del enseñante, como artista, catalizador, mediador Hook nos habla de que para "abrazar los aspectos performativos de la enseñanza, nos vemos obligados a comprometernos con los «públicos», a considerar asuntos de reciprocidad, (…) quiere servir de catalizador que invite a todos y a cada uno a implicarse más y más, a convertirse en participantes activos del aprendizaje." (Hook, 2021, p.32) Además ampliamos los conocimientos, no solo en la materia de la asignatura, sino en los conocimientos a partir del otro, de forma que permita ampliar fronteras de la propia persona. Sacarlos de su situación de confort no sólo a través de los problemas en relación con los ejercicios sino a través de la comunicación y el debate de temas que nos inquietan. También creemos que lo que se tiene necesidad de hablar significa que son problemas no resueltos y en este sentido consideramos que fomentar la comunicación y el diálogo y poner en común permite mantener los problemas vivos en busca de soluciones y que no pasen al olvido. Y tal como plantea el marco Europeo de la Enseñanza Superior la formación integral que quiere decir que en una formación en contenidos y también la formación de la persona: "Enseñar de una manera que respeta y cuida las almas de nuestro estudiantado es esencial si queremos crear las condiciones necesarias para el aprendizaje pueda ponerse en marcha en sus dimensiones más hondas e íntimas." (Hook, 2021, p.32)

Por último, queremos fomentar el pensamiento crítico a través del análisis y la reflexión, además de la búsqueda de soluciones que es una de las formas esenciales para potenciar la creatividad. Por todo esto trabajamos utilizando diferentes estrategias: lectura, escritura, visionado, investigación, debate y dibujo. En definitiva, como dice Marín, se trata "de operar desde las cualidades esenciales e innegociables del arte: como un sistema de producción y de saber complejo, múltiple, cambiante y cuestionador" (Marín, 2015, p. 45)

3. ESTRATEGIAS

A continuación, presentamos dos de los proyectos que se realizan durante el curso, que corresponden al inicio y mitad del curso. Cada proyecto difiere en los contenidos de la asignatura, trata un tema en particular del dibujo y de la guía docente y se centran en la reflexión de nuestros modelos de vida, ciudad y sociedad que acabamos definiendo como hábitat a partir de repensar nuestro modelo de ciudad que definimos como Ciudad utópica y el segundo ejercicio relacionado con el clima. Pensamos que la sociedad actual demanda nuevas formas de afrontar los problemas para buscar otras posibles soluciones. Así que los temas en la investigación teórica plástica no son al azar, sino que incluye como reglas los contenidos teóricos relacionados con el programa de la asignatura y también artístico que significa la investigación en un proyecto, en este sentido nos gusta trabajar en el carácter más social porque les permite trabajar desde un ámbito más personal desde las vivencias e inquietudes.

3.1. La ciudad utópica

El objetivo principal de esta práctica será la realización de un proyecto artístico plástico de aplicación de los fundamentos teóricos estudiados sobre el punto de vista, línea de horizonte y puntos de fuga. Partiendo de una fotografía, se analizarán los elementos de la perspectiva que la configura y se realizará una perspectiva de base que el alumno modificará para reinterpretar el espacio plásticamente. Se trata de modificar la configuración espacial vinculada a la imagen fotográfica seleccionada. Técnica libre. Tema la ciudad utópica.

El primer ejercicio con el que empezamos el curso, está relacionado con los conceptos básicos de la percepción espacial y también con la perspectiva intuitiva, haciendo hincapié en la importancia del punto de vista y la necesidad de la distancia para poder entender el espacio o cualquier situación. Además, del punto de vista que se encuentra justo a la altura de la línea de horizonte, como define Eduardo Galeano “la utopía está en el horizonte. Camino dos pasos, ella se aleja dos pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá. Entonces, ¿para qué sirve la utopía? Para

eso, sirve para caminar" así que nos aprovechamos de la metáfora para hablar de la importancia de las utopías como referencia, guía que nos ayuda a dirigirnos hacia el horizonte como quien mira al futuro pero con un sentido. Ese estudio se realiza a partir de una fotografía. Pero siendo primer trabajo de una clase de dibujo se plantea lo siguiente algo poco habitual, de alguna manera buscamos que los clichés o la idea de bloque desaparezca y vean la importancia de la fluidez de forma que la primera parte de su ejercicio corresponde a escribir un relato sobre su ciudad utópica. Que significará la puesta en común en clases y la posterior discusión.

Posteriormente y basándose en los contenidos del debate se explica la planificación de la ciudad y la idea de la ciudad a lo largo de la historia y cómo esos modelos han influido en nuestra percepción, dentro de este apartado entra historia del planeamiento de la ciudad y también textos como *El libro de los Pasajes* (2005) de Walter Benjamin, *Delirius New York* (2004) de Rem Kolhaas, por ejemplo. Además de artistas y arquitectos que han trabajado en la construcción de este tipo de ciudades como las pensadas por arquitectos y artistas Fourier, Constant o Prada Pol. Sin olvidarnos del peso que ha ganado este tipo de ciudades utópicas dentro del mundo de los videojuegos, campo en el que una gran mayoría del alumnado está interesado incluso como profesión.

En este primer proyecto se enfrentan a aspectos que tienen que ver con la intuición y la lógica espacial principalmente, al ser al inicio del curso, se busca potenciar la confianza en uno mismo, la atención y a arriesgar en busca de experimentar y probar. Los resultados suelen ser muy interesantes donde se nota la capacidad creativa y se busca salir de los cauces normales a la hora de crear una ciudad o de pensar su ciudad. Algunas de las ciudades se basan en las existentes, como Málaga buscando una renovación de entornos y otras son creadas desde la nada, se basan en los deseos y anhelos del propio estudiante.

FIGURA 1. *Fotomontaje Ciudad utópica de Lesay Guerrero (2023)*



Fuente: propia

3.2. El clima

Buscamos diferentes modelos de afrontar cada ejercicio, entender que cada proyecto según su contenido puede tener diferentes formas de trabajar sobre él. No existe una metodología sino una necesidad de actuar y hacer dependiendo de las circunstancias. La elección del clima y no el cambio climático implica la necesidad de no limitarlo a un tipo de información y conocimiento que tenemos sino plantearlo más abiertamente; quien quiera trabajar sobre el cambio climático lo puede hacer, pero se puede trabajar desde diferentes puntos de vista desde una visión astronómica como son las estaciones hasta trabajar sobre ecosistemas. Creemos que trabajar sobre la crítica está bien pero también desde otros puntos de vista que fomenten el disfrute de nuestros espacios naturales de una manera responsable. En este sentido pensamos que encaja perfectamente con los contenidos prácticos de la asignatura. Ya que los contenidos que se tratan corresponden con la utilización de varios puntos de vista para tener una mejor lectura de lo que se quiere contar. Es el trabajo de anamorfosis que define la RAE como "Dibujo o pintura que está deformada de tal modo que recupera su imagen sin deformaciones al mirarla desde un determinado ángulo o a través de un espejo cilíndrico o cónico"

Este tipo de trabajo permite conocer mejor cómo funcionan los modelos de proyección de cónica pues elementos como es la luz con un solo ante

un objeto tiene formas parecidas de proyectar que nuestro ojo o la cámara fotográfica, la luz incide sobre un objeto y en el otro la luz incide sobre el ojo. Siendo recogido en el caso del ojo por un punto, que corresponde con el punto de vista y en el caso de la proyección como sucede con las sombras es un solo foco el que incide y hace que se proyecte la sombra. La anamorfosis tiene la característica de jugar con más de un punto de vista para su lectura correcta, y por lo tanto tener lecturas distintas, como decía Sir Ernst Gombrich en el corto de los hermanos Quay de 1991, *De Artificiali Perspectiva, or Anamorphosis*: "encontrar la verdad bajo las apariencias".

"El objetivo principal de esta práctica es la realización de un proyecto artístico plástico de aplicación de los fundamentos teóricos sobre los puntos de vista y la anamorfosis. El alumnado realizará una anamorfosis pudiendo usar cualquier técnica. Se pueden usar formatos tradicionales como el libro o el A4, A3 ó el A0, usar espejo o no, presentar vídeos si se realiza in situ en paredes u otro sitio que no se pueda traer a clase. La técnica será libre. Se realizará a partir de un tema: el clima".

En este proyecto comenzamos con un documental, *Una verdad incómoda* (2006). Tras el visionado se plantea el debate, aquí nos permite hablar de los objetivos de un documental de qué manera trata los contenidos y qué se busca. Así también nos permite hablar de la forma de dar las noticias y las características que tienen. Lo bueno de trabajar con un documental que ya tiene casi veinte años es que nos permite hacer un repaso de la evolución y las medidas adoptadas, desde una posición de análisis y crítica hablar de la situación del momento de su realización y de la actual. Además, en nuestro caso se añade un interés en especial de lo que dice Al Gore, nuestras preocupaciones como ciudadanos acaban estando en la agenda de los políticos. Esta idea respalda la conciencia de que nuestras preocupaciones personales sobre la sociedad, educación, identidad, en el momento que se discuten se hablan se trabajan dejan de ser personales para ser política. Y esta idea parte de una premisa feminista, "lo personal es político".

El trabajo práctico se puede hacer individual o en grupo dependiendo del tamaño en el que se quiera trabajar puesto que se puede llevar a cabo con diferentes técnicas pero algunas necesitan un observador o

director que guíe a los dibujantes en el entorno. Así además se añade otra cuestión que es el trabajo en equipo o colaborativo.

FIGURA 2 y 3. *Anamorfosis sobre el clima realizado por Clara Fernández Adriana Gallardo y Natalia Urbaneja (2023)*



Fuente: Clara Fernández, Adriana Gallardo y Natalia Urbaneja

El resultado de esta propuesta varía, hay alumnado que prefiere trabajar desde un campo más enfocado a la naturaleza en sí, sin resaltar los problemas, y más enfocado en la simbología, o el paisaje, o la naturaleza en general. Muchos plantean el problema de la basura y los plásticos, como un problema añadido al entorno, de forma que el problema del

clima no es solo el cambio climático y el dióxido de carbono sino la producción desmedida y el consumo desmedido de nuestro planeta. La mayoría prefiere realizar en grupo este proyecto, centrándose en hacer una pintura mural dentro de la facultad y haciendo visible su proyecto al resto de compañeros de la facultad.



Fuente: Clara Fernández, Adriana Gallardo y Natalia Urbaneja

Por último, entre toda la clase se vota, no de cualquier manera, sino justificando la elección. Hay años que esas elecciones han estado más

ligadas a aspectos emocionales, y otros años lo han hecho con un mayor sentido de la responsabilidad, eligiendo por quien mejor ha expresado la idea, valores, mejor se ha adaptado al lugar haciendo una obra *site specific*, que expresa mayor sensibilidad a la hora de tratar el lugar en relación con la obra. Con estos votos nos aseguramos que la obra permanece un largo tiempo expuesta y visible en sus paredes. El resto se tiene que volver a recuperar la pared blanca para un próximo trabajo mural o de exposición.

FIGURA 4. *Anamorfosis sobre El clima realizada por Rocío Guerra, Ana Guijarro y Lucía Navas (2023)*



Fuente: Rocío Guerra, Ana Guijarro y Lucía Navas

6. CONCLUSIONES

En estos dos proyectos y en sus debates acaban saliendo aspectos que no sólo inciden en un campo, como es la sostenibilidad o la visión personal, sino que siempre acaban resaltando que es de vital importancia la educación en nuestra forma de proceder, desde el núcleo familiar hasta la enseñanza reglada de los colegios, institutos y universidades. También salen los modelos de habitar y los niveles de concienciación y posibles formas de modificar nuestros y otros comportamientos. Así que siempre surgen las formas de proceder y todas las trabas políticas y sociales que tiende a desanimarnos, pero una conclusión que sacamos todos los años es la necesidad de que seamos ejemplos de lo que creemos y no justifiquemos la inacción a partir de lo que no hacen los demás. No se trata de hablar y quejarse, sino de buscar soluciones a partir de la acción. Otro aspecto que suele salir, debido al documental es el uso de la información y los objetivos que se marcan tanto en los documentales como en las noticias diarias. A qué espectadores va destinada la información y qué se busca. Y observamos cómo se cumple, en muchos casos, la frase: si no es mala noticia no es noticia. Esta situación nos hace vivir en un entorno negativo y tóxico, que nuevamente tiende a paralizar o a enervar. Y entonces nos planteamos que ante ese uso de la información debemos de actuar con conciencia y que seamos nosotros los que aportemos luz, tanto a través de dar las buenas noticias, observar el trabajo realizado a nivel comparativo y la necesidad de dar las gracias a aquellas personas que con su trabajo, sus proyectos, su iniciativa nos incentivan y nos inspiran. Por último, queremos destacar que este tipo de propuestas y discusiones nos suele ayudar a renovarnos como docentes y a mejorar las propuestas porque conocemos a través de ellos la visión que tienen, y hay que tener en cuenta que el alumnado que cada vez es más joven y nuestra diferencia generacional no queremos que sea un hándicap. Lo que conseguimos es una gran satisfacción como docentes aprendiendo con el alumnado: Nuevas perspectivas, nuevos compromisos y nuevas formas de enfocar los problemas para buscar nuevas soluciones.

