

E K S

ducation
nowledge
ociety

Diciembre 2025, vol 26

https://doi.org/10.14201/eks.202526

e-ISSN: 2444-8729

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

DIRECCIÓN CIENTÍFICA / EDITOR-IN-CHIEF

Francisco José GARCÍA-PEÑALVO, Universidad de Salamanca, Spain

SECRETARÍA TÉCNICA / TECHNICAL SECRETARIAT

Alberto ORTIZ-LÓPEZ, Universidad de Salamanca, Spain

EDITORES ASOCIADOS / ASSOCIATE EDITORS

María Teresa DEL MORAL MARCOS, Universidad Pontificia de Salamanca, Spain

Cristóbal SUÁREZ GUERRERO, Universidad de Valencia, Spain

CONSEJO EDITORIAL / EDITORIAL BOARD

José Ignacio AGUADED GÓMEZ, Universidad de Huelva, Spain

Ricardo COLOMO PALACIOS, Universidad Politécnica de Madrid, Spain

Ángeles DOMÍNGUEZ, Universidad Andrés Bello, Chile

Bernardo GARGALLO LÓPEZ, Universidad de Valencia, Spain

Begoña GROS SALVAT, Universidad de Barcelona, Spain

Gonzalo JOVER OLMEDA, Universidad Complutense de Madrid, Spain

Fernando MARTÍNEZ ABAD, Universidad de Salamanca, Spain

Jimena PASCUAL, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Elvira RINCÓN FLORES, Tecnológico de Monterrey, México

María José RODRÍGUEZ CONDE, Universidad de Salamanca, Spain

María Luisa SEIN-ECHALUCE LACLETA, Universidad de Zaragoza, Spain

MAQUETACIÓN / LAYOUT

GLAUX Publicaciones Académicas

WEB

https://revistas.usal.es/tres/index.php/eks

DOI

https://doi.org/10.14201/eks.202526

e-ISSN

2444-8729

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

COMITÉ CIENTÍFICO / SCIENTIFIC COMMITTEE

Gustavo R. ALVES, Polytechnic of Porto - School of Engineering, Portugal

José Miguel ARIAS BLANCO, Universidad de Oviedo, España

Héctor Gonzalo BARBOSA LEÓN, Instituto Tecnologico de Colima, México, México

Joaquín Lorenzo BURGUERA CONDÓN, Universidad de Oviedo, España

Amparo CAMACHO DÍAZ, Universidad del Norte, Colombia

Esmeralda CAMPOS, Tecnológico de Monterrey, México

José Antonio CARIDE GÓMEZ, Universidad de Santiago de Compostela, España

Sonia CASILLAS MARTÍN, Universidad de Salamanca, España

María Pilar COLÁS, Universidad de Sevilla, España

Miguel Ángel CONDE GONZÁLEZ, Universidad de León, España

Sonia CONTRERAS, Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia

José Antonio CORDÓN GARCÍA, Universidad de Salamanca, España

Belén CURTO DIEGO, Universidad de Salamanca, España

Juan Manuel ESCUDERO MUÑOZ, Universidad de Murcia, España

María ESTRADA SÁNCHEZ, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Camino FERNÁNDEZ LLAMAS, Universidad de León, España

Carlos FERRÁS SEXTO, Universidad de Santiago de Compostela, España

Ángel FIDALGO BLANCO, Universidad Politécnica de Madrid, España

Adriana GAMAZO, Universidad de Salamanca, España

Elena GARCÍA BARRIOCANAL, Universidad de Alcalá, España

Alicia GARCÍA-HOLGADO, Universidad de Salamanca, España

Lucy GARCÍA RAMOS, Universidad del Norte, Colombia

Ana GARCÍA VALCÁRCEL MUÑOZ REPISO, Universidad de Salamanca, España

Raquel GÓMEZ DÍAZ, Universidad de Salamanca, España

Carina Soledad GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Universidad de la Laguna, España

Ignacio GONZALEZ LÓPEZ, Universidad de Córdoba, España

Laura Icela GONZÁLEZ PÉREZ, Universidad Autónoma de Nuevo León, México

José GUTIÉRREZ PÉREZ, Universidad de Granada, España

Sari HARMOINEN, University of OULU, Finlandia

Mervi HEIKKINEN, University of OULU, Finlandia

Ángel HERNÁNDEZ GARCÍA, Universidad Politécnica de Madrid, España

Juan Pablo HERNÁNDEZ RAMOS, Universidad de Salamanca, España

Raquel Belén HIJÓN NEIRA, Universidad Rey Juan Carlos, España

María Soledad IBARRA SÁIZ, Universidad de Cádiz, España

Juan José IGARTUA PEROSANZ, Universidad de Salamanca, España

José Antonio JERÓNIMO MONTES, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Juan Antonio JUANES MÉNDEZ, Universidad de Salamanca, España

Dolores LERÍS LÓPEZ, Universidad de Zaragoza, España

Natercia LIMA, Polytechnic of Porto - School of Engineering, Portugal

Faraón LLORENS LARGO, Universidad de Alicante, España

Márcia LOPES REIS, UNESP, Brasil

Maria Arcelina MARQUES, Polytechnic of Porto - School of Engineering, Portugal

Lady MELÉNDEZ RODRÍGUEZ, Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica, Costa Rica

Barbara MERRILL, University of Warwick, Reino Unido

Milos MILOVANIC, University of Belgrade, Serbia

Erla Mariela MORALES MORGADO, Universidad de Salamanca, España

Luis NÚÑEZ CUBERO, Universidad de Sevilla, España

Susana OLMOS MIGUELÁÑEZ, Universidad de Salamanca, España

Isabel ORTEGA SÁNCHEZ, Universidad Nacional de Educación a Distancia, España

Juan de PABLOS PONS, Universidad de Sevilla, España

Natalia PADILLA ZEA, Universidad Internacional de la Rioja, España

Jorge Luis PALÉS ARGULLÓS, Universidad de Barcelona, España

Salvador PEIRÓ i GREGORI, Universidad de Alicante, España

Lourdes Adriana PÉREZ CARRILLO, Universidad de Guadalajara, México

María del Henar PÉREZ HERRERO, Universidad de Oviedo, España

Diana PÉREZ MARÍN, Universidad Rey Juan Carlos, España

Ferrán PRADOS CARRASCO, Universitat Oberta de Catalunya, España

Gregorio RODRÍGUEZ GÓMEZ, Universidad de Cádiz, España

Rosaura M. ROMERO CHACÓN, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Clara ROMERO PÉREZ, Universidad de Sevilla, España

Germán RUIPÉREZ, UNED, España

Salvador SÁNCHEZ-ALONSO, Universidad de Alcalá, España

María Cruz SÁNCHEZ GÓMEZ, Universidad de Salamanca, España

Francesc Josep SÁNCHEZ I PERIS, Universidad de Valencia, España

Osvaldo SANHUEZA HORMAZÁBAL, Universidad de Concepción, Chile

Fernando Manuel SANTOS RAMOS, Universidad de Aveiro, Portugal

João SARMENTO, University of Lisbon, Portugal

Peter B. SLOEP, Open University of the Netherlands, Países Bajos

Annita TABACCO, Politecnico di Torino, Italia

Eva María TORRECILLA SÁNCHEZ, Universidad de Salamanca, España

Patricia TORRIJOS-FINCIAS, Universidad de Salamanca, España

Jorge VALDIVIA GUZMÁN, Universidad de Concepción, Chile

José Armando VALENTE, Universidade de Campinas, Brasil

Jesús VALVERDE BERROCOSO, Universidad de Extremadura, España

Andrea VÁZQUEZ-INGELMO, Universidad de Salamanca, España

Clara VIEGAS, Polytechnic of Porto - School of Engineering, Portugal

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

ÍNDICE / CONTENT

1. Three Scenarios for AI in Education: From Responsible Assistance to Co-Creation / Tres escenarios para la IA en educación: del apoyo responsable a la cocreación
Francisco José García-Peñalvo

2. Assessment in European educational projects: methodology and examples / Evaluación en proyectos educativos europeos: metodología y ejemplos
María Goretti Alonso de Castro

3. Present and challenges of e-Service Learning in higher education contexts: A systematic review of the literature / Actualidad y desafíos del aprendizaje-servicio virtual en contextos de educación superior: una revisión sistemática de la literatura
María Méndez-Cañón, Adriana Ornellas-Rios-da Silva, Amalia Susana Creus-Quinteros

4. Impact of Augmented Reality on Learning Motivation in Primary and Secondary Education: Systematic and Meta-analytical Review / Impacto de la realidad aumentada en la motivación para el aprendizaje en Educación Primaria y Secundaria: revisión sistemática y metaanalítica
José Gabriel Soriano-Sánchez, David Jiménez-Vázquez, Sylvia Sastre-Riba

5. Artificial Intelligence in Primary Education: Systematic Review (2000-2024) / La inteligencia artificial en educación primaria: una revisión sistemática (2000-2024)
Odiel Estrada-Molina, Jose Luis Ruiz Zapatero, Pilar Rodrigo Lacueva, Jimmy Manuel Zambrano-Acosta, Leonardo Fabricio Chica Chica

6. Predicting University Dropout Using Machine Learning: Applications Based on Multidisciplinary Databases / Prediciendo el abandono universitario utilizando técnicas de aprendizaje automático: Aplicaciones sobre bases de datos multidisciplinarias
Mauricio Barramuño-Medina, Pablo Valdés-Badilla, José Luis Saavedra-Lucero, Germán Gálvez-García, Relmu Gedda-Muñoz

7. Effects of a Proactive Intervention on Reading Skills and Difficulties Using an Online Platform / Impacto de una intervención proactiva en el aprendizaje de la lectura y sus dificultades a través de una plataforma online
Auxiliadora Sánchez-Gómez, Juan Luis Luque Vilaseca, Almudena Giménez-de-la-Peña, P. Javier López Pérez

8. Trends in Pre-service Teachers' Digital Competence: Evidence from Initial Training in Spain / La formación inicial y su impacto en la competencia digital de los futuros docentes
Juan Pablo Hernández-Ramos, José Carlos Sánchez-Prieto

9. Curricular Intersection: Learning Mathematics in Various Disciplines in Mexico / Intersección curricular: aprendizaje de las Matemáticas en diversas disciplinas en México
Ángeles Domínguez, Genaro Zavala, Santa Tejeda

10. Effectiveness of the Didactic Use of Telegram in Online University Teaching / Efectividad del uso didáctico del Telegram en el microaprendizaje en Docencia Universitaria Online
Aitana González Ortiz De Zárate, Arina Gruia Anghel, Luis Manuel Fernández Martínez

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

11. Artificial Intelligence in Professional and Vocational Training: Exploring Teachers and Students' Knowledge and Use / La Inteligencia Artificial en la Formación Profesional: explorando su conocimiento y uso desde la perspectiva del profesorado y el alumnado
Alejandro Araújo Ameijeiras, Olalla García-Fuentes, Manuela Raposo-Rivas

12. Secondary Students' Virtual Social Networks Use and Addiction / Uso y adicción a redes sociales virtuales por parte de estudiantes de educación secundaria
Jenifer Andrea Beneth-Benavides, Luis Eduardo Paz-Saavedra

13. The Use of VR/AR End-User Development Tools in Education: Lessons Learned and Future Challenges / El uso de herramientas de desarrollo de RV/RA en la educación: lecciones apren-didas y retos futuros
Anke Berns, Telmo Zarraonandia, Teresa Onorati, Paloma Díaz, Juan-Manuel Dodero

14. Development of 3D Vision Software for Medical Training: Trainees' Assessment of Learning Effectiveness / Desarrollo de software de visión 3D para la formación médica: evaluación de la eficacia del aprendizaje por parte de los alumnos
Manuela Martín Izquierdo, Marcelo F. Jiménez Lópeza, Alberto Prats-Galino, Juan A. Juanes Méndez

15. Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes (2024): ICILS 2023. International Computer and Information Literacy Study / Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes (2024): ICILS 2023. Estudio internacional de competencia digital
María Goretti Alonso-De-Castro

16. The Role of ICT in Improving the Quality of Life of Individuals with Disabilities: A Systematic Literature Review / El papel de las TIC en la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad: una revisión sistemática de la literatura
María De Los Ángeles Domínguez-González, Carlos Hervás-Gómez, Pedro Román-Graván

17. Digital Platforms and Attention to Diversity / Las plataformas digitales y la atención a la diversidad
M. Isabel Pardo Baldoví, Ángel San Martín Alonso

18. ModernArte. Women Paint in Early Modern History. Artists and Gender Models as University Teaching Practice / ModernArte: las mujeres pintan en la Modernidad. Perspectiva de género y lenguaje inclusivo en la enseñanza superior de la Historia
Inmaculada Fernández-Arrillaga, Antonio Carrasco-Rodríguez, María-Teresa Ávila-Martínez, Isabel San Mauro-Martínez, Sonia Beltrán-Pastor, Nuria Luz-Fernández

19. The Use of Apps Based on Augmented Reality as a Tool for Teaching STEM Subjects in Compulsory Secondary Education / El uso de apps basadas en la realidad aumentada como herramienta para la enseñanza de asignaturas STEM de la Educación Secundaria Obligatoria
Enzo Ferrari, Pablo Herrero-Teijón, Laura Delgado Martín, Santiago Andrés Sánchez, Anne-Marie Ballegeer, Diego Corrochano Fernández, Miguel Ángel Fuertes, Patricia González Ocejo, Camilo Ruiz Méndez

20. Location-Based Games as Tools for Leisure in a Military Community / Juegos basados en la localización como herramientas de ocio en una comunidad militar
Anabela Pimentel Da Silva Jenkins, Maria Luísa Lebres Aires

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

21. A Serious Game for the Daily Care of Autistic Children in Times of Covid-19 / Un juego serio para el cuidado diario de niños autistas en tiempos de Covid-19

Vitor Oikawa, Cibelle Albuquerque De La Higuera Amato, Valéria Farinazzo Martins

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Three Scenarios for AI in Education: From Responsible Assistance to Co-Creation

Tres escenarios para la IA en educación: del apoyo responsable a la cocreación

Francisco José García-Peñalvo

Departamento de Informática y Automática, Instituto de Ciencias de la Educación, Grupo GRIAL, Universidad de Salamanca, España
http://orcid.org/0000-0001-9987-5584 fgarcia@usal.es
Director Científico / Editor-In-Chief Education in the Knowledge Society Journal

ARTICLE INFO

Keywords
Generative artificial intelligence in higher education; Critical artificial intelligence literacy; Transparency and traceability; Authentic assessment and human agency; Governance and regulatory frameworks.