7. REFERENCIAS

Acaso, M. & Megías, C. (2018) Art thinking. Paidós

Borgdorff, H. (2010) El debate sobre la investigación en las artes. En Cairon no. 13, (pp 25-46). Universidad de Alcalá

Carrillo Quiroga, P. (2015) La investigación basada en la práctica de las artes y los medios audiovisuales. Revista Mexicana de Investigación Educativa. RMIE vol.20 no.64. 219-240 Consejo Mexicano de Investigación Educativa En https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662015000100011

Declaración de Bolonia. (1999). Joint declaration of the European Ministers of Education. Bolonia, 19 de junio. Disponible en: http://eees.umh.es/contenidos/Documentos/DeclaracionBolonia.pdf (fecha de consulta 27/12/2022)

Guggenheim, D. (2006) Una verdad incómoda. Lawrence Bender Productions, Participant Media

Hook, B. (2021) Enseñar a transgredir. Capitán Swing

Leavy, Patricia (2009). Method Meets Art, The Guilford Press.

Linaza Vivanco, V. & Sixto Cesteros, R. (2018). laSIA: intersecciones para la investigación artística basada en la práctica. I2 Investigación E Innovación En Arquitectura Y Territorio, 6(2). Universidad de Alicante https://doi.org/10.14198/i2.2018.6.2.09

Marín, T. (2015) Reformulando saberes. Un debate compartido en torno a la investigación en artes visuales. II Congreso Internacional de Investigación en Artes Visuales ANIAV 2015. Disponible en: http://ocs.editorial.upv.es/index.php/ANIAV/ANIAV2015/paper/view/1671 [Consulta: 12-octubre-2023]

Quay, T. Quay, S. (1993) De Artificiali Perspectiva (Anamorphosis). Koninck Studios

Universidad de Málaga (s.f.). BBAA Historia de la Facultad. https://www.uma.es/facultad-de-bellas-artes/info/71042/bbaa-historia-de-la-facultad/

LA EDUCACIÓN DIGITAL COMO VÍA PARA PARA LA CONSECUCIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD Y EL DESARROLLO SOCIAL

NIEVES GUTIÉRREZ ÁNGEL
Universidad de Almería

MARÍA DOLORES PÉREZ ESTEBAN
Universidad de Almería

ISABEL MERCADER RUBIO
Universidad de Almería

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, entendemos que la fundamentación principal para entender el concepto de sostenibilidad nace de la conjunción entre distintos conceptos ampliamente relacionadas con el mundo social, por ejemplo, las preocupaciones sociales, la justicia social, y los derechos humanos. Pero también con otra serie de cuestiones como son el medio ambiente, o la economía, y la educación sostenible (Visser & Elkington, 1999; Willis et al., 2009).

No obstante, este entramado terminológico no es algo cerrado y prefijado, sino que tiene un carácter dinámico y cambiante, donde sus ámbitos se pueden ampliar. Esto es justo lo que ha ocurrido como consecuencia de la digitalización social y de la presencia imperante e inherente de los dispositivos digitales e internet en nuestro día a día. A raíz de ello, podemos entonces considerar que la alfabetización digital supone en la actualidad un elemento indispensable a la hora de pensar en una sociedad sostenible (Williams, 2021).

Precisamente, alfabetizar digitalmente a los ciudadanos debe ser comprendido como una competencia, habilidad o capacidad que en la sociedad actual es necesaria para vivir en la misma, a través de la cual,

los ciudadanos son capaces de usar la tecnología, los dispositivos y las herramientas digitales de una forma cívica, ética, crítica y reflexiva (Martzoukou et al., 2020).

Como gran foco de interés de este trabajo entorno a la sostenibilidad, hemos de aclarar que son muchas las definiciones aportadas en cuanto al mismo, y no todas son coincidentes (Bjornberg et al., 2015). Sin embargo, tal consenso sí aparece a la hora de señalar aquellos aspectos propios de dicho concepto, los cuales se corresponden con la igualdad de oportunidades, el aprendizaje equitativo, la equidad social, la movilidad, la justicia social, la cooperación, la calidad de vida, y el empoderamiento (Ketschau, 2015).

Por ello, si trasladamos al contexto educativo estas cuestiones, bien es cierto que la educación se enfrenta al gran reto de atender a unas necesidades de carácter social en las que debe propiciar al alumnado una educación no solamente eficiente, sino también digital. De esta manera, se estará ofreciendo al alumnado una educación válida y óptima para poder desenvolverse en la sociedad actual (Hamburgo & Lütgen, 2019), pues no olvidemos que vivimos en una sociedad imperiosamente dinámica y de cambios constantes y continuos (De la calle et al., 2021), en la que la presencia y función de los dispositivos digitales e internet es algo inherente a la misma, en todas y cada una de sus áreas: social, organizativa, o educativa (Tripathi & Bajpai, 2021). Donde la educación tiene la gran responsabilidad de propiciar y ofertar la competencia digital de sus alumnos a través de la equidad, la cohesión social y la sociedad sostenible (De la calle et al., 2021), al igual que el bienestar de sus ciudadanos desde un plan social, económico y educativo (Bjornberg et al., 2015).

2. OBJETIVOS

- El objetivo de este trabajo es analizar las publicaciones existentes en la literatura específica sobre la educación digital, la sostenibilidad, y el desarrollo social.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo aplica la metodología de la revisión bibliográfica con la finalidad de analizar y compendiar todos aquellos resultados que desde el año 2020 hasta la actualidad han sido publicados con respecto a la educación digital, la sostenibilidad, y el desarrollo social.

Por lo tanto, la metodología indicada se fundamenta en ejecutar una investigación documental, a partir de la recopilación de información ya existente sobre un tema o problema.

Para llevarlo a cabo, aplicamos un proceso que se divide en cuatro fases:

FASE 1: BÚSQUEDA

Se realizó una búsqueda entre los años 2020 y 2023. Empleando como descriptores "educación digital" and "sostenibilidad" and "desarrollo social". Además, se utilizaron algunas de las indicaciones aportadas por Cooper y Hedges (1994) y Cooper (2009) tales como: revistas revisadas por pares), y referencia bases de datos e índices de citas.

FASE 2: PROCESO DE SELECCIÓN

Sobre estos criterios, las bases de datos en las que se realizó la búsqueda fueron WOS, Scopus, Dialnet, Psicodoc, Psycinfo y Eric. Aplicando como filtros para la búsqueda estuviera a disposición el texto completo, y su idioma de publicación fuese inglés, portugués o español.

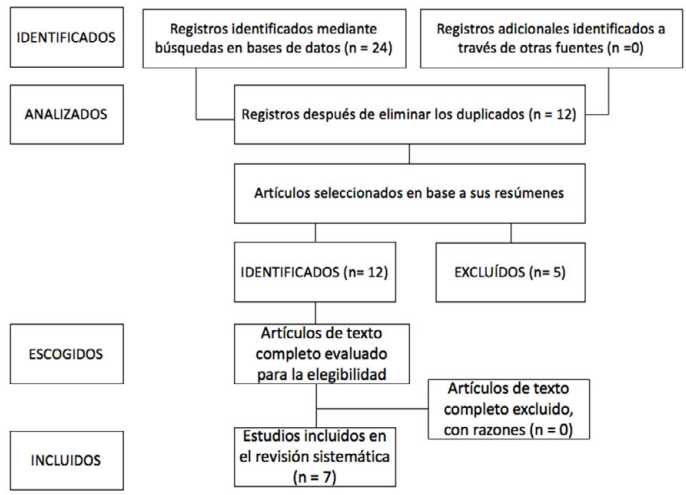
FASE 3: ANÁLISIS METODOLÓGICO

Para seleccionar las investigaciones se siguió la Declaración PRISMA (Moher et al., 2009). De tal manera, inicialmente se encontraron 24 artículos en dicha búsqueda. Tras ello, se procedió a eliminar los duplicados y a revisar tanto el título, como el resumen de cada uno de ellos. Finalmente, el número de trabajos se redujo a 7, los cuales cumplían los siguientes criterios:

1. Son publicaciones que están escritas en español, inglés o portugués comprendidas entre los años 2020 y 2023.
2. Son trabajos publicados en revistas que son revisadas por pares y son estudios empíricos.
3. Abordan el tema de la educación digital, la sostenibilidad, y el desarrollo social.

FASE 4: SÍNTESIS Y APORTACIONES PRINCIPALES DE LOS RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA. (VER FIGURA 1).

***FIGURA 1**. Diagrama de flujo de resultados de búsqueda de estudios empíricos en bases de datos aplicando los criterios (Moher et al. 2009)*



4. RESULTADOS

Los resultados de nuestro trabajo muestran el hecho de que la competencia digital y su promoción desde el ámbito educativo en general, y la educación en particular, tiene una relación directa y positiva en dos grandes vertientes. La primera de ellas relacionada con la propia competencia en sí, puesto que mejora sus niveles y destrezas. Y la segunda vertiente, relacionada en este caso con ser el camino para conseguir el esperado y deseado desarrollo sostenible y educativo de la sociedad (Ángel et al., 2022; Lahmidi et al., 2019). Por lo que, si realmente desde

la educación apostamos por la promoción de la competencia digital, también lo estaremos haciendo hacia una sociedad no solamente más digital, sino también más sostenible (De la Calle et al., 2021).

Por ello, el principal resultado de este estudio viene a demostrar que la competencia digital, su promoción, y tratamiento en el ámbito educativo son el camino para una sociedad más sostenible (Colás-Bravo et al., 2021). Los resultados encontrados además resaltan el hecho de que es la propia sociedad sostenible la que es un componente esencial para obtener una plena accesibilidad a la competencia digital, por lo que podemos establecer que nuestros resultados demuestran el hecho de que la relación entre la competencia digital y la sostenibilidad además de ser directa y positiva, es también direccional, en el sentido en que ambas están influidas una por la otra (De la Calle et al., 2021).

De ahí también derivan muchas de las publicaciones encontradas, que en este sentido apuestan por la importancia que tiene desde el ámbito educativo tratar estos temas a partir de programas específicos para ello, prácticas educativas innovadoras, o la implementación de nuevos recursos educativos relacionados con ambos conceptos (Eizenberg & Jabareen, 2017). Desde los cuales, hemos de comenzar a pensar en los dispositivos digitales e internet como herramientas educativas, pero también como elementos inherentes a la sociedad, y por tanto, a la educación, para a partir de su uso y empleo promover un tipo de aprendizaje mucho más motivador, dinámico, flexible y humanizado hacia nuestros alumnos (Napal et al., 2020).

Además, podemos afirmar que los resultados encontrados se corresponden con una relación correlacional, directa y positiva con el devenir de los años, es decir, el número de publicaciones con respecto a estos temas ha ido en aumento con el paso de los años, y supone en la actualidad un tema muy prevalente en la investigación educativa (Bucea-Manea et al., 2020).

No obstante, hemos de destacar que a pesar de los resultados principalmente positivos encontrados con respecto a nuestra temática, se da el hecho de que no todas las dimensiones del desarrollo sostenible (veáse la introducción cada una de ellas) no son tratadas por igual desde la

literatura científica especializada del tema, ni desde la investigación educativa sobre este tema. Así, mientras que la equidad suele ser muy investigada, (Cai et al., 2022) como ejemplo de ello son diversos estudios encontrados, no ocurre lo mismo cuando el foco de interés se pone en otros componentes de la sostenibilidad. Como ejemplo de ello encontramos que el número de investigaciones es mucho menor cuando se trata de abarcar aspectos como las emociones, el apoyo social o los determinantes psicológicos que pueden influir en los dos focos temáticos principales de este trabajo (Saito, 2013).

5. DISCUSIÓN

En una sociedad donde la presencia y el dominio de los dispositivos digitales e internet poseen una notoriedad enorme hemos de apostar por el hecho de fomentar su correcto empleo a través de la educación y del fomento de la alfabetización digital y de la competencia digital. Solamente de esta manera conseguiremos por un lado tener a unos ciudadanos digitalmente alfabetizados, y por otro, promover un tipo de sociedad más sostenible bajo la promoción de valores como la equidad, la justicia social, o la propia sostenibilidad a nivel social (Cebrián & Junyent, 2015).

Por ello, desde estas líneas queremos apostar por un concepto de educación amplio y diverso, en la que la misma no se corresponde únicamente con una instrucción, sino un tipo de educación basada en la promoción plena de valores y actitudes relacionadas con el desarrollo pleno e integral de la persona, y principalmente relacionados con la erradicación de todas aquellas barreras sociales que puedan existir, ya sean de tipo social (como la pobreza, o la exclusión) (Delors, 1996), como de tipo digital. En este último caso claramente nos estamos refiriendo a la brecha digital como un tipo de exclusión social.