ABSTRACT

This article proposes a pragmatic and proportionate pathway for integrating generative artificial intelligence into higher education through three scenarios graduated by autonomy, agency, and risk (responsible support, guided collaboration, and co-creation with a strengthened declaration). These scenarios convert broad principles into verifiable and traceable teaching decisions throughout the teaching cycle (planning, material creation, support, and assessment). The common thread is the use of artificial intelligence as a supplement to academic judgment, never as a substitute, with transparency (including disclosure and marking of synthetic content), external verification of facts and citations, and equity and inclusion by design. This is consistent with UNESCO's guidance (a human-centred vision, immediate actions, and capacity building), the AI Act (Article 50 on transparency and marking obligations), the Safe AI in Education Manifesto (human supervision, privacy, accuracy, explainability, transparency), and the SAFE framework (Safety, Accountability, Fairness, and Efficacy) as an operational bridge between policy and the classroom. Scenario 1 prioritises low risk and high transparency; Scenario 2 focuses on traceable iteration with significant human post-editing; and Scenario 3 demands robust evidence and auditing (prompts, versions, verification, bias/language checks, human/peer review), with strengthened controls due to its higher impact. This gradient aligns with sector guidance, which promotes authenticity, agency, and ownership of the process and advises against relying on detectors, thereby reinforcing designs that verify agency and traceability. Two instruments facilitate adoption and consistent evaluation: firstly, a cross-cutting rubric (veracity and currency, traceability, correction of hallucinations, equity and language, and quality of interaction); and secondly, checklists for each type of task. The result is an operational map for marking, verifying, and documenting in proportion to risk, which enables artificial intelligence to be leveraged as a pedagogical opportunity without compromising on rigour, fairness, and responsibility.

Palabras clave
Inteligencia artificial generativa en educación superior; Alfabetización crítica en inteligencia artificial; Transparencia y trazabilidad; Evaluación auténtica y agencia humana; Gobernanza y marco normativo.

RESUMEN

Este artículo propone una vía pragmática y proporcionada para integrar la inteligencia artificial generativa en la educación superior mediante tres escenarios graduados por autonomía, agencia y riesgo (apoyo responsable, colaboración guiada y cocreación con declaración reforzada) que convierten principios amplios en decisiones docentes verificables y trazables a lo largo del ciclo docente (planificación, creación de materiales, apoyo y evaluación). El hilo conductor es la inteligencia artificial como complemento bajo juicio académico, nunca sustituto, con transparencia (declaración de uso y marcado de contenido sintético), verificación externa de hechos y citas, y equidad e inclusión por diseño, en coherencia con la guía de la UNESCO (visión centrada en las personas, acciones inmediatas y refuerzo de capacidades), el AI Act (Artículo 50 sobre obligaciones de transparencia y marcado), el *Safe AI in Education Manifesto* (supervisión humana, privacidad, precisión, explicabilidad, transparencia) y el marco SAFE (Seguridad, Rendición de cuentas, Justicia y Eficacia) como puente operativo entre política y aula. En el Escenario 1 se

Recibido, 27/10/2025. Revisado, 27/10/2025. Aceptado, 27/10/2025. Publicado, 13/11/2025.
e-ISSN: 2444-8729

priorizan bajo riesgo y alta transparencia; en el 2, la iteración trazable con post-edición humana significativa; en el 3, evidencias robustas y auditoría (*prompts*, versiones, verificación, sesgos/idiomas, revisión humana/pares), con controles reforzados por su mayor impacto. Este gradiente se alinea con la orientación sectorial, que promueve autenticidad, agencia y propiedad del proceso y desaconseja depender de detectores, reforzando diseños que comprueban agencia y trazabilidad. Dos instrumentos facilitan la adopción y la evaluación homogénea. Por un lado, una rúbrica transversal (veracidad y actualidad, trazabilidad, corrección de alucinaciones, equidad e idioma, calidad de interacción) y, por otro lado, listas de verificación por tipo de tarea. El resultado es un mapa operativo para marcar, verificar y documentar con proporcionalidad al riesgo, que permite convertir la inteligencia artificial en oportunidad pedagógica sin ceder en rigor, justicia y responsabilidad.

1. Introduction

As the third anniversary of the public release of ChatGPT (30 November 2022) approaches, the university system is confronting the accelerated maturation of generative artificial intelligence (GenAI) (Jovanović & Campbell, 2022): more capable models, deeper integration into authoring and programming tools, and a social and academic use that is no longer exceptional but everyday (Chatterji et al., 2025). This inflexion point invites us to review what has been learned and, above all, to propose operational frameworks that enable a shift from reaction to pedagogical governance.

In 2023, the first editorial in this series took the pulse of academia in real time: the arrival of ChatGPT precipitated a polarised debate between the promise of disruption and the panic over real risks (plagiarism, opacity, bias, displacement of competences) (García-Peñalvo, 2023). That piece argued that diagnosis must go beyond enthusiasm or alarm and called for the conversation to be framed in terms of critical literacy, traceability and human responsibility in the use of GenAI. This interpretative framework, mindful of the novelty yet demanding of evidence and ethics, enabled the clear identification of the phenomenon's nature and its limitations.

In 2024, the second editorial adopted a multiperspective view, analysing GenAI through the roles that coexist in higher education: academic staff, students, academic leaders and development/support teams (García-Peñalvo, 2024a). This actor map highlighted that decisions are neither homogeneous nor symmetrical: objectives, risk exposure, verification capacities and transparency obligations differ. Building on this cartography, it was emphasised that institutional policies should be aligned with classroom practices and with instructional design that makes explicit the agencies (human and tool), the citation of sources and the recording of artificial intelligence (AI) contributions.

This third contribution, produced in the final quarter of 2025, also arrives with a more clearly defined regulatory context and set of international orientations. The European Union's Artificial Intelligence Act 2024/1689 (AI Act) (European Parliament & The Council of the European Union, 2024) introduces a risk-based approach that directly affects obligations of documentation, transparency, and oversight. However, its focus is not educational per se; its spirit permeates university policies and the requirements for procurement and technological deployment. In parallel, UNESCO's Guidance for GenAI in education and research (UNESCO, 2023) calls for a human-centred vision, institutional capacities and staff development, as well as immediate measures to mitigate risks and close preparedness gaps. This regulatory and programmatic convergence offers a firmer basis for moving from improvisation to responsible implementation.

On this basis, an evolution is proposed: to organise the educational use of GenAI into three scenarios, guided by tool autonomy, human agency and risk exposure, which can function as a common language across roles and as a practical guide for deciding which use is reasonable, how to make it verifiable, and with which safeguards. The aim is not to add yet another taxonomy, but to facilitate adoption by linking each scenario to examples of activities, disclosure criteria, traceability mechanisms (from prompt logs to verifiable citations), and metrics that enable the evaluation of learning, quality, and opportunity cost.

Suppose the first paper (García-Peñalvo, 2023) focused on naming the phenomenon and the second (García-Peñalvo, 2024a) on situating it in its roles. In that case, this third paper advances towards an organisation by exploring scenarios that help inform decisions and actions. The objective of the article is therefore twofold: to define these three scenarios (from responsible support to co-creation) and to provide a roadmap that enables academic staff (and educational institutions) to translate principles and regulations into practices that are verifiable, assessable and sustainable over time.