De esta manera, la principal conclusión a la que llega nuestro trabajo es a la demostración del hecho de que entre la sostenibilidad y la justicia social no solamente existe una relación directa y positiva, en la que una influye sobre la otra, sino de que la relación entre ambas es direccional,

y de alguna manera podemos afirmar que una depende de la otra, o dicho en otras palabras, una mejora a la otra, y la otra mejora a la una.

Además, en vista de nuestros resultados queremos resaltar el hecho de que futuras líneas de investigación deben apostar por la investigación de todas las dimensiones de la sostenibilidad y darle un mayor peso investigador al análisis de la relación entre la competencia digital y las emociones, el apoyo social o los determinantes psicológicos que pueden influir en los dos focos temáticos principales de este trabajo. Por lo que futuras líneas de investigación intentarán analizar la influencia de aspectos como la inteligencia emocional en la competencia digital y en la sostenibilidad para indagar acerca de cuál es la relación entre estos tres constructos.

6. CONCLUSIONES

En definitiva, a lo largo de este trabajo cuando nos referimos a la sostenibilidad y la educación lo hacemos desde una perspectiva educativa totalmente relacionada con tres ideas básicas o premisas que hemos de promocionar: la primera idea es la apuesta por una educación inclusiva que no deje a nadie atrás por el motivo que sea, y en la que todos los alumnos tienen su sitio. La segunda idea es una educación basada en la igualdad y en la no segregación indistintamente del motivo que pudiera justificarla. Y, la tercera idea es la calidad educativa, es decir la formación plena de ciudadanos competentes.

En relación con el concepto de competencia nos gustaría indicar que es aquí donde los dispositivos digitales e internet se convierten en herramientas educativas al servicio de la educación, junto con la promoción de la competencia digital y de la apuesta de nuevos conocimientos (Carrión-Martínez et al., 2020; Mata et al., 2020; Ramírez-Montoya, MS; García-Peñalvo, 2017).

7. REFERENCIAS

Ángel, N., García-Sánchez, J. N., Mercader-Rubio, I., García-Martín, J. & Brito-Costa, S. (2022). Digital Competence, Validation and Differential Patterns between Spanish and Portuguese Areas as Assessed from the Latest PISA Report as a Pathway to Sustainable Education and Social Concerns. Sustainability, 14(19), 12721.

Bjornberg, KE., Skogh, I.-B. & Strömberg, E. (2015). Integración de la sostenibilidad social en la educación en ingeniería en el KTH Royal Institute of Tecnología. J. Sostener. Alto. Educ., 16, 639–649.

Bucea-Manea-T.R., Bucea-Manea-T., Simón, VE., Illic, D., Braicu, C. & Manea, N. (2020). Sostenibilidad en la educación superior: La relación entre el equilibrio entre el trabajo y la vida personal y las instalaciones de e-learning XR. Sustainability, 12, 5872

Cai, Y., Wang, L., Bi, Y. & Tang, R. (2022).¿Cómo puede la comunidad profesional influir en el compromiso laboral de los docentes? El papel mediador de la autoeficacia docente. Sustainability, 14, 10029.

Carrión-Martínez, J.J., Luque-de la Rosa, A., Fernández-Cerero, J. & Montenegro-Rueda, M. (2020). Tecnologías (TIC) en Educación para Desarrollo Sostenible: Una Revisión Bibliográfica. Sustainability, 12, 3288.

Cebrián, G. & Junyent, M. (2015). Competencias en Educación para el Desarrollo Sostenible: Explorando la Mirada de los Estudiantes de Docencia. Sustainability, 7, 2768–2786

Colás-Bravo, P., Conde-Jiménez, J. & Reyes-de-Cózar, S. (2021). Sostenibilidad y Competencia Digital Docente en la Educación Superior. Sustainability, 13, 12354

De la Calle, AM., Pacheco-Costa, A., Gómez-Ruiz, M.Á. & Guzman-Simon, F. (2021). Entendiendo la Competencia Digital Docente en el Marco de Sostenibilidad Social: Una Revisión Sistemática. Sustainability, 13, 13283

Delors, J. (1996). Aprendizaje: El tesoro interior. En Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI.

Eizenberg, E. & Jabareen, Y. (2017). Sostenibilidad social: un nuevo marco conceptual. Sustainability, 9, 68.

Hamburgo, I. & Lütgen, G. (2019). Brecha digital, inclusión digital y educación inclusiva. Adv. Soc. ciencia Res. J., 6, 193–206

Ketschau, T.J. (2015). La Justicia Social como Vínculo entre la Sostenibilidad y las Ciencias de la Educación. Sustainability, 7, 15754–15771

Lahmidi, MB., Huerta, RMM. & Serra, SC. (2019). Tecnologías digitales y educación para el desarrollo sostenible. Un análisis de la produccion cientifica. Pixel-Bit Rev. Medios Educ., 54, 83–106

Martzoukou, K., Fulton, C., Kostagiolas, P. & Lavranos, C. (2020). Un estudio de las competencias digitales autopercibidas de los estudiantes de educación superior para el aprendizaje y la participación en línea en la vida cotidiana. Rev. Iberoam. Educ. Distancia, 20, 283–303

Mata, L., Clipa, O. & Tzafilkou, K. (2020). Desarrollo y Validación de una Escala para Medir la Actitud de los Docentes Universitarios hacia el Uso Ético de las Tecnologías de la Información para una Educación Sostenible. Sustainability, 12, 6268.

Napal, M., Mendióroz-Lacambra, AM. & Penalva, A. (2020). Herramientas didácticas de la sostenibilidad en la era digital. Sustainability, 12, 3366.

Ramírez-Montoya, M.S. & García-Peñalvo, F.J. (2017). La integración efectiva del dispositivo móvil en la educación y en el aprendizaje. Rev. Iberoam. Educ. Distancia, 20, 29–47.

Saito, K. (2013). Preferencias sociales bajo riesgo: Igualdad de oportunidades versus igualdad de resultados. Soy. economía Rev., 103, 3084–3101.

Tripathi, S. & Bajpai, A. (2021). Viviendo en el mundo de hoy: Reflexiones sobre las interacciones entre la tecnología y los patrones relacionales humanos. Tecnología Soc., 67, 101706

Visser, W. & Elkington, J. (1999). Caníbales con tenedores. Publicación Capstone.

Williams, J. (2021). Clics Contra la Humanidad: Libertad y Resistencia en la era de la Distracción Tecnológica-. Gatopardo Ensayo.

Willis, P., McKenzie, S. & Harris, R. (2009). Introducción: Desafíos en la educación vocacional y de adultos para la sustentabilidad social. En Repensar el trabajo y el aprendizaje. Educación Vocacional y de Adultos para la Sostenibilidad Social.Springer.

PRÁCTICAS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN ESCUELAS DE TIJUANA: APLICACIÓN DE UN MODELO METODOLÓGICO CREADO EN EL PROYECTO ECOPARQUE PARA LA FORMACIÓN DE DOCENTES EN TORNO AL CAMBIO CLIMÁTICO

XIOMARA MARINA DELGADO RODRÍGUEZ
El Colegio de la Frontera Norte

HUMBERTO GONZÁLEZ GALBÁN
El Colegio de la Frontera Norte

TANIA EVELYN BERMÚDEZ REYES
El Colegio de la Frontera Norte

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SURGIMIENTO DEL PROYECTO ECOPARQUE

El Proyecto Ecoparque fue creado en 1993 en la ciudad de Tijuana, Baja California, México, como resultado de la materialización de un estudio académico cuyo fin era demostrar que la descentralización del tratamiento de las aguas residuales representa un recurso que puede ser administrado y aprovechado por las ciudades donde la lluvia y los recursos hidrológicos son escasos. Fue así que un equipo de investigadores del Departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente de El Colegio de la Frontera Norte, así como otras instituciones nacionales y extranjeras, se sumaron al esfuerzo de lograr el Proyecto Ecoparque.

Debido a que Ecoparque se ubica sobre una ladera de la ciudad donde prevalece el clima mediterráneo, las plantas que son sembradas y regadas con las aguas tratadas reciben los rayos del sol de manera

perpendicular y se desarrollan manteniendo verde la ladera durante todo el año y aumentando la calidad de vida de los habitantes.

1.2. Educación ambiental para la comunidad Tijuanense

El programa de educación ambiental de Ecoparque se basa en prácticas de vinculación con los medios educativos con la finalidad de inculcar el respeto, el interés y el amor por el planeta, y contribuir a la formación de ciudadanos responsables capaces de convivir en armonía con la naturaleza. El propósito es crear conciencia sobre la importancia de los temas ambientales y generar un cambio de actitud en estudiantes, maestros y en la comunidad en general que visita las instalaciones.

1.3. Curso-taller para docentes

Debido al interés expresado por la comunidad docente de la ciudad de Tijuana en torno a los temas ambientales, surgió la idea de crear un programa formativo en torno al tema del cambio climático debido a que es quizá el mayor reto socioambiental al que se enfrenta la humanidad en este siglo.

El curso-taller fue diseñado e impartido en Ecoparque debido a las facilidades que ofrece el entorno natural para enriquecer la experiencia y los aprendizajes significativos. El curso se impartió a docentes de educación básica y media superior, y estuvo encaminado a sensibilizar sobre el tema del cambio climático, sus causas y sus posibles consecuencias.

Es un curso abierto y flexible, con características de enseñanza no formal, cuya finalidad es facilitar la comprensión de maestros y alumnos en torno a la estrecha vinculación que puede establecerse y las oportunidades que ofrecen centros como Ecoparque para desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje de calidad.

2. OBJETIVOS

2.1 Transformar el paradigma educativo

Se espera que los docentes desarrollen las siguientes competencias:

- Desarrollar la capacidad creativa y crítica para ejercer la educación fuera de los esquemas tradicionales.
- Reconocer la importancia de observar y escuchar las diversas formas de expresión de los educandos.
- Implementar prácticas cotidianas de apreciación y preservación del medio ambiente en el entorno escolar.
- Fomentar en los estudiantes el interés, el respeto y el amor por los recursos del planeta a través de actividades didácticas y recreativas.
- Educar desde un enfoque constructivista que se adapta a las necesidades e intereses de los estudiantes.
- Ofrecer un espacio significativo para el aprendizaje a través de la integración interdisciplinaria.
- Desarrollar actividades grupales que estimulen el aprendizaje a través de la curiosidad, la creatividad y las experiencias vivenciales.
- Combinar aprendizajes independientes y en cooperación que se adapten a cada estudiante y a sus habilidades particulares, utilizando métodos centrados en el alumno.
- Promover el contacto con el entorno natural como vía para el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Reflexionar en torno a que el marco institucional y metodológico de la escuela no es necesariamente siempre el más idóneo para atender todas las necesidades y demandas educativas que se presentan.

3. METODOLOGÍA

La metodología del curso está basada en el Diseño Integral Curricular Instruccional y Formativo (DICIF) (Uriegas, 2002), el cual resalta la importancia de combinar el trabajo grupal tanto por objetivos como por

temas, donde la retroalimentación y la evaluación son constantes para avanzar con lo programado en cada sesión.

El DICIF permite crear planes de estudio, programas, cursos y clases con una perspectiva integral ya que muestra claramente hacia dónde dirigir el conocimiento y permite determinar cuándo y cómo se alcanzarán los objetivos. Los temas, contenidos y materiales son tan importantes como los distintos tipos de objetivos y, al trabajar conjuntamente, proporcionan experiencias formativas y aprendizajes significativos.

Una de las funciones primordiales de esta metodología es que permite organizar las experiencias de enseñanza, aprendizaje, formación y desarrollo de los docentes participantes del curso-taller. La metodología incluye objetivos de instrucción que tienen en cuenta tres aspectos fundamentales para el mejor desarrollo del aprendizaje: 1) las condiciones en las que se realizan las actividades, 2) la conducta observable tanto de alumnos como de maestros, y 3) los criterios de evaluación. Estos últimos indican si se puede continuar con las actividades o si es necesario regresar al punto de partida.

Al utilizar el Diagrama Organizacional del curso es relevante tener siempre en cuenta que el diseño se realiza de arriba hacia abajo, iniciando con la descripción del propósito. Sin embargo, la aplicación del programa se efectuará en el sentido de las flechas, de abajo hacia arriba, iniciando con la revisión de los pre-requisitos.

La metodología propuesta en este curso-taller titulado “El fortalecimiento de la gestión ambiental escolar en Baja California” fue fundamentalmente práctica y dinámica para fomentar en los docentes la participación, la reflexión y el aprendizaje de los temas abordados. Así mismo, se espera que se consideren partícipes y protagonistas de la mejora ambiental del entorno escolar y de su casa.

En el curso participaron 37 docentes distribuidos en 30 profesores de primaria, 2 profesores de secundaria y 5 de preparatoria. La duración del curso-taller fue de 20 horas distribuidas en cinco sesiones de trabajo. Cada sesión tuvo una duración de cuatro horas (de 8:00 a.m. a 12.00 p.m.) y se realizó una sesión por semana, lo que permitió poder garantizar la asistencia de los maestros participantes.