2. Critical AI literacy in higher education

2.1. What GenAI is–and is not

GenAI refers to AI models capable of producing novel synthetic content in any form and supporting any task through generative modelling (García-Peñalvo & Vázquez-Ingelmo, 2023). To achieve the natural-language performance (noting that generation is now multimodal) that has propelled GenAI to prominence, these models must be huge (billions of parameters) hence the term Large Language Models (LLMs) (Zhao et al., 2025), understood as state-of-the-art AI systems that can process and generate text with coherent communication and generalise across multiple tasks (Naveed et al., 2025). Formally, parameters are the weights of the layers in neural networks; that is, intrinsic elements of the model that are adjusted to optimise performance on the task of predicting the next word or sequence of text based on prior context. The number of parameters can range from millions to trillions, directly influencing an LLM's capacity and complexity.

Prominent examples of LLMs might include GPT-5 (OpenAI, 2025), Claude Sonnet 4.5 (Anthropic, 2025), or more recent open models such as DeepSeek-V3.2 (DeepSeek, 2025). In educational contexts, GenAI commonly refers to these text-generation tools (for example, ChatGPT-style chatbots) used to answer questions, draft essays, or summarise information, among many other uses.

Equally important as knowing what GenAI *is* is understanding what it *is not*. These systems are neither conscious minds nor infallible oracles, but highly advanced statistical algorithms. They work by predicting the next word in a sequence using context, imitating patterns of natural language. They do not truly *understand* the meaning of what they say, nor do they possess genuine knowledge; instead, they generate text with the *appearance* of meaning from correlations in their training data. Therefore, their fluency should not be confused with truthfulness or genuine understanding.

GenAI is not omniscient "magic" or Tolkien's Palantír (Alier-Forment et al., 2026), even if Arthur C. Clarke's Third Law –"any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic" (Clarke, 1973)– may ring true for many users; it remains a technology with specific scope and limitations that must be understood. Well-used, GenAI can be a valuable tool for improving quality and equity in higher education; however, when poorly used, without a critical understanding or ethical guardrails, it can have the opposite effect (García-Peñalvo, Llorens-Largo, et al., 2024; Lee et al., 2024).

Critical GenAI literacy consists precisely in equipping staff and students with that informed lens (Castañeda & Selwyn, 2018; Veldhuis et al., 2025), which means harnessing its potential with caution and knowledge, understanding what GenAI is and what it is not.

2.2. How it works: models, data, and training

Modern generative language models are trained using deep-learning techniques (neural networks) with Transformer architectures (Vaswani et al., 2017, 2023). Introduced by Google in 2017, the Transformer enables the processing of long text sequences by attending to relationships among words. Models such as GPT-5 have hundreds of billions of trainable parameters, affording them substantial capacity to model human language. In practice, they first undergo massive unsupervised pre-training (Brown et al., 2020), where they are fed a vast text corpus and learn to predict the next word based on what they have read, thereby capturing grammatical and semantic patterns. This breadth of training data is precisely what enables them to respond to science, history, art, or technology, depending on the context of the question. Filters are also applied during data collection to exclude highly offensive or biased language; however, many biases and imbalances present on the Internet inevitably end up being incorporated into the model (Bender et al., 2021; Weidinger et al., 2021).

After pre-training, fine-tuning typically follows. A common technique is to train the model on high-quality instruction–response pairs, enabling it to learn to follow human prompts (*instruction tuning* (Wei et al., 2022)). Additionally, Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF) is employed (Christiano et al., 2017; Ouyang et al., 2022): human raters score model outputs, which signals a reward model that steers the LLM to align its responses with human preferences and values.

All this requires enormous computational infrastructure, including supercomputers with thousands of GPUs (graphics processing units) that work in parallel for considerable periods (Brown et al., 2020). Hence, only organisations with substantial resources (such as technology companies and research centres) have been able to develop such LLMs, rendering their internals something of a black box for most users.

This massive scale also carries a substantial, and often invisible, environmental cost (Google, 2025). Running thousands of processors continuously requires vast amounts of energy, contributing significantly to a carbon footprint (Dhar, 2020; Schwartz et al., 2020), particularly when electricity is generated from non-renewable sources. There is also considerable fresh-water consumption (Li et al., 2025; Qiao et al., 2025) used to cool data centres and prevent server overheating. Every interaction with an AI model, from training to daily use, indirectly consumes these valuable resources (Jegham et al., 2025).

In essence, an LLM generates highly plausible text according to probabilities derived from its training. This explains both its power and its pitfalls. On the one hand, it can produce detailed responses on myriad topics, imitating diverse discourse styles. On the other hand, it lacks a guaranteed fact-checking mechanism beyond what is embedded in its weights from training, even though most mainstream chatbots can now consult the internet to provide more up-to-date factual information. This can yield content that, although coherent and plausible, is incorrect or not grounded in real data, resulting in hallucinations (Perković et al., 2024; Towhidul Islam Tonmoy et al., 2024). Moreover, the absence of a direct link to sources (except when retrieval is performed over specific sources, such as knowledge bases or the web) means the model cannot correctly cite or attribute ideas or data it provides. All these technical factors underscore the importance of users (teachers and students in academic contexts) understanding how these models operate, so they can use them in an informed way, aware of what to expect (and what not to expect) from their outputs.

2.3. Risks in university practice

Integrating GenAI in higher education offers undeniable advantages but also entails concrete risks that critical literacy must anticipate. In universities, these risks range from inadvertent misinformation (for example, summaries that distort scientific results or plausible hallucinations) to ethical and pedagogical dilemmas linked to integrity, traceability, and assessment. Far from justifying prohibition, they are a call to integrate these tools with critical spirit and informed caution, reinforcing verification, transparency, and responsible instructional design. This requires identifying hallucinations, recognising and counteracting biases, maintaining students' intellectual autonomy, and safeguarding academic principles (truthfulness, citation, originality) through clear guidance and competence development.

Some of the main risks identified in academic practice are (García-Peñalvo, 2024a; García-Peñalvo, Llorens-Largo, et al., 2024):

- **Hallucinations and veracity.** LLMs can hallucinate content, i.e., generate incorrect or non-existent information presented with complete apparent confidence (Ji et al., 2023). For instance, they often invent bibliographic references or academic citations that sound plausible but do not exist. Comparative studies have found that even advanced models, such as GPT-4, produce a worrying proportion of fabricated references (around 28% under specific tests). In contrast, other models, such as Bard, have reported false citation rates exceeding 90% in systematic review settings (Chelli et al., 2024). This automated lack of truthfulness is hazardous in university contexts, where students may accept erroneous information, believing "AI does not make mistakes", and then base work on falsehoods, that is, automation bias, the human propensity to over-trust automated systems and discount one's own judgement (Romeo & Conti, 2025). Without internal mechanisms for traceability, it is difficult to verify the provenance of each assertion or detect errors without investing time in corroboration with external sources (Huang & Chang, 2024; Shao, 2025). The tendency of AI to "say something" even without reliable data (including confidently fabricated citations) demands that academics be sceptical by default and always cross-check information (Gibney, 2025; Peters & Chin-Yee, 2025).
- **Bias and equity.** Generative models inherit the biases present in their training data. They may reproduce historical or social prejudices in their outputs. For example, associating gender or racial stereotypes with particular professions, or overlooking perspectives from underrepresented regions in the academic literature (An et al., 2025; Torres et al., 2025). Used incautiously, they can reinforce inequalities or provide partial information. In addition, because many are trained predominantly in English, some GenAI systems perform worse in other languages, particularly with minority ones, thereby creating linguistic gaps (Roxas, 2024; Xu et al., 2025). Teaching staff should be aware of these biases and mitigate them by filtering outputs, adjusting prompts, or complementing with diverse sources. Inclusion is key; without vigilance, AI may perpetuate only the dominant voices in its corpus (Afreen et al., 2025; UNESCO, 2023).

- **Dependence and reduced learning.** There is a risk of excessive dependence on these tools by students and staff, who may delegate core cognitive tasks (such as searching, cross-checking, synthesis, and argumentation) to AI, thereby eroding the practice of these skills. Recent evidence suggests that overconfidence and cognitive offloading, which involves using external tools to reduce mental effort (Risko & Gilbert, 2016), are associated with lower critical thinking and cognitive engagement, mainly when students accept answers without verification (Gerlich, 2025; Zhai et al., 2024), potentially leading to intellectual laziness. This manifests in a tendency to accept the first AI output as sufficient (automation bias), to cite it as an authority, and to use it to draft work with minimal personal contribution, thereby raising risks for academic integrity and shallow learning (Bittle & El-Gayar, 2025). Neurocognitively, indications of reduced functional connectivity have been observed when academic writing is performed with continual AI assistance versus without tools, reinforcing the need for formative rather than substitutive use (Bai et al., 2023). AI-literacy frameworks and reviews on educational misinformation emphasise the importance of designing activities that require cross-checking, justification, and documentation of AI use to prevent uncritical dependence and its evaluative consequences (Fulsher et al., 2025). Academically, this yields a dual challenge: students may face frustration and penalties when defective AI responses are submitted unverified; staff may drift into delegating core tasks of design and feedback, missing opportunities to foster metacognition and expert judgement. Critical literacy should therefore delimit when AI use is appropriate (for example, brainstorming or planning support) and when students must do the work themselves to achieve programme competences; it should also establish minimum safeguards of transparency (declare use), traceability (log prompts and sources), and verification (check against scholarly literature) (Fulsher et al., 2025).
- **Lack of transparency and citation.** As noted, current models do not natively reveal their sources, hindering attribution and academic accountability; hence, the literature proposes integrating citation/justification mechanisms into LLMs as a safeguard (Huang & Chang, 2024). Unlike a search engine that lists documents, an LLM fuses what it has learned and generates a single response with no verifiable references. This opacity is at odds with the university's values of evidence-based research and correct citation. In practice, there is a growing risk: students may include AI-generated information without citing it, or, even worse, submit fabricated bibliographies generated by the model. Recent works document high rates of false citations and efforts to mitigate them (Gibney, 2025; Glynn, 2025). There are also intellectual-property implications. Models can memorise and reproduce training text, including copyrighted work, especially under specific attacks or prompts, which raises legal risks and necessitates safeguards and controls (Liu et al., 2024; Mueller et al., 2024). The absence of automatic attribution complicates reliability assessment. In this context, institutions must define when and how to cite AI (for example, as support/tutoring or as a source requiring explicit mention), and imply disclosure of use, traceability (including prompt and source logs), and external verification as good academic practice (UNESCO, 2023).

2.4. Operational principles for critical literacy

Critical literacy in GenAI is not merely about knowing how to use tools but about using them with judgment within the context of academic values and practices. To conclude the conceptual framework, four operational principles are proposed to guide the rest of the paper:

1. **Verification before adoption:** every generated output is cross-checked against verifiable academic sources; avoid incorporating claims or citations without traceability (Huang & Chang, 2024; UNESCO, 2023).
2. **Explicit human agency:** AI assists rather than replaces deliberation, analysis and authorship; tasks are designed to require human judgement and metacognitive reflection (Peters & Chin-Yee, 2025).
3. **Equity and inclusion by design**: anticipate biases and linguistic gaps; adjust prompts and materials to incorporate underrepresented voices and the languages of the context (An et al., 2025; Roxas, 2024).
4. **Transparency and accountability**: every AI intervention leaves an auditable trail (brief disclosure, record of prompts/sources, revised final version) and complies with documentation and oversight obligations (European Parliament & The Council of the European Union, 2024; UNESCO, 2023).

These principles are operationalised in Section 3, which specifies competencies, evidence and classroom tools to deploy GenAI with safeguards, and connects them to the three responsible-use scenarios that form the core of the paper.

3. Competences for critical literacy in GenAI

Building on the framework set out in Sections 2.1-2.3, this section translates those foundations into verifiable teaching practices (Artopoulos & Lliteras, 2024). The aim is to sustain the quality, equity, and traceability of knowledge through four key elements: explicit human agency, systematic verification, inclusion by design, and transparency (European Parliament & The Council of the European Union, 2024; Huang & Chang, 2024; UNESCO, 2023). The competences are organised into five interconnected domains: 1) functional understanding; 2) critical evaluation and verification; 3) effective interaction; 4) ethics, privacy and compliance; and 5) equity and inclusion.

Functional understanding. Mastery of AI engineering is not required; it is sufficient to explain in plain language how GenAI works and its limits, already summarised in 2.1-2.3, and to recognise when an output demands external verification (Kassorla et al., 2024; UNESCO, 2023). This foundation demystifies the "magic" and the "black box" effect and enables the informed integration of GenAI into teaching workflows (tool selection, activity design, verification criteria). As a starting practice, it is helpful to have a model factsheet for the tool to be used (knowledge cut-off, majority or minority languages, modes with/without search, usage restrictions), accessible to students and staff (Burneo-Arteaga et al., 2025; Yang et al., 2025).

Critical evaluation and verification. Verification shifts from an exception to a habit. Recent literature suggests that LLMs can distort or overgeneralize scientific results, even when instructed to be precise (Peters & Chin-Yee, 2025), and that the fabrication of citations is not an isolated incident (Gibney, 2025). In the university context, if not countered, this transmits errors with an appearance of erudition (Zhai et al., 2024). The pedagogical response is not prohibition (García-Peñalvo, Llorens-Largo, et al., 2024), but designing verification so that every generated output is cross-checked against verifiable academic sources before being accepted in an assignment (Huang & Chang, 2024, with a brief record of the review. International frameworks, therefore, recommend protocols for transparency and verification, as well as targeted staff development, to ensure that validity, currency, and equity are not compromised (Frau-Meigs, 2024; UNESCO, 2023). To systematise the process, institutions can adopt the cross-cutting rubric shown in Table 1 and require task-specific checklists (presented in Table 2).

Effective interaction (prompts and post-editing). Interaction with GenAI rests on well-framed prompts and responsible post-editing. A good prompt is not a secret formula but an educational criterion: it provides context (module, level, objective), constraints (length, format, precision) and expectations about sources ("if you mention literature, propose titles with DOIs; these will be verified") (Boonstra, 2025; Kotha et al., 2025). Embedding prompt engineering within university curricula has shown clear benefits (Knoth et al., 2024; Lee & Palmer, 2025). Even so, the key lies in post-editing: detecting hallucinations, adding real references, sharpening the reasoning and signing off the result with human authorship (Bedington et al., 2024; Nguyen et al., 2024). This pattern aligns use with learning: GenAI helps you start; knowledge is consolidated through review. Evidence of learning may include an annotated version with corrections, a list of verified sources, and a brief reflection on the editing decisions made.