En la sesión 1 se realizó una evaluación diagnóstica del tema a los docentes participantes con la aplicación de un pre/test. En la sesión 5 se realizó la evaluación sumativa de los conocimientos de los alumnos-profesores a través de un post/test y también se efectuó la evaluación final del curso a través de un modelo. Además, cada docente realizó su autoevaluación. En cada sesión del curso se realizaron evaluaciones formativas como lo indican los objetivos de instrucción.

Como mecanismo de seguimiento y evaluación del curso dentro de la metodología, se elaboró un instrumento de medición para aplicarlo a los alumnos de los profesores capacitados seis meses después de haber tomado el curso. Con esto se pudo verificar si los profesores habían puesto en práctica con sus alumnos las estrategias didácticas recomendadas para generar cambios de actitud con respecto al cuidado del medio ambiente. Además, los docentes tenían la consigna de abrir espacios de reflexión y de concreción de actividades que contribuyeran al logro de aprendizajes significativos (Novo, 1996).

La etapa final consistió en la aplicación de un cuestionario a los alumnos de los docentes para conocer sus percepciones sobre la manera en que los maestros les facilitaron los conocimientos sobre cambio climático. Este cuestionario fue aplicado a una muestra de alumnos que se seleccionó teniendo como fundamento la "Teoría elemental del muestreo" planteada por Yamane (2005).

3.1. Diseño del curso-taller

3.1.1. Título

> "El fortalecimiento de la gestión ambiental en el ámbito escolar en Baja California"

3.1.2. Propósito

Enriquecer el conocimiento sobre el tema del cambio climático en profesores de enseñanza básica y media superior.

3.1.3. Meta instruccional y formativa del curso

Lograr que los docentes puedan acometer iniciativas con los alumnos que contribuyan a mitigar el fenómeno de cambio climático e informar con claridad sobre el impacto del hombre en el medio ambiente.

3.1.4. Objetivo general del curso

Facilitar a los docentes de educación básica y media superior, de una forma clara y fundamentada, una visión de conjunto sobre el cambio climático para que puedan comunicar eficazmente los problemas derivados del mismo y las posibilidades para afrontarlo individual y colectivamente, y promover valores y estilos de vida compatibles con el uso moderado de la energía y de tecnologías limpias.

TABLA 1.

Sesión 1 **Temas**	**Sesión 2** **Temas**	**Sesión 3** **Temas**	**Sesión 4** **Temas**	**Sesión 5** **Temas**
1-Bienvenida. 2-Presentación del programa y sus temas centrales. Para abordar el cambio climático desde la labor docente. 3- ¿Qué se entiende por cambio climático y cómo se puede abordar a través de la educación ambiental? 4-El papel que juega el docente.	El sonido de la naturaleza interior y exterior vs el cambio climático. 1-Percepción auditiva en contacto con el medio ambiente. Limpieza de oídos. 2-Musicoterapia. El sonido del cuerpo y de la naturaleza. 3-Sonidos de la naturaleza y su relación con el descanso mental. 4-Sonidos internos y su relación con el descanso mental.	Mitigación y adaptación regional frente al cambio climático. 1-Componente natural y antropogénico frente al cambio climático. 2-Vulnerabilidad. 3-Mitigación y adaptación al cambio climático.	ECOPARQUE desarrollando estrategias para combatir al cambio climático. 1-Tratamiento de aguas residuales. 2-Reforestación. 3-Lombricompostaje. 4-Elaboración de composta casera. 5-Siembra. 6-Elaboración del papel reciclado.	Desarrollo de elementos aplicables a la gestión ambiental escolar relacionados con el cambio climático. 1-Educación para la sostenibilidad. 2-Biodiversidad y educación. 3-Cambio climático, género y desastres naturales. 4-Importancia de desarrollar estrategias para luchar contra los efectos del cambio climático desde la escuela. 5-Evaluación del curso. 6-Cierre del curso.

Fuente: elaboración propia

3.1.5 Pre-requisitos para asistir al curso

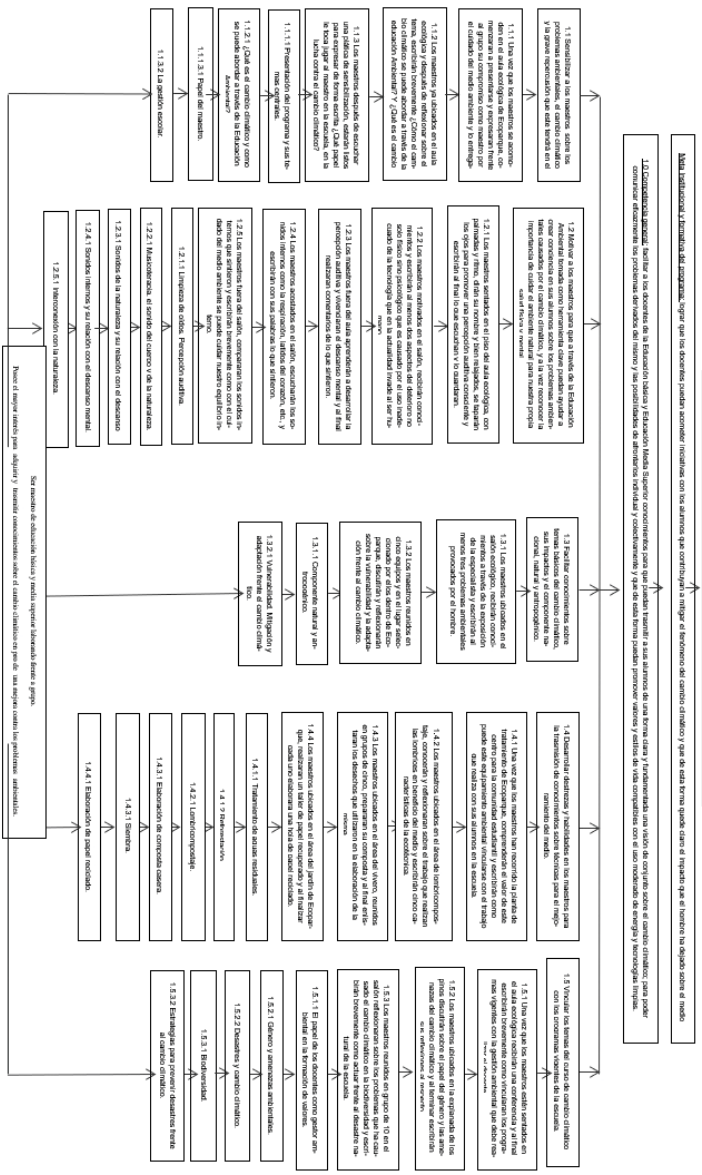
- Ser maestro de educación básica y media superior laborando frente a un grupo.
- Poseer el mayor interés para adquirir y transmitir conocimientos sobre el cambio climático en pro de una mejora contra los problemas ambientales.

El diseño curricular se apoya en los objetivos y los temas para lograr un proceso educativo-formativo que muestra cómo organizar la experiencia de enseñar y aprender. Además, deja claro que sólo se puede asesorar, orientar y guiar a otros con la plena conciencia de la responsabilidad que esto implica. El curso se diseñó además por un modelo integral; la construcción del conocimiento se desarrolló a través de la incorporación de conceptos, categorías y definiciones, por la discusión, análisis y reflexión de los temas tratados y la construcción de soluciones, así como por los compromisos asumidos, de acuerdo con lo planteado por Delgado (2004).

3.2. Análisis y discusión de los resultados del curso para docentes

El curso-taller fue aplicado a 37 docentes de enseñanza básica y media superior pertenecientes a 16 escuelas de Tijuana, las cuales fueron distribuidas de la siguiente forma: nueve de enseñanza primaria, uno de nivel secundaria y seis de enseñanza media superior. En el curso participaron 22 mujeres y 15 hombres. El diseño del cuestionario consta de una pregunta abierta, cuatro cerradas y el resto de opción múltiple. Este se aplicó en dos momentos importantes del curso.

FIGURA 1.



3.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PRE Y EL POST/TEST

El pre/test fue aplicado a los 37 docentes que participaron en la sesión uno (inicio) del curso-taller y el post/test, por su parte, fue aplicado en la sesión cinco (final) a los 31 maestros que asistieron.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en cada pregunta y se realiza un breve análisis.

3.3.1. Exprese brevemente con sus palabras ¿qué entiende por cambio climático?

TABLA 2.

Pre/test	Respuesta (Enfocan el cambio climático a los problemas que ocurren en el clima.)		Respuesta (Se pronuncian por los cambios del clima, pero involucran la acción del hombre.)	
	f	%	f	%
	22	59	15	41
Post/test	Respuesta (Enfocan su respuesta a los problemas de la alteración del clima por la variabilidad natural y también incluyen las actividades antropogénicas.)		Respuesta (Enfocan su respuesta a la modificación del clima con respecto a su historial climático a escala global.)	
	f	%	f	%
	19	61.2	12	39.8

Fuente: elaboración propia

En la tabla 2 se observa como las respuestas en el post/test tomaron otro sentido ya el 61.2% de los participantes del curso enfocan su respuesta a los problemas de la alteración del clima por la variabilidad natural y también incluyen las actividades antropogénicas.

Se pudo observar que las respuestas en el post/test estuvieron muy bien fundamentadas en relación con las del pre/test.

3.3.2. ¿Considera usted que los maestros deban tener actualizados sus conocimientos sobre los problemas que puede causar el cambio climático?

- 1. Sí
- 2. No ¿Por qué?
- 3. No sé

TABLA 3.

	Sí		No		No sé	
Pre/test	f	%	f	%	f	%
	37	100	0	0	0	0
	Sí		No		No sé	
Post/test	f	%	f	%	f	%
	31	100	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

En el pre/test todos contestaron la pregunta con la respuesta Sí, ya que consideran importante que los docentes deban de tener actualizados sus conocimientos sobre los problemas que puede causar el cambio climático coincidiendo con lo planteado por Steiner (2007).

Algo singular ocurrió ya que 20 de los encuestados que representa el 54 % justificaron su respuesta, cuando se les pedía que sólo se justificara si la respuesta era No. Por lo que contestaron correctamente la pregunta sólo 17 maestros que representan el 46%. Esto nos indica que los maestros no interpretaron correctamente lo que se pedía en la pregunta.

En el post/test también todos contestaron que Sí, que los maestros necesitan actualizarse en estos temas. A diferencia del pre/test, 22 docentes que representan el 70.9% contestaron correctamente, sólo 9 educadores que representan el 22% no comprendieron bien la pregunta.

3.3.3. ¿Cree usted que algunos maestros no están motivados y sensibilizados para trabajar los temas relacionados con el cambio climático? ¿Por qué?

a. Tienen insuficiente preparación profesional.

b. Consideran otros temas importantes.

c. Son temas nuevos para ellos.

d. Otra respuesta. Explique.

TABLA 4.

Pre/test	f	%
a) Tienen insuficiente preparación profesional.	4	11
b) Consideran otros temas más importante.	21	57
c) Son temas nuevos para ellos.	4	11
d) Otra respuesta.	4	11
Post/test	f	%
a) Tienen insuficiente preparación profesional.	4	12.9
b) Consideran otros temas más importantes	16	51.6
c) Son temas nuevos para ellos.	9	29
d) Otra respuesta.	2	6.5

Fuente: elaboración propia

En el pre/test, tres docentes no contestaron la pregunta y uno contestó que los maestros si están motivados para trabajar los temas relacionados con el cambio climático. Por su parte en el post/test todos contestaron el reactivo.

La mayor frecuencia de las respuestas tanto al inicio como al final del curso-taller recaen en que los maestros "consideran otros temas más importantes" con un 57% un 51.6% respectivamente, seguida por la opción "son temas nuevos para ellos", en el alcanza un dos % que se comparte con las respuestas de los incisos *a* y *d*.

En el caso del post/test, una vez que los maestros han tomado el curso el 29 % reconoce que "son temas nuevos para ellos" y el 12.9 % asegura que los docentes "tienen insuficiente preparación profesional".

A continuación, se plantean las respuestas que se recogieron de los maestros en el inciso *d* de la pregunta.

- Consideran que es otra carga de trabajo y no las consideran en los planes de estudio.
- Falta de información. -Desconocimiento del tema.
- Es insuficiente el tiempo para cubrir los contenidos y por eso se les dedica poco tiempo a las actividades relacionadas con el cambio climático.

– Los maestros adquieren conocimientos, pero después le da miedo el cambio porque su compromiso con el medio es muy pobre y no han comprendido el peligro al que nos exponemos.

3.3.4. ¿Cree usted que es suficiente lo que se facilita en las clases a los alumnos sobre el cambio climático?

1. Sí
2. No ¿Qué faltaría?
3. No sé

TABLA 5.

Pre/test	Sí		No		No sé	
	f	%	f	%	f	%
	5	14	29	78	0	0
Post/test	Sí		No		No sé	
	f	%	f	%	f	%
	2	6.5	29	93.5	0	0

Fuente: elaboración propia

En el pre/test tres maestros no contestaron la pregunta, mientras que en el post/test todos lo hicieron.

Como se observa en la Tabla 5, en el pre/test es mayor la cantidad de maestros que dicen que sí es suficiente lo que se da en clases con respecto al post/test, lo cual indica que los docentes una vez que han tomado el curso-taller se dan cuenta que no es suficiente lo que se les facilita a los alumnos.

A continuación, se presentan las respuestas de los maestros en cuanto a la justificación que no es suficiente lo que se les facilita a los alumnos y al contestar la pregunta ¿qué le faltaría? plantearon:

En el pre/test:

– Los maestros necesitan orientación y preparación.

– A los maestros le falta capacitación.

– Los maestros necesitan cambio de actitud.

– Participación activa del maestro en estos temas.

– Espacios donde los maestros puedan llevar los alumnos.

– En el post/test

– Llevar acciones prácticas y vivenciales como las de este curso.

– Implementar acciones dentro de las escuelas para que los alumnos lo manifiesten en la vida diaria.

– No solo abordar el tema de forma conceptual para preparar a los alumnos para contestar un examen, si no prepararlos para la vida y poder enfrentar el fenómeno.

– Impulsar a los jóvenes a desarrollar proyectos o propuestas para dar soluciones a problemas ambientales.

3.3.5. ¿Considera usted que es necesario el cuidado del medio natural para beneficiar su propia salud mental?

1_____ Sí
2_____No ¿Por qué?

TABLA 6.

Pre/test	Sí		No		No sé	
	f	%	f	%	f	%
	37	100	0	0	0	0
Post /test	Sí		No		No sé	
	f	%	f	%	f	%
	31	100	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se puede observar que tanto en la aplicación de pre/test como en el post/test el 100% de los maestros responden a favor del cuidado del medio ambiente para favorecer la salud mental.

En el caso del pre/test las respuestas fueron encaminadas a que la salud mental es consecuencia en parte de la salud física y ésta a su vez se ve beneficiada con el cuidado del medio ambiente.

3.3.6. ¿Conoce usted, qué consecuencias del cambio climático enfrentamos en la región?

1_____ Sí. Explique
2_____ No. ¿Por qué?
3_____ No sé

TABLA 7.

Pre/test	Sí		No		No sé	
	f	%	f	%	f	%
	28	76	9	24	0	
Post/test	Sí		No		No sé	
	f	%	f	%	f	%
	31	100	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

En las respuestas del pre/test se observa que los maestros no saben con seguridad qué consecuencias tiene el cambio climático en la región, aunque la mayoría haya contestado que sí. Las respuestas que se dieron fueron muy generales como la extinción de especies, la escasez del agua, cambios de temperatura, etc.

- La contaminación de la ciudad por los residuos plúmbicos que despiden la cantidad de autos que hay en Tijuana.
- Riesgo de que aumente el nivel del mar en las costas de Tijuana, Rosarito y Ensenada lo que puede traer graves consecuencias.
- La saturación que presentan los suelos que provocan que cuando llueve se deslavan los cerros.
- La erosión que se provoca en el suelo con los vientos, haciendo que la capa vegetal se debilite y de esa forma no puedan germinar las semillas, favoreciendo la deforestación.

3.3.7. Considera usted que los cursos de capacitación desarrollados en lugares como Ecoparque darán la posibilidad a los docentes de participar en programas fuera de la escuela proporcionándoles ventajas para el desarrollo de su trabajo.

Enumere en orden de importancia la respuesta, donde el número 1 significa la mayor puntuación.

1. Les proporciona ventajas para el desarrollo de su trabajo.
2. Se vuelven más entusiastas y comprometidos con la educación que en cualquier otro momento de su carrera.
3. Encuentran mayor oportunidad de explorar nuevos temas y progresar en su crecimiento profesional.
4. Demuestran mayor voluntad para aspirar a nuevos métodos de enseñanza, para aplicarlos en diferentes actividades con sus alumnos.
5. Se convierten en agentes de cambio dentro de las escuelas.
6. Otra respuesta.

TABLA 8. A

Pre /test	f	%
(01) Les proporciona ventajas para el desarrollo de su trabajo.	2	6
(02) Se vuelven más entusiastas y comprometidos con la educación que en cualquier otro momento de su carrera	7	19
(03) Encuentran mayor oportunidad de explorar nuevos temas y progresar en su crecimiento profesional.	3	8
(04) Demuestran mayor voluntad para aspirar a nuevos métodos de enseñanza, para aplicarlos en diferentes actividades con sus alumnos.	8	22
(05) Se convierten en agentes de cambio dentro de las escuelas.	16	43
(06) Otra respuesta	1	2

Fuente: elaboración propia

TABLA 8. B

Post/test	f	%
(01) Les proporciona ventajas para el desarrollo de su trabajo.	2	6.5
(02) Se vuelven más entusiastas y comprometidos con la educación que en cualquier otro momento de su carrera	2	6.5
(03) Encuentran mayor oportunidad de explorar nuevos temas y progresar en su crecimiento profesional.	3	10
(04) Demuestran mayor voluntad para aspirar a nuevos métodos de enseñanza, para aplicarlos en diferentes actividades con sus alumnos.	3	10
(05) Se convierten en agentes de cambio dentro de las escuelas.	21	67
(06) Otra respuesta	0	0

Fuente: elaboración propia

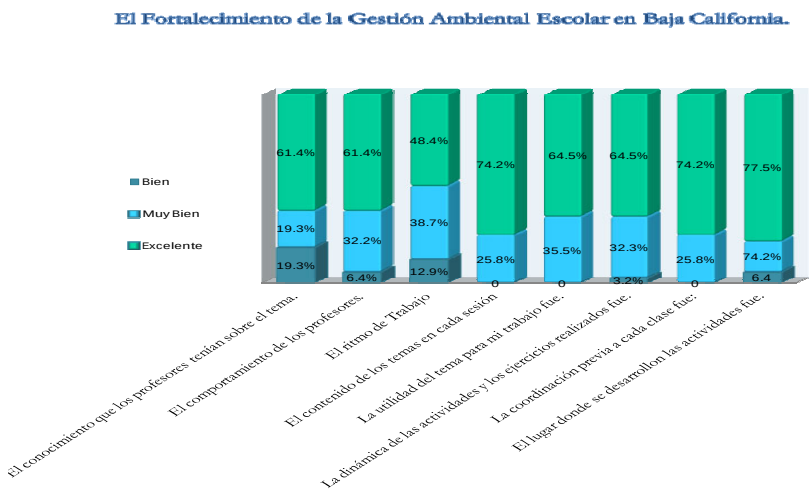
De acuerdo a lo presentado en las tablas 8.A y 8.B, se observa que tanto en el pre/test como en el post/test los mayores porcentajes de respuestas se obtienen en la opción (05) que los maestros "se convierten en agentes de cambio dentro de las escuelas."

La pregunta fue diseñada para arribar a esta respuesta y el objetivo se cumplió ya que en el pre/test sólo el 43 % de los participantes tomó como fundamental esta opción, sin embargo, si observamos el post/test una vez que los maestros tomaron el curso de capacitación se dieron cuenta que, si ellos no trabajan para lograr el cambio dentro de sus escuelas, nada funcionará y las respuestas en esta opción alcanzaron un 67 %.

3.4. Análisis de la evaluación final del curso

La evaluación final del curso se realizó al terminar la Sesión 5. En la heteroevaluación participaron 31 docentes.

GRAFICO 1.



Fuente: elaboración propia

3.5 ¿DE QUÉ MANERA PIENSAN UTILIZAR LOS DOCENTES LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS EN EL CURSO-TALLER?

- En mi vida diaria, en mi trabajo y llevar la información adquirida a más personas.
- En transmitirlo a mis alumnos y sensibilizarlos acerca del problema.
- Compartir con mis compañeros maestros, así como trabajar lo aprendido con mis alumnos.
- Con mis alumnos iniciaré con el nuevo curso, diseña el cambio, donde se trabajará con un tema de ecología.
- En la elaboración de un proyecto con mis alumnos en la escuela donde laboro.
- En sensibilizar a mis alumnos sobre los riesgos del cambio climático, para poder reducir el impacto en lo posible.

– En mi vida personal y profesional, en el trabajo con mis alumnos, no solo como un contenido curricular sino como una forma de vida.

– Utilizar los datos de la información recibida para contextualizar los temas en el aula.

– En restaurar el proyecto de Ecología del plantel, en ser multiplicador del taller y en familiarizar a los compañeros de la escuela que no pudieron asistir.

– En las secuencias didácticas de mi práctica.

– En informar a mi comunidad lo aprendido, para hacer consciencia en los alumnos sobre el cambio climático.

– Sin duda trabajaré con mis alumnos para hacer promover el cambio que he tenido para beneficio del entorno. Compartir lo aprendido para hacer una transformación tanto personal como pedagógica docente.

3.6. Metodología para la aplicación del cuestionario a los alumnos sobre su percepción en torno a los conocimientos compartidos por los maestros que participaron en el curso-taller sobre cambio climático en Ecoparque.

Para dar seguimiento a la evaluación del curso se aplicó el "Cuestionario sobre la percepción de la aplicación de los conocimientos de los maestros que participaron en el curso sobre cambio climático en Ecoparque". El mismo evaluó la pertinencia de continuar con este curso para los años siguientes, tomando en cuenta los comentarios de los docentes participantes y mediante la aplicación de instrumentos de seguimiento (cuestionario) a los estudiantes de los profesores que participaron en el curso de actualización.

3.6.1. Objetivo

Conocer si los maestros que participaron en el curso facilitaron la información y los conocimientos a sus alumnos durante los seis meses posteriores a la experiencia de tomado el curso.

El propósito de la aplicación de este cuestionario es evaluar qué aprendizajes se lograron, de qué manera se obtuvieron, qué favoreció su logro, así como cuáles no se consiguieron y por qué.

3.6.2. Selección de la muestra

De acuerdo con lo planteado por Yamane (2005) en la "Teoría elemental del muestreo".

TABLA 9.

Tamaño de la muestra	Cantidad de alumnos
31 grupos de primaria/ 35 alumnos cada grupo	910 alumnos de primaria
2 grupos de secundaria/ 45 alumnos cada grupo	90 alumnos de secundaria
12 grupos de preparatoria/ 45 alumnos cada grupo	540 alumnos de preparatoria
Total de grupos: 45	Total de alumnos:1540

Fuente: elaboración propia

3.6.3 "Cuestionario sobre la percepción de la aplicación de los conocimientos de los maestros que participaron en el curso sobre cambio climático en Ecoparque".

Esta encuesta se aplicó con el objetivo de conocer si los docentes que participaron en el curso 6 meses después de haberlo tomado facilitaron la información a los alumnos.

Los resultados fueron procesados por medio del programa estadístico SPSS los cuales generaron una base de datos.

El instrumento fue aplicado a 430 alumnos representativos de los 50 profesores que participaron en las actividades del curso-taller en materia de cambio climático. En la metodología para la aplicación de los cuestionarios de acuerdo a lo planteado por la Teoría Elemental del

muestreo (Yamane, 2005) se orientó que, de acuerdo al tamaño de muestra, que de cada docente aleatoriamente se encuestara a 10 alumnos. Pero sucedió que los maestros de la enseñanza preparatoria que regularmente tienen más de un grupo muestrearon a 10 estudiantes más, aspecto que se consideró importante por lo que los cuestionarios fueron aceptados.

4. RESULTADOS

4.1 ¿Te comentó tu maestro/a que tomó un curso en materia de cambio climático?

Sí ____ No ____

TABLA 10

Respuesta (El maestro Sí comentó que estaba tomando un curso en materia de cambio climático.)	
f	%
364	84.7
Respuesta (El maestro No comentó que estaba tomando un curso en materia de cambio climático.)	
f	%
66	15.3

N: 430

Fuente: elaboración propia

La tabla muestra que la mayoría de los docentes les comentó a sus alumnos que estaba participando en un curso de actualización de conocimientos en materia de cambio climático.

4.2 ¿Te explicó tu maestro/a qué se entiende por cambio climático?

Sí ____ No ____

***TABLA** 11.*

Respuesta (El maestro Sí explicó que se entiende por cambio climático.)	
f	%
408	94.9
Respuesta (El maestro No explicó que se entiende por cambio climático.)	
f	%
22	5.1

N: 430

Fuente: elaboración propia

En la tabla se observa que la mayoría de los docentes explicaron a sus alumnos qué se entiende por cambio climático, respuesta esperada.

De acuerdo a lo expresado en el cuestionario que se aplicó a los estudiantes, tres opciones de respuestas aparecían para seleccionar una, seguidamente se presentan.

1. El cambio climático es lo mismo que le calentamiento global.
2. El cambio climático es todo cambio que se produce en el clima a través del tiempo resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas.
3. El cambio climático es un problema del desarrollo.