Ethics, privacy and compliance. This strand is not ancillary. Regulation (EU) 2024/1689 consolidates a risk-based approach which, although not education-specific, affects university procurement, deployment and documentation (European Parliament & The Council of the European Union, 2024). In the classroom, it entails knowing the limits of assistance (academic integrity), not entering personal or special-category data into services without guarantees, and prioritising institutional deployments or private modes where appropriate (Dúo-Terrón, 2024; Hayes et al., 2025; Nam & Bai, 2023). It also requires attention to intellectual property and the legitimate use of materials (Liu et al., 2024). Every GenAI intervention should leave a trail: a brief disclosure of use, an internal record of prompts and decisions, and a revised final version. This trail enables auditing, learning and improvement (García-Peñalvo et al., 2025).

Equity and inclusion. This is the strand most easily overlooked yet decisive for academic quality in the medium term. LLMs inherit biases and can reproduce gender or racial stereotypes (An et al., 2025). Linguistic gaps also persist, such as performance declines in lower-resource languages and non-Anglophone corpora, with direct effects on the quality of generated output (Roxas, 2024; Xu et al., 2025). Inclusion is not delegated; it is designed. In practice, this means framing prompts with an equity lens ("include women authors and under-represented regions; avoid bias"); alternating models/modes when the language of instruction is not English; diversifying sources to avoid perpetuating the dominant canon; and explicitly rewarding such diversification in assessment. The task-type checklist in Table 2 operationalises these controls.

Critical literacy seems time-consuming if improvised; it is not if standardised. Two instruments help ease the burden and turn expectations into a shared routine. With these two elements, any lecturer can assess how GenAI has been used, not only what has been submitted:

- The cross-cutting rubric in Table 1 (five items: veracity/currency; traceability via disclosure and record-keeping; correction of hallucinations; equity/inclusion; quality of GenAI interaction), scored 0-2.
- The checklists in Table 2 (paper summary, essay, quantitative problem, code, image) specify what to check and how to evidence it.

Table 1. Cross-cutting rubric for the use of GenAI in academic tasks (0-2 per item; total 0-10)

Item	0 (Insufficient)	1 (Adequate)	2 (Excellent)
1. Veracity and currency of sources	No verification; unverified/ out-of-date data/citations included.	Partial verification; obvious errors corrected, but gaps or weak sources remain.	All key claims triangulated with current DOIs/ISBNs/academic URLs; figures and citations cross-checked.
2. Traceability (disclosure + record-keeping)	No AI use declared; no prompts/versions retained.	Generic disclosure without details; incomplete record.	Clear disclosure (tool, stage, limits) and auditable record (prompts, versions, decisions).
3. Correction of hallucinations/errors	Hallucinations/fabricated citations detected but not corrected.	Main hallucinations corrected; minor issues remain.	All hallucinations identified and corrected; the correction process is documented.
4. Equity and inclusion (voices/languages)	Anglocentric or low-diversity sources/examples; biases unaddressed.	Some diversifications of sources; partial attention to bias/language.	Diverse sources/examples (gender/region/ paradigm); explicit attention to the language of instruction.
5. Quality of interaction with AI (prompt + post-editing)	Vague prompt; output adopted without review.	Prompt with basic criteria; limited post-editing.	*Prompt with context, criteria and constraints; substantive post-editing (structure, accuracy, style, real citation).*

Suggested interpretation:

0-3 = Redo with supervision; 4-6 = Acceptable with improvements; 7-8 = Good; 9-10 = Excellent.

Table 2. Task-type checklists

Scientific paper summary
◻ Identify the original paper (PDF) and DOI. ◻ Verify objective, method, sample/data and results against the PDF. ◻ Check numbers, tables and figures (identical values; no "creative averages"). ◻ Flag and correct exaggerations or over-generalisations. ◻ Replace fabricated citations with real references or remove them. ◻ Record in an appendix: prompt → output → corrections → sources.
Argumentative essay
◻ State thesis and criteria (scope, limits, definitions). ◻ Verify facts and citations with DOI/ISBN/academic URLs. ◻ Integrate relevant non-dominant voices (authors/regions/schools). ◻ Flag and revise potential biases in examples/analogies. ◻ Rewrite in your own style; indicate what the AI contributed (disclosure). ◻ Record in an appendix the decisions (why parts of the output were accepted/rejected).
Quantitative problem / data analysis
◻ Replicate the procedure step by step (calculation or code) and attach evidence. ◻ Validate units, rounding and error propagation. ◻ If there is code: run minimum tests and add comments. ◻ Compare with an official or standard source (manual, official database). ◻ Record discrepancies and how they were resolved. ◻ Record in an appendix: prompt → output → corrections → sources.
Code / engineering
◻ Specify requirements (I/O, complexity, security, licences). ◻ Perform static (linters) and dynamic (unit tests) review. ◻ Cite external snippets where applicable (licence). ◻ Analyse risks (dependencies, data, vulnerabilities). ◻ Record in an appendix: prompt → versions → rationale for changes → test results.

(*continued*)

Table 2. Task-type checklists (*continued*)

Image / visual material
◻ State provenance (own, generated, stock) and licence; include C2PA metadata where applicable. ◻ Verify fidelity (maps/graphs: scales, legends, projections, units). ◻ Avoid stereotyped visual representations. ◻ Note transformations (editing, upscaling, inpainting). ◻ Record sources and permissions. ◻ Record in an appendix: prompt → versions → rationale for changes.

Staff development closes the loop. Given the pace of change, GenAI literacy requires a stance of continuous updating, as models and safeguards evolve and new regulations and guidance emerge with implications for teaching and assessment (European Parliament & The Council of the European Union, 2024; Kassorla et al., 2024; UNESCO, 2023). Ongoing training, communities of practice, and methodological adjustments are necessary conditions for responsible integration (Abegglen et al., 2024; Jin et al., 2025; Nerantzi et al., 2023; Sozon et al., 2025).

It is worth underlining that this critical literacy does not compete with the usage scenarios at the core of the paper; it enables them. In Scenario 1 (responsible support), basic verification and a brief disclosure are sufficient to ensure quality without overburdening the process. In Scenario 2 (guided collaboration), the focus is on traceable iteration (learning journals, explicit rubrics, version comparison). In Scenario 3 (co-creation with reinforced disclosure), traceability is complete, encompassing prompts, versions, sources, decisions, and peer review. In all cases, human agency is the hinge that turns technical capability into meaningful academic practice.

Critical literacy in GenAI turns the promises and limits outlined in 2.1-2.3 into professional habits: understanding enough to avoid the illusion of infallibility; verifying before adopting; designing interaction to learn, not merely to produce; respecting privacy and regulation; and ensuring that all voices (languages, regions, perspectives) enter the classroom. Promoting GenAI literacy and fostering responsible digital competences across the educational community is essential (Vivas Urias & Ruiz Rosillo, 2025). By mastering these competences, academic staff can convert the arrival of GenAI into a pedagogical opportunity, enriching teaching with innovation and avoiding myths and threats (García-Peñalvo, 2024b). With the instruments presented in Tables 1 and 2, these practices become teachable, observable, and assessable. In this way, the university prepares for a future in which GenAI is integrated into the creation and dissemination of knowledge, expanding critical thinking, creativity, and rigour, never constraining them.