***TABLA** 12.*

Respuesta 1- (El cambio climático es lo mismo que el calentamiento global.)			
f (Sí)	%	f (No)	%
33	7.7	397	92.3
Respuesta 2- (El cambio climático es todo cambio que ocurre a través del tiempo resultado de la variabilidad natral o de las actividades humanas.)			
f (Sí)	%	f (No)	%
365	84.9	65	15.1
Respuesta 3- (El cambio climático es un problema de desarrollo.)			
f (Sí)	%	f (No)	%
15	3.5	415	96.5

Fuente: N: 430

De acuerdo con las respuestas que se observan en la tabla, el mayor porcentaje se obtuvo en el inciso □, que es en este caso la respuesta que se toma como correcta, esto nos indica que los alumnos si han recibido conocimientos de sus maestros y que al parecer el curso sí surtió efectos a la hora de facilitar el aprendizaje a los alumnos.

Por las respuestas marcadas en la tabla se deja claro que el calentamiento global es la primera manifestación del cambio climático y que no son lo mismo.

4.3 ¿TE EXPLICÓ TU MAESTRO/A LAS CONSECUENCIAS QUE ENFRENTAREMOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO?

Sí ____ No ____

***TABLA** 13.*

Respuesta (El maestro Sí explicó las consecuencias que enfrentaremos por cambio climático.)	
f	%
403	93.7
Respuesta (El maestro No explicó las consecuencias que enfrentaremos por cambio climático.)	
f	%
27	6.3

Fuente: N: 430
Fuente: elaboración propia

Si el alumno respondía positivamente, debía seleccionar las consecuencias que considerara afectarían al planeta.

- ( ) Deshielos y cambios en el nivel del mar.
- ( ) Cambios en las precipitaciones provocando inundaciones en algunos sitios y sequias en otros.
- ( ) Pérdida de ecosistemas.
- ( ) Especies en peligro de extinción.
- ( ) Pérdidas y reducción de habitad de muchas especies.
- ( ) Mortalidad relacionada con el clima.
- ( ) Proliferación de enfermedades infecciosas y respiratorias.

TABLA 14.

Consecuencias	**f**	**%**
Deshielos y cambios en el nivel del mar.	357	83
Cambios en las precipitaciones provocando inundaciones en algunos sitios y sequias en otros.	321	74.7
Pérdida de ecosistemas.	266	61.9
Especies en peligro de extinción.	273	63.5
Pérdidas y reducción de habitad de muchas especies.	223	51.9
Mortalidad relacionada con el clima.	149	34.7
Proliferación de enfermedades infecciosas y respiratorias.	137	31.9

N: 430

Fuente: elaboración propia

Si observamos las respuestas de la tabla anterior, el 93.7% de los alumnos encuestados recibió la explicación por parte de sus profesores de las consecuencias que se enfrentarán en el planeta por el cambio climático, pero analizando los valores de esta tabla se nota que es necesario hacer más énfasis en estos aspectos, ya que la mayoría de los estudiantes asocian las consecuencias con los deshielos y los cambios en el nivel del mar, así como en la lluvias intensas en algunos lugares y las sequías en otros. Estas son las dos características que más se mencionan en todas partes.

4.4. ¿TE HA PLATICADO TU MAESTRO/A SOBRE LAS AFECTACIONES QUE EL CAMBIO CLIMÁTICO PUEDE PRODUCIR EN ESTA REGIÓN?

Sí ____ No ____

TABLA 15.

Respuesta (El maestro Sí te platicó sobre las afectaciones que el cambio climático puede producir en esta región.)	
f	%
361	84
Respuesta (El maestro No te platicó sobre las afectaciones que el cambio climático puede producir en esta región.)	
f	%
69	16

N: 430
Fuente: elaboración propia

La tabla muestra que la mayoría de los alumnos si recibió la explicación de las afectaciones que enfrentaremos por el cambio climático en esta región.

TABLA 16.

Afectaciones en Baja California	f	%
Aumento de la sequía en la región.	290	67.4
Presentación de los llamados “golpes de calor”.	290	67.4
Aparición de enfermedades.	210	48.8
Pérdida y alteración de los ecosistemas.	170	39.5
Peligro de extinción para algunas especies de plantas y animales.	209	48.6
Degradación de los suelos.	130	30.2

N: 430

Fuente: elaboración propia

A pesar de que en la pregunta anterior se muestra que la mayoría de los alumnos recibieron una explicación por parte de sus maestros sobre las afectaciones que nuestra región podía enfrentar por el cambio climático, este cuadro presenta que hay que seguir trabajando con los alumnos ya que algunos todavía no conocen en detalle este aspecto, lo demuestran los % de las respuestas.

4.5 DE ACUERDO A TODO LO EXPLICADO EN CLASE POR TU MAESTRO/A Y/O DE TU PROPIA IDEA AL RESPECTO, ¿QUÉ PUEDES HACER PARA AYUDAR A ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO DESDE TU ESCUELA Y DESDE TU HOGAR? SELECCIONA LA O LAS RESPUESTAS QUE CONSIDERES ACCIONES NECESARIAS:

- ( ) Ahorrar agua.
- ( ) Ayudar a reducir los gases producto del efecto invernadero.
- ( ) Apagar la luz cuando salgas de tu habitación y usar focos ahorradores.
- ( ) Apagar y desconectar aparatos eléctricos que no estés utilizando.

– ( ) Usar la lavadora de ropa bien cargada.

– ( ) Usar preferentemente bicicleta y transporte público.

– ( ) Convencer a la familia para que adquiera vehículos con motores más eficientes y que contaminen menos.

– ( ) Utilizar el automóvil sólo lo indispensable.

– ( ) Caminar distancias cortas, haz ejercicio y así cuidas tu salud y los recursos naturales.

– ( ) Participar en programas de forestación para aumentar la cubierta vegetal.

– ( ) Practicar las 3 R: reducir, reciclar y reutilizar.

– ( ) Reducir la cantidad de basura que se genera en tu escuela y en tu hogar.

TABLA 17.

¿Qué puedes hacer para ayudar a enfrentar el cambio climático desde tu escuela y desde tu hogar?	**f**	**%**
Ahorrar el agua.	359	83.5
Ayudar a reducir los gases producto del efecto invernadero.	303	70.5
Apagar la luz cuando salgas de tu habitación y usar focos ahorradores.	343	79.8
Apagar y desconectar aparatos eléctricos que no estés utilizando.	308	71.6
Usar la lavadora de ropa bien cargada.	187	43.5
Usar preferentemente bicicleta y transporte público.	203	47.2
Convencer a la familia para que adquiera vehículos con motores más eficientes y que contaminen menos.	178	41.4
Utilizar el automóvil sólo lo indispensable.	187	43.5
Caminar distancias cortas, haz ejercicio y así cuidas tu salud y los recursos naturales.	195	45.3
Participar en programas de forestación para aumentar la cubierta vegetal.	229	53.3
Practicar las 3 R, reducir, reciclar y reutilizar.	335	77.9
Reducir la cantidad de basura que se genera en tu escuela y en tu hogar.	307	71.4

N: 430
Fuente: elaboración propia

Los resultados de esta tabla muestran que aún se necesita seguir trabajando con los alumnos para que conozcan que, a nivel individual, en la familia y en la comunidad se puede hacer muchas cosas y así formar parte de la solución para enfrentar el cambio climático.

4.6. ¿HA DESARROLLADO TU MAESTRO/A PROYECTOS EN LA ESCUELA PARA PROPONER SOLUCIONES Y ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO?

Sí ____ No ____

TABLA 18.

Respuesta (El maestro Sí ha desarrollado proyectos para proponer soluciones y enfrentar el cambio climático.)	
f	%
332	77.2
Respuesta (El maestro ha desarrollado proyectos para proponer soluciones y enfrentar el cambio climático.)	
f	%
97	22.6

N: 430
Fuente: elaboración propia

De las respuestas a esta pregunta se desprende que el 77.2% de los alumnos que participaron en este ejercicio ya trabajan en un proyecto con el maestro. Estos proyectos, aunque son pequeñas acciones que se llevan a cabo dentro de las escuelas, si cumplen un papel fundamental en ayudar a cambiar la actitud de los estudiantes y para también facilitar conocimientos para el cuidado del medio ambiente.

Entre los proyectos mencionados por los alumnos tenemos:

- Proyecto para reciclar la basura de su escuela.
- Proyecto de elaboración de papel reciclado y su utilización en manualidades.
- Proyecto de cultivo de lombrices y la elaboración de composta a pequeña escala.

– Proyecto de propagación de plantas con acodo aéreo para la forestación.

– Proyecto de elaboración de juguetes con materiales reciclables.

– Proyecto de exhibición de moda, prendas realizadas con materiales reciclables, “Fashion Recycle”.

– Reciclaje de desechos inorgánicos en la escuela.

– Proyecto del reciclaje de plástico

– Proyecto de elaboración de composta campesina.

– Proyecto para ahorrar el agua.

– Proyecto para ahorrar energía en la casa y en la escuela.

– Proyecto de plantar árboles para reforestar la escuela

4.7. Te ha platicado tu maestro/a sobre los materiales que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) han preparado para ti.

Sí ____ No ____

5. CONCLUSIONES

Con respecto a los docentes que participaron en el curso:

– Los programas escolares de las materias en los distintos niveles está incluido el tema del cambio climático y se trata en los libros de texto, pero parte del profesorado no conoce ni percibe el cambio climático como un problema grave. A pesar de que cuentan con un libro no existen materiales didácticos específicos ni talleres para quienes deseen trabajar el tema del cambio climático a profundidad. Por otra parte, se plantea que la gran mayoría considera que otros temas son más importantes (Semarnat, 2009).

– Los maestros que recibieron la capacitación en el post/test demostraron que ya están en disposición de expresar brevemente con sus palabras que se entiende por cambio climático, fundamentando correctamente su respuesta dejando ver que el fenómeno incluye la alteración del clima por la variabilidad natural pero también por las actividades antropogénicas. Además, comprendieron que el clima siempre ha variado y que el problema está en que estas variaciones se han acelerado de manera que ha puesto en peligro la vida del planeta constatado por Semarnat (2008, 2010-a y 2010-b) y Rodríguez (2009).

– Los docentes quedaron satisfechos con las actividades desarrolladas durante el curso, resaltando la importancia de participar en proyectos como éste para poder mejorar su desempeño en el ámbito escolar ya que se proporciona una información valiosa con datos específicos y además porque se aprenden estrategias didácticas que de forma rápida se pueden poner en práctica en la escuela propiciando actividades de reflexión y de acción (Palmer, 1998).

Con respecto a los alumnos que fueron encuestados, una vez que su maestro facilitó los conocimientos sobre cambio climático.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta el 84.7% de los alumnos sí supo que su maestro recibió un curso de capacitación en materia de cambio climático. Por otra parte, el 94.9% de los alumnos recibió explicación del fenómeno que pone en riesgo al planeta. Y el 84.9% de los alumnos seleccionó adecuadamente la alternativa correcta al referirse al cambio climático. Además, el 3.5% de los alumnos se refieren a que el cambio climático es un problema del desarrollo, respuesta que también es correcta.

Analizando la información de la encuesta realizada a los estudiantes se observa que el 93.7% de los mismos recibió la explicación correcta de las consecuencias que enfrentaremos por el cambio climático, aunque habrá que seguir trabajando en este aspecto porque las respuestas se encaminan solamente a cuestiones de afectaciones a la naturaleza (Semanat, 2007).

El 84% de los alumnos recibió explicación de su maestro sobre las afectaciones que el cambio climático puede producir en la región, pero a pesar de esto hay que seguir trabajando ya que algunos no han profundizado en el tema y no tuvieron en cuenta que el cambio climático también tiene un efecto directo en la salud humana.

Además, las respuestas muestran que se necesita seguir trabajando con los alumnos a través de la Educación Ambiental para hacerles saber que, a nivel individual, en la familia, en la escuela y en la comunidad se pueden hacer muchas cosas para ser parte de la solución para enfrentar el cambio climático.

Algo también significativo fue la respuesta de que el 77.2% de los alumnos ya trabaja en proyectos con sus profesores. Estos proyectos son pequeñas acciones que se llevan a cabo dentro de las escuelas, pero si cumplen un papel fundamental en ayudar a cambiar la actitud de los estudiantes y para facilitar conocimientos para el cuidado del medio ambiente, coincidiendo con lo planteado por Louv (2008).

Por otra parte, sólo el 66.5% de los alumnos se enteró que existe un convenio Secretaría de Educación Pública-Semarnat y que ha preparado unos materiales de calidad para trabajar con los alumnos en lo que respecta al cuidado del medio ambiente y que en el curso se le entregaron libros a los profesores que participaron y una guía por internet para trabajar los temas de cambio climático en el aula.

6. REFERENCIAS

Delgado, X. (2004). La falta de motivación y sensibilización de algunos docentes para trabajar los temas de Ecología y Educación Ambiental, tomando como vía de solución el apoyo que brindan los equipamientos ambientales, poniendo en práctica un Método de Educación No formal. [Tesis doctoral, Facultad Internacional de Ciencias de la Educación].