4. Standards and safeguards

This section links the professional habits from Section 3 to four frameworks that today serve as reference points for safe AI use in academic contexts: UNESCO's global guidance (2023), Regulation (EU) 2024/1689 (the AI Act) (European Parliament & The Council of the European Union, 2024), the SAFE framework (Safety, Accountability, Fairness, Efficacy) (EDSAFE AI, 2021), and, serving as the backbone, the Safe AI in Education Manifesto (Alier et al., 2024). All four imply decision-making at both classroom and institutional levels, with a focus on the principles underlying the previous sections, namely explicit human agency, privacy and security assurance, ethical commitment, and transparency.

4.1. The Manifesto as the guiding thread

The Safe AI in Education Manifesto (Alier et al., 2024) outlines principles for human oversight and the right to appeal, confidentiality, alignment with strategy and pedagogy, accuracy/explainability, interface and behaviour transparency, and ethical training and data transparency (García-Peñalvo, Alier, et al., 2024). The spirit is clear: AI complements educators and never replaces them; AI-generated content must be marked and verifiable; and the institution must be able to audit how the tool was used. This aligns with the four proposed vectors (agency, verification, inclusion, and transparency) and the instruments outlined in Tables 1 and 2.

This manifesto connects to the proposed scenarios as follows:

- **Scenario 1 (responsible support)**: apply accuracy, explainability, and transparency through a brief disclosure of use, visible marking of AI-generated content, and basic verification before incorporating outputs.
- **Scenario 2 (guided collaboration)**: reinforce supervision, the right to appeal, and didactic alignment through iterative versions with logging, instructor review, and opportunities for students to discuss/rectify inferences.

- **Scenario 3 (co-creation with reinforced disclosure)**: explicit criteria on data/sources/biases; complete audit trail and peer review.

4.2. UNESCO: Human-centred vision and institutional capacity

UNESCO's guidance (2023) calls for immediate actions (ethics, privacy, security, equity, transparency, and literacy), medium-term policies, and staff development to sustain a human-centred vision.

This guidance connects to the scenarios as follows:

- **Scenario 1 (responsible support)**: disclosure of use, verification, and no use of personal data.
- **Scenario 2 (guided collaboration)**: Strengthen faculty capacity through Rubrics.
- **Scenario 3 (co-creation with reinforced disclosure)**: ethical and pedagogical validation before high-exposure uses (for example, AI-assisted peer assessment).

4.3. AI Act: Proportional risk and transparency obligations

The AI Act (European Parliament & The Council of the European Union, 2024) is not an education statute. Still, it structures adoption by risk levels, distinguishing minimal risk (no obligations), limited risk (with transparency obligations, for example, informing users they are interacting with AI and marking synthetic content), and high risk (risk management, data governance, technical documentation, registration, and impact assessments where applicable). For education, the key is proportionality: in non-evaluative learning uses, reinforce transparency; when AI affects academic decisions (for example, grading), emulate "high-risk" controls, with human review, full traceability, bias analysis, and documentation.

This regulation connects to the scenarios as follows:

- **Scenario 1 (responsible support)**: treat as limited risk, implying consistent disclosure of use, marking AI-generated content, and prohibiting reliance on AI output as the sole basis for grading.
- **Scenario 2 (guided collaboration)**: if AI is used for feedback or learning pathways, prepare purpose-and-risk documentation at the course level and keep interaction logs.
- **Scenario 3 (co-creation with reinforced disclosure)**: employ "high-risk"-style controls: human review before academic effects, bias audit, and technical documentation accessible for accreditation.

4.4. SAFE: From principle to practice

The EDSAFE AI SAFE framework (2021) bridges public policy and the classroom. It summarises what any implementation must guarantee: Safety (S), Accountability (A), Fairness (F), and Efficacy (E), and provides practical resources: use policies, resource libraries, acceptable-use templates, and professional-development materials. For departments and institutions, SAFE is the operational checklist that complements the Manifesto (principles) and the AI Act (compliance).

This framework connects to the scenarios as follows:

- **Scenario 1 (responsible support)**: S = no personal data; A = disclosure and logging; F = quick bias checks; E = leave evidence of added learning.
- **Scenario 2 (guided collaboration)**: more A and E, implying traceable versioning, rubrics, and with/without-AI comparisons.
- **Scenario 3 (co-creation with reinforced disclosure)**: full SAFE, with periodic bias/error audits and efficacy testing of AI-assisted instructional design.

4.5. Roadmap for safe GenAI use in education

All four references converge on a practical message: yes, to GenAI, but with human agency, proportional risk, and verifiable transparency. The Manifesto provides the classroom idiom (supervision, privacy, accuracy, explainability, transparency); UNESCO contributes a human-centred vision and institutional capacity; the AI Act brings the risk architecture and obligations on marking and documentation; and SAFE offers the resource bridge between policy and practice. With this compass, the paper's three scenarios become coherent choices in

design, assessment, and procurement, with graduated safeguards and learning metrics that avoid both improvisation and paralysis.

A layered system is proposed, with a minimum sequence (see Table 3), linking the scenarios to the four frameworks.

Table 3. Layers for a roadmap to safe GenAI use in education

Layer 1: Baseline transparency (for all uses)	**Layer 2: Proportional risk management (when AI mediates learning/assessment)**	**Layer 3: Reinforced controls (when AI affects sensitive decisions)**
• Disclosure of use (tool, stage, limits). • Visible marking of AI-generated content and logging of prompts/versions. • Prior verification of facts/citations (fabricated bibliographies prohibited). *(Manifesto: transparency & accuracy; UNESCO: human-centred vision; AI Act Art. 50: content transparency; SAFE: accountability).*	• Risk matrix per activity (impact on grade, data processed, foreseeable biases, mitigations). • Structured, documented screening in the educational context (mini-DPIA: who/what for/what data/how supervised and appealed) to ensure a full DPIA is not required. • Evidence of instructional efficacy (what learning improvement justifies use). *(AI Act: risk-based approach; Manifesto: supervision and accuracy; SAFE: efficacy and accountability).*	• Mandatory human review and students' right to appeal. • Bias audits and multilingual performance checks; communicate limitations. • Complete technical documentation and traceability for evaluation and accreditation. *(Manifesto: supervision, privacy and data transparency; AI Act: reinforced obligations; SAFE: S/F/A).*

Note on DPIA: In the EU context, the "mini-DPIA" is a light-touch screening to decide whether a full Data Protection Impact Assessment (DPIA) is required under GDPR Article 35 (European Parliament & Council of the European Union, 2016), and to document mitigations (for example, human oversight and appeal, data minimization, access controls, marking, verification).

5. Three scenarios for using AI in education

What follows defines three usage scenarios, including their typical activities, risks, safeguards, minimum evidence and metrics, explicitly connected to the Safe AI in Education Manifesto (Alier et al., 2024), UNESCO's guidance for GenAI in education and research (2023), the AI Act (Article 50) (European Parliament & The Council of the European Union, 2024), and the SAFE framework (EDSAFE AI, 2021).

5.1. Scenario 1: Responsible support (low risk, low autonomy)

This first scenario describes an instrumental and non-summative use of AI. Teachers use AI tools to support their work. The tool aids in thinking, structuring, and refining prose, yet it does not make substantive decisions on its own. This is the space for instructional design and content preparation, where tasks include generating study outlines, proposing self-assessment questions, clarifying complex concepts with alternative explanations, and drafting teaching materials that are then reviewed and validated by staff. The pedagogical key is that AI is assistance, not a shortcut; it opens possibilities rather than closing the reasoning. The Safe AI in Education Manifesto effectively captures this philosophy: AI complements educators rather than replacing them; its intervention should be transparent and auditable; and adopted outputs must be verifiable, not taken on trust.

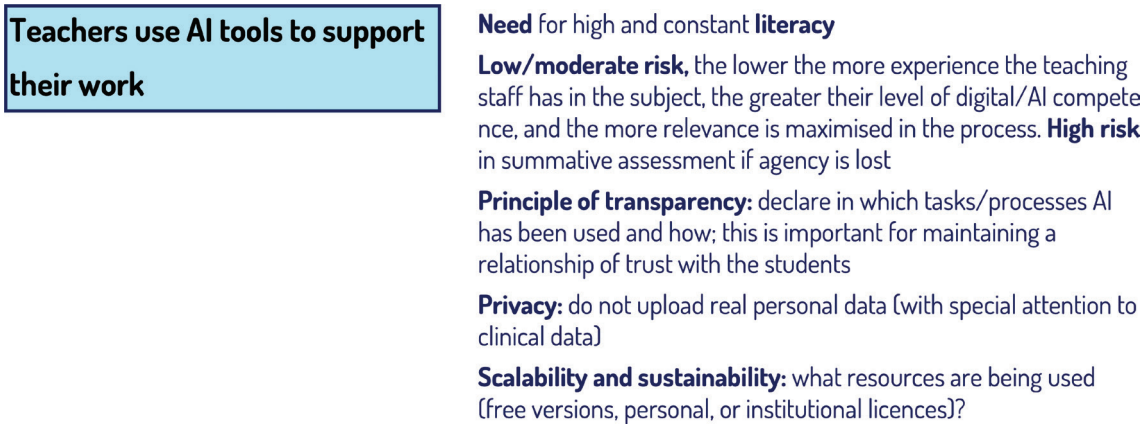
Risks, while contained, do exist. The most common is the appearance of truth without veracity: AI synthesises fluently but may introduce errors or overstate conclusions. Human cognitive biases also play a role (for example, overconfidence in a well-written response), and privacy can be compromised if personal data is shared with external services. None of this requires prohibition; it does require good habits. Here, the UNESCO guidance is pragmatic: it emphasises immediate actions around marking, literacy, and verification, as well as policies that preserve human agency, and staff development that enables them to explain limits and good practices.

Safeguards are therefore proportionate and straightforward. First, transparency: briefly disclose that AI has been used, mark AI-generated content visibly, and keep a simple record of the flow "prompt → output → corrections". The AI Act reinforces this with transparency obligations for limited-risk systems, requiring users to be aware when they are interacting with AI and when AI has generated synthetic content. Such marking and disclosure are consistent with Article 50. Secondly, prior verification: every factual claim and every reference should be cross-checked against academic DOI/ISBN/URL sources before inclusion. Thirdly, data minimisation: avoid entering personal or sensitive information into services without assurances and prefer institutional deployments where available. Lastly, didactic fit: each use should serve a clear learning purpose (clarity, examples, re-explanation), rather than aiming to substitute for intellectual work.

How is responsible use evidenced? For student work, a brief disclosure, visible marking of generated passages, and a short post-editing note stating what was accepted and what was corrected are sufficient. Operational indicators then follow: the rate of claims or citations verified versus those corrected; and, in style-driven tasks, observable gains in clarity and coherence between draft and final version. For privacy, the threshold is zero incidents. Again, the Manifesto provides the classroom idiom and the SAFE framework as a bridge between policy and practice (safety and accountability). At the same time, UNESCO emphasises that transparency and literacy are the foundation of a human-centred approach.

This scenario turns AI into a visible assistant for staff, easing preparation and understanding without displacing authorship or verification. It is the natural entry point for instilling habits of marking, cross-checking and mindful use, and it serves as a shared culture before advancing to more intensive forms of collaboration. The balance is straightforward: low risk, high transparency, and academic judgment upfront.

Figure 1. Characteristics of the responsible support scenario.



5.2. Scenario 2: Guided collaboration (moderate risk, shared autonomy)

Here, the teacher integrates AI tools into activities with students. AI co-participates in creative or analytical processes, but always through traceable iteration and with meaningful human post-editing. An essay may begin with a dialogue with the tool to explore counter-arguments. However, students should rewrite in their own words, replace suggested references with actual citations, and explicitly explain how their reasoning evolved across versions. In programming, the tool accelerates scaffolding and testing, but the person retains design ownership, adds unit tests, and provides comments on decisions. In data analysis, AI can propose exploratory routes; students execute, validate assumptions, correct errors, and document traceability. The educational value lies in making decision-making and improvement across iterations visible, with lecturer review as a real safeguard, in line with the Manifesto (human oversight and right to appeal) and UNESCO's protocols of transparency and verification.

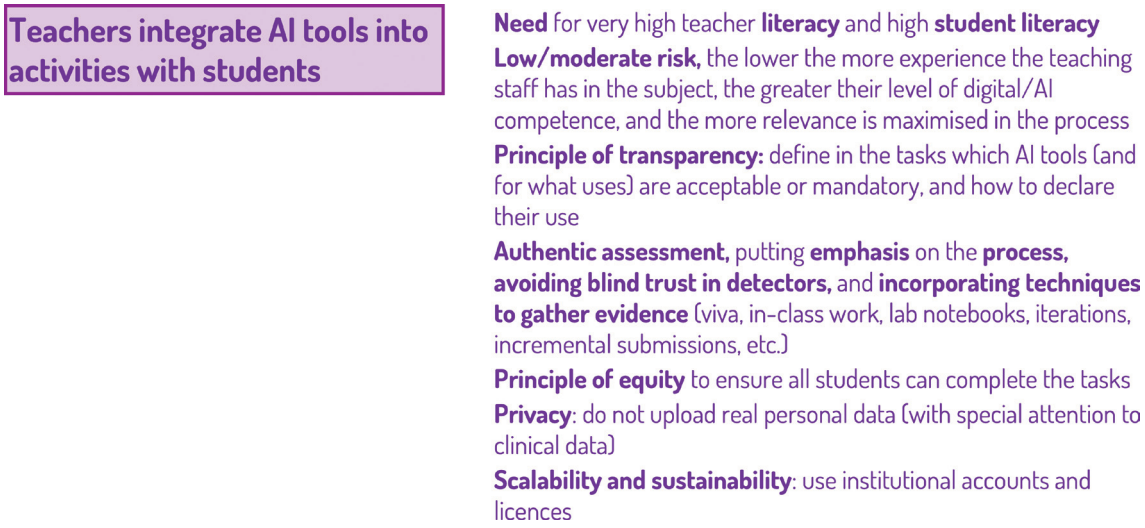
Risk falls between low and moderate, lower as staff expertise and digital/AI competence increase and as pedagogic relevance is maximised. The focus shifts from the isolated erroneous datum to the carry-over of errors across versions if post-editing is weak. Over-reliance may emerge if synthesis or argumentation is delegated to others. With external search, grounding (Kenthapadi et al., 2024) or RAG (Retrieval-Augmented Generation) (Zhao et al., 2024), well-grounded hallucinations can appear when sources are poorly anchored. The answer is not to slow iteration but to rail-guard it. Use reinforced traceability, a prompt log and explicit versioning (v1, v2, v3) with diffs and comments explaining what was accepted or discarded; ensure