Louv R. (2008). Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder. Algonquin Books.

Novo, M., (1996). La educación ambiental formal y no formal: dos sistemas complementarios. Revista Ibroamericana de Educación, 11, 75-102. https://doi.org/10.35362/rie1101158

Palmer, P. J. (1998). The courage to teach. San Francisco: Jossey-Bass.

Rodríguez, A. (2009). La educación ambiental en la gestión y manejo del riesgo en situaciones de desastres. Para una mayor prevención desde las aulas en la enseñanza primaria y hacia las comunicaciones. Ministerio de Salud Pública; Ministerio de Educación.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2007). ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. Naciones Unidas-PNUD; Semarnat.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2008). ¡Apapacha un árbol! Reforestación escolar. Manual para maestros. Gobierno Federal; Semarnat.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2009). Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones. Semarnat.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), (2010a). Aprendemos a cuidar el medio ambiente. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2010b). Manual de sistemas de manejo ambiental. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (2012). Estrategia de educación ambiental, capacitación y comunicación educativa para la frontera México-Estados Unidos. Programa Frontera 2012. México.

Steiner, Achim. (2007). Cómo disminuir las emisiones de efecto invernadero y reducir al mínimo el calentamiento mundial. Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA).

Uriegas, M. E, (2002). Diseño integral, curricular, instruccional y formativo (DICIF) (2ª. ed.). Facultad Internacional de Ciencias de la Educación.

Yamane, T. (2005). Teoría elemental del muestreo.

FORMACIÓN ACTIVA EN ODS DE CARÁCTER MEDIOAMBIENTAL Y ECOLÓGICO MEDIANTE LA MATERIA DE PINTURA DE PAISAJE

MACARENA RUIZ GÓMEZ
Universidad Complutense de Madrid
SILVIA NUERE
Universidad Politécnica de Madrid

1. INTRODUCCIÓN

Siendo la Universidad un lugar privilegiado a nivel social, con una importante capacidad y responsabilidad para impulsar conocimiento a nivel global, consideramos que también posee un papel importante respecto a la incorporación de competencias vinculadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), incluidos en la Agenda 2030 por la Organización de Naciones Unidas, conllevando ciertas reorganizaciones en el aprendizaje y la docencia impartida, tal y como se afirma en el Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo publicado por (UNESCO, 2019).

Desde nuestro campo de acción que son las Bellas Artes, de manera más concreta la materia de pintura de paisaje, hemos desarrollado diversas propuestas de trabajo enmarcadas dentro del Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente, concedido por la Universidad Complutense de Madrid en las convocatorias 2022/2023 y 2023/2024 titulado "La pintura de paisaje como herramienta de concienciación ante el cambio climático I y II".

> "Entender el paisaje es abrirse a un mundo de significados, de valores y cualidades de muy variada índole, cuya comprensión ayuda sustancialmente a mejorar la educación del hombre. El contacto con el paisaje permite educar la inteligencia y, al tiempo, la sensibilidad y la imaginación; ayuda a incrementar y afinar simultáneamente, sin

> disociaciones inconvenientes, las capacidades intelectuales, éticas y estéticas de la persona". (Ortega Cantero, 2003).

La inclusión del concepto de paisaje dentro de normativas y legislación europea tiene ya más de dos siglos de edad, remontándonos a la época de Alfonso X estableciendo en el llamado Código de las Siete Partidas:

> " […] las cosas que comunalmente pertenecen a todas las criaturas que viven en este mundo son estas: el aire y las aguas de la lluvia y el mar y su ribera […]" (Partida III, Título XXVIII, Ley III).

Es mucho más reciente la iniciativa de compartir a nivel institucional, político e internacional una legislación referida a la ordenación del territorio y la protección y salvaguarda del paisaje. La UNESCO ha sido el primer organismo que vinculó la naturaleza con la cultura, si bien artísticamente, podemos decir que pintores y escritores ya venían realizando esta vinculación.

Hacemos también referencia al año 1992 de suma importancia en cuanto a las interrelaciones de naturaleza y cultura gracias a la denominación de paisajes culturales, concepto que abarca una variedad de manifestaciones de las interacciones entre el ser humano y su ambiente natural, reflejando entre otras muchas cosas, una fuerte vinculación espiritual con la naturaleza.

En ese mismo año la Carta del Paisaje Mediterráneo (Sevilla, 1992) se elabora una propuesta de gestión de protección del paisaje natural y cultural, y posteriormente en el Convenio Europeo del Paisaje (Florencia, octubre de 2000) y ratificado en 2007 en España, se destaca la necesidad de proteger todos los paisaje, considerando un derecho el disfrute del paisaje de calidad, pero desgraciadamente, la naturaleza viene siendo maltratada especialmente en los últimos siglos entre otros, por el ser humano, quien paradójicamente habita el planeta que está colaborando a destruir. Y especialmente en las últimas décadas, desafortunadamente venimos advirtiendo una galopante pérdida y deterioro de la naturaleza, llegando a hacer casi realidad el término que ya Ortega y Gasset escribió "Estamos despaisados, hemos perdido el contacto con nuestro paisaje …". Por otro lado, hemos de indicar que actualmente observamos un cambio importante pero posiblemente demasiado lento,

en cuanto a concienciación medioambiental a nivel social. Estos cambios y transformaciones consideramos que tienen que asentarse en cada uno de nosotros desde la "raíz", es decir, potenciando la formación y poniendo en marcha la estrategia de la Educación para el Desarrollo Sostenible desde los diferentes campos del saber.

Y en relación con el concepto de medio ambiente, a nivel europeo es en el Tratado de Lisboa firmado en diciembre de 2007, cuando se indica la obligación por parte de la Unión Europa de actuar en pro del desarrollo sostenible. En el artículo 174 de este Tratado se indica:

> "... el fomento de medidas a escala internacional destinadas a hacer frente a los problemas regionales o mundiales del medio ambiente, y en particular a luchar contra el cambio climático".

Este proyecto se ha basado principalmente en la propuesta de actividades vinculadas con la naturaleza y el género pictórico de paisaje, orientadas hacia la adquisición de competencias de carácter medioambiental y ecológico, con la intención de generar implicación y pensamiento crítico entre el alumnado en cuanto a éticas vinculadas con el paisaje y la naturaleza. También se genera formación activa en ODS ligadas con acciones de salvaguarda de los ecosistemas e impacto de la acción del cambio climático incluidas por la ONU en la agenda 20130 (UNESCO, 2017), y de esta manera, conseguir una ciudadanía actualizada, responsable, con habilidades y competencias del siglo XXI (Armijo, 2018).

Este trabajo muestra parte de los resultados obtenidos en diversas experiencias realizadas para promover y estimular la conciencia y el compromiso con el medioambiente y la naturaleza, utilizando el género pictórico del paisaje como herramienta de concienciación y formación en competencias de carácter medioambiental, potenciando con ello desde las aulas de la universidad actitudes de sensibilización y compromiso ecológico.

Apostamos por potenciar el arte y la cultura en la relación del hombre con el medioambiente, como pilar necesario dentro del tejido social, en consonancia con lo expuesto en la Agenda 21 de la Cultura aprobada en 2004, en donde se establecieron las bases de un compromiso por parte de las ciudades para el desarrollo cultural, basándose en que la cultura y

todo lo que en ella se engloba, realiza una contribución sin igual al desarrollo humano, al aportar importantes valores, convirtiéndose en una herramienta poderosa para combatir entre otras vicisitudes, las derivades del deterioro medioambiental, y haciendo referencia a Ortega y Gasset, la cultura sería el bagaje gracias al cual el hombre se hace humano, aprendiendo a lo largo de su existencia mediante la educación activa, por lo que la coloca como elemento capaz de reformar a la humanidad.

2. OBJETIVOS

La observación y análisis del medio ambiente más cercano y sus problemas desde el género pictórico del paisaje, ha sido una constante a lo largo de la historia, actuando en ocasiones como cronista de momentos, situaciones y vivencias del ser humano a lo largo de los siglos. Por ello, teniendo el paisaje como referente y columna vertebradora, diremos que el objetivo principal planteado se centra en fomentar un interés bidireccional en la pintura de paisaje como género formador para el alumno de Grado en Bellas Artes, y como herramienta que refuerce un mayor acercamiento ante el entorno natural paisajístico.

2.1. Objetivos específicos

- Potenciar el papel de la Universidad dentro del aprendizaje del desarrollo sostenible, en nuestro caso, desde las artes plásticas y promover el valor de los paisajes culturales.
- Potenciar la relación entre arte y medioambiente desde materias como la de Pintura de Paisaje tanto en Grado como en Máster aumentando su carga docente.
- Aportar herramientas docentes dentro de la enseñanza en las Bellas Artes en particular, así como en otras disciplinas afines, que colaboren a la obtención de competencias en materia de respeto y protección del medioambiente como parte importante del patrimonio natural y cultural.
- Apoyar la incorporación de estos objetivos de desarrollo sostenible relacionados principalmente con el medioambiente y

el cambio climático dentro de distintos planes de estudios, en especial la materia de Pintura de Paisaje impartida en Grado en Bellas Artes.

3. METODOLOGÍA

La investigación efectuada para constatar los beneficios que puede aportar la inclusión de ODS vinculadas con la salvaguarda del paisaje desde la práctica de la pintura de paisaje, ha conllevado la realización de diversas actividades tales como seminarios impartidos por docentes de distintas universidades, salidas de campo a lo largo de los dos cursos académicos y la realización de encuestas para la recogida de datos y su posterior análisis.

Estas actividades han sido consideradas como un refuerzo pedagógico de carácter multidisciplinar en las que se ha vinculado la práctica de la pintura de paisaje, con la ecología y el medioambiente.

Para que los contenidos que hemos planteado en el bloque relativo a la actividad artística realizada en los cuadernos de campo tuvieran unidad, coherencia y un sentido organizado evitando todo lo posible la dispersión, hemos canalizado el trabajo que había que realizar en él hacia la vinculación con una educación medioambiental en donde se incluyen ODS vinculados con la ecología y el medio ambiente, si bien desde la libertad de elección tanto del paisaje a estudiar como de la utilización de técnicas pictóricas.

3.1. Participantes

Respecto a la actividad que denominamos *salidas de campo*, han participado 120 estudiantes pertenecientes a un total de 4 grupos de la asignatura de Pintura de Paisaje de la Facultad de Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid, cursos académicos 2021/2022 y 2022/2023, coordinados por la profesora Dra. Macarena Ruiz. Paralelamente, estos estudiantes han trabajado en cuadernos de campo ante la propuesta común de reflexionar sobre ¿Qué es lo que el paisaje hace por mí? De manera complementaria un total de 200 estudiantes pertenecientes a dos universidades, 120 alumnos de la Universidad Complutense de Madrid

y 80 alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid han cumplimentado distintas encuestas vinculadas con su relación dentro del campus universitario con la naturaleza y el paisaje, coordinando esta fase la Dra. Silvia Nuere, docente en la Universidad Politécnica de Madrid.

3.2. Medios y Materiales

Previamente a las salidas de campo, los estudiantes de Grado en Bellas Artes han recibido distintos seminarios con información acerca del Convenio Europeo del Paisaje y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible presentada por la ONU, profundizando en aquellos objetivos relacionados con logros medioambientales.

Respecto a materiales de trabajo, se utilizará el cuaderno de campo como herramienta esencial para el registro de datos y diversas actividades de forma individual. Además, el cuaderno de campo colaborará a generar un contexto a estos datos registrados constituyendo una narrativa mucho más concreta y personal (Thormer et al., 2012) en cuanto a sus vivencias personales con el paisaje. El constante trabajo en él introduce a los alumnos en el hábito de la observación y el recuerdo, colaborando a potenciar la conducta de toma de ideas, desarrollando habilidades tanto de análisis como de síntesis, siendo una importante herramienta de investigación.

3.3. Salidas de Campo

Una vez realizados los distintos seminarios presentando la actividad y mostrando a los estudiantes que el arte a lo largo de la historia ha estado íntimamente vinculado con los problemas de nuestro planeta (Bertolotti, 2013), los alumnos de pintura de paisaje realizaron diversas salidas de campo, las cuales han sido diseñadas para vincular a los participantes con vivencias directas con el entorno paisajístico y medioambiental, desde la práctica de la pintura.

Las salidas de campo forman parte de una extensa tradición que vincula con el paisaje a los estudiantes, la cual tiene su origen en el siglo XIX y perdura hasta nuestros días. Aparte de los beneficios de estas salidas de campo, en este proyecto nos ha parecido especialmente oportunas

realizarlas ya que en relación con la legendaria Cátedra de Paisaje de San Fernando (Madrid), este tipo de actividades comenzaron a hacerse con el pintor y profesor de origen belga Carlos de Haes, quien se iba a pintar a los Picos de Europa con sus estudiantes y posteriormente, otros Catedráticos de paisaje como Joaquín Sorolla, Rafael Martínez Díaz y Sánchez-Carralero continuaron haciéndolo dentro de sus actividades dentro de la formación del paisaje, por ello, lo hemos considerado como un pequeño homenaje de continuación de una tradición arraigada fuertemente con el género de pintura de paisaje.

Según la UNESCO respecto a la Educación para el Desarrollo Sostenible: "Concebir la enseñanza y el aprendizaje de un modo interactivo, centrado en los educandos, que posibilite un aprendizaje exploratorio, transformativo y orientado hacia la acción. Repensar los entornos de aprendizaje -tanto físicos como virtuales- para infundir en los estudiantes el deseo de actuar en favor de la sostenibilidad" (UNESCO, 2020).

En este texto incorporamos los resultados obtenidos en dos de ellas, las realizadas en el Real Jardín Botánico de Madrid durante los cursos académicos 2021/2022 y 2022/2023, acudiendo los estudiantes un total de 16 horas divididas en 4 sesiones. Dicho Jardín Botánico fue fundado en 1755 y en la actualidad es un centro de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; y la segunda salida de campo fue realizada en el Bosque de la Herrería situado en El Escorial, coincidiendo con el Día Internacional de la Tierra, curso académico 2022/2023, sesión de trabajo que duró 6 horas. Este Bosque es un espacio natural que posee un importante valor paisajístico e histórico, situado junto al Monasterio de San Lorenzo de El Escorial, incluido en la Red Natura 2000 como espacio de especial protección.

Además de estas salidas de campo de carácter puntual, los alumnos han trabajado durante 15 semanas en un cuaderno de campo específico, en donde se les ha incitado a reflexionar sobre *¿Qué hace el paisaje por mí?* Pudiendo utilizar técnicas artísticas libres como lápiz, acuarela, óleo, tinta, collage, así como reflexiones escritas.

De manera complementaria, un total de 200 estudiantes pertenecientes a dos universidades, Complutense de Madrid y Politécnica de Madrid

han realizado diversas encuestas relativas a su vinculación con el paisaje en su día a día, así como dentro de sus respectivos campus universitarios.

4. RESULTADOS

Para la obtención de resultados, nuestro trabajo principal ha consistido en analizar el contenido tanto de encuestas, como de los trabajos y reflexiones en los cuadernos de campo. Para la exposición de estos, hemos considerado oportuno dividirlos en tres bloques.

El primero emana de las distintas encuestas y dentro de éstas, las realizadas específicamente a estudiantes de Grado en Bellas Artes de la UCM, y otras comunes para alumnos tanto de Grado en Bellas Artes UCM, como de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto de la UPM.

En relación con las preguntas comunes, un 100% de los estudiantes han indicado que para ellos el paisaje es muy importante en su día a día, y un 90% señala que les preocupa mucho la situación medioambiental de nuestro planeta. Un 88% afirma que recicla habitualmente, un 2% que no recicla y un 10% que le cuesta reciclar. Un 94% considera que desde el arte o el diseño es posible colaborar a dar visibilidad a la problemática medioambiental y un 75% demanda más contacto con el entorno natural dentro de sus campus universitarios. En esta encuesta común para los dos Grados, también incluimos alguna pregunta para que los estudiantes pudieran responder de una manera más amplia y concreta, siendo una de las cuestiones:

> "Desde tu área de conocimiento ¿Qué acciones se pueden realizar para colaborar en la concienciación ante el cambio climático?" Encontramos respuestas como: Aplicando el ecodiseño para ser lo más sostenible posible en cada proyecto; realizar actividades artísticas que enseñen a convivir; cuidar y respetar la Naturaleza; visibilizar más el problema a través de la pintura, performance, video arte, escultura con materiales reciclados, etc.

En cuanto a las preguntas marcadas como específicas presentadas a los alumnos de Grado en Bellas Artes matriculados en la asignatura de Pintura de Paisaje, un 81% indica que desde que están cursando esta materia se detienen a observar y contemplar el paisaje mucho más, un 19%

contesta que igual que antes. El 94% señala que disfrutan pintando en las distintas ubicaciones que se marcan durante el transcurso del cuatrimestre, un 4% que les da igual y un 2% no contesta.

El segundo bloque de resultados está compuesto por los trabajos realizados en los cuadernos durante las salidas de campo, y por las encuestas adaptadas a tales actividades. De manera global, podemos indicar que el conjunto de los cuadernos analizados abarca visiones muy heterodoxas, si bien mayoritariamente exponen que consideran necesarias este tipo de actividades dentro de la asignatura de Pintura de Paisaje, y que de manera autónoma desean volver a realizarlas.

El tercer bloque de resultados ha sido obtenido mediante el análisis de cada uno de los cuadernos de campo en donde los estudiantes han reflexionado acerca de *lo que consideran que el paisaje hace por ellos*, durando esta experiencia 15 semanas. Esto ha permitido identificar que muestran una importante implicación con el entorno natural y preocupación por la problemática medioambiental de nuestro planeta.

De forma mayoritaria los participantes apuntan en sus reflexiones que se sienten bien o buscan bienestar cuando están en contacto con la naturaleza. Exponen también su deseo de realizar futuras obras y proyectos artísticos vinculados con el paisaje, la naturaleza y la ecología. La mayor parte de los paisajes que han reflejado los alumnos se alejan de lo que podríamos llamar "paisajes sublimes", más bien todo lo contrario, la gran mayoría hacen referencia a sus paisajes cotidianos y cercanos, los vividos día a día y a los que recurren cuando necesitan buscar un espacio de relajación.

Realizar actividades vinculadas con un mayor contacto con el entorno natural son muy bien recibidas por los estudiantes tal y como apreciamos en los resultados descritos, y, además, colabora a realizar una estrategia de adquisición de competencias transversales vinculadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible relativos al medioambiente desde la práctica del género de paisaje.

FIGURA 1. *Cuadernos de campo realizados por los alumnos de Grado en Bellas Artes. De arriba abajo y de izquierda a derecha: Liza Salova, José Maluenda, Raúl González.*



Fuente: propia

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos suscitan diversas reflexiones. En relación con los objetivos marcados, las evidencias nos muestran que los estudiantes

a nivel universitario poseen mucha información acerca del problema que actualmente existe en torno al cambio climático y, además, en un alto porcentaje les causa preocupación y temor. Sin embargo, no es suficiente con tener conocimiento sobre ello, por lo que consideramos que desde la comunidad universitaria es preciso realizar una reorientación en cuanto a la forma de relacionarnos con el paisaje y la naturaleza desde disciplinas, en principio afines, y más adelante, creando redes y un entramado que posteriormente pasará a la sociedad. Por tanto, el paisaje es memoria e identidad. El paisaje materializa y realimenta la identidad de los colectivos humanos (Nogué, 2007).

La necesidad de considerar el paisaje como algo más que un mero recurso es fundamental en la sociedad del siglo XXI, por lo que creemos que las aulas de la Universidad pueden jugar un papel esencial en el proceso de creación de identidad paisajística, si bien en el caso que nos compete desde las Bellas Artes, este planteamiento puede extenderse y englobar distintas disciplinas tanto en el campo de las letras como en el de las ciencias.

La educación acerca del paisaje ya sean estos sublimes o meramente el más cercano a nosotros, potencia valores de diversos signos, tales como ecológicos, estéticos, históricos, sociales, espirituales, conllevando la adquisición de un mayor compromiso y respecto hacia nuestro entorno natural.

> " […]conseguir que la población tenga conciencia del medio ambiente y se interese por sus problemas y que cuente con las aptitudes, actitudes, motivaciones y voluntad necesarias para trabajar en la búsqueda de soluciones a los problemas actuales y para prevenir los que puedan tener futuro" (Carta de Belgrado, 1975).

Desde un punto de vista artístico, tal y como hemos podido observar en los resultados de las distintas encuestas, son muchos los estudiantes interesados en desarrollar actividades y proyectos que tengan como hilo conductor el diálogo entre la naturaleza y la ecología, lo que abre un amplio camino de acción para seguir trabajando en torno a este tema propuesto. Respecto a los estudiantes pertenecientes al Grado en Diseño Industrial de la UPM podemos indicar que también muestran interés en desarrollar proyectos vinculados con la sostenibilidad y la ecología, lo

que abre la puerta a la realización de ciertos reajustes a nivel de ordenación académica que contemple la inclusión de estas propuestas.

A su vez, en las respuestas de carácter abierto que incluían las encuestan, numerosos estudiantes pertenecientes a los dos Grados participantes citan la importancia de profundizar en el conocimiento de las características de los materiales con los que trabajan, sus posibilidades de reutilización, baja toxicidad y contaminación…etc.

6. CONCLUSIONES

A lo largo de las últimas décadas la ética hacia el medioambiente podemos decir que ha cambiado positivamente, pero desgraciadamente las agresiones contra la naturaleza han aumentado. Además, percibimos que la conexión con el entorno paisajístico y natural que se inicia ya en la infancia ha ido incrementándose, especialmente en las grandes poblaciones de ciudad.

Por ello, promover desde las aulas de la Universidad la incorporación de competencias vinculadas con objetivos ecológicos y medioambientales, a la vez de potenciar materias como es la de Pintura de Paisaje dentro del Grado en Bellas Artes, consideramos que colaborará a generar una mayor conciencia y compromiso ecológico, además de adquisición de objetivos de desarrollo sostenible.

Además, partiendo de que la educación medioambiental debe enseñar a sopesar una determinada problemática mediante un pensamiento crítico al margen de ideas particularistas, constatamos a través de los resultados obtenidos, que el desarrollo de las actividades propuestas en el Proyecto de Innovación Docente en torno al cual hemos trabajo, constituye un enlace fructífero con relación a una formación bidireccional entre pintura y naturaleza que posteriormente se trasladará al tejido social.

Reforzar desde las aulas de la Universidad una mayor conexión de los estudiantes con el paisaje, colabora a desarrollar valores y actitudes de respeto hacia él, lo que se traduce en un aumento de la conciencia ecológica, así como el sentido de identidad y responsabilidad ante el paisaje.

Las actividades que hemos llamado salidas de campo son de gran relevancia, ya que en ellas se ejercita la observación directa de paisaje, siendo además una constante en la materia de pintura de paisaje. Esta observación podemos canalizarla además de para la adquisición de competencias vinculadas con la pintura, hacia el terrero de los ODS vinculados con el medio ambiente. Por ello, consideramos que la salida de campo es un recurso muy importante que colabora el buen desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje en pintura de paisaje, son muy efectivas para el aprendizaje.

Destacamos positivamente este proceso de trabajo que hemos desarrollado, en donde los alumnos ganan habilidades de observación, destreza artística, mayor acercamiento académico hacia la materia impartida y potencian el vínculo con el paisaje.

Respecto a la efectividad de trabajo en el cuaderno de campo, podemos constatar que los estudiantes mejoran sustancialmente su hábito de toma de apuntes, así como la utilización constante del cuaderno como herramienta para la creación artística.

La pintura de paisaje continúa colaborando a fomentar la relación del hombre con el entorno, captando el paisaje inmediato, plasmando diferentes horas de luz, tempestades, amaneceres, siendo para el espectador una obligación el contemplar y descubrir lo sublime del paisaje, la Naturaleza. Si bien esta relación ha tenido sus altibajos a lo largo de la historia, lo que es incuestionable es que este género pictórico nos posibilita el vivir la naturaleza en primera fila.

7. REFERENCIAS

Armijo Cabrera, M. (2018). La colaboración en educción: trayectorias de un concepto (siglo XIX-XXI*). Cuadernos Chilenos de Historia de la Educación. Núm. 10.*

Bartolotti, P. (2013). Culture+Ecology: a new art of living, *Revista Green World*.

Campos Jiménez, A. (2020). El paisaje en la legislación española. Especial mención a Castilla – La Mancha. Gabilex, *Revista del Gabinete Jurídico de Castilla-La Mancha, N.º 24, 15-50.*

Nogué i Font, J. (2007). Paisaje, identidad y globalización. *Fabrikart: arte, tecnología, industria, sociedad,* Nº7, 136-145.

UNESCO (2023, 2 de septiembre). *Educación para los objetivos de desarrollo sostenible*. Objetivos de aprendizaje. http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf

UNESCO (2023, 1 de septiembre). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo*. París, Francia. Ediciones UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367436

UNESCO (2023, 1 de septiembre). *¿Qué es la Educación para el Desarrollo Sostenible)?* https://es.unesco.org/themes/educacion-desarrollo-sostenible/comprender-EDS

UNESCO (1997). *La carta de Belgrado un marco general para la educación ambiental.* https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000017772_spa

Thomer A, Vaidya G, Guralnick R, Bloom D, Russell L (2012). From documents to datasets: A MediaWiki- based method of annotating and extracting species observations in century-old field notebooks. In: Blagoderov V, Smith VS (Ed) No specimen left behind: mass digitization of natural history collections. ZooKeys 209: 235–253. https://doi.org/10.3897/zookeys.209.3247

Ortega Cantero, N. (2003). La visión del paisaje de Francisco Giner de los Ríos. *Boletín de la Biblioteca del Ateneo*. Segunda Época- Año IV, 13, 21-30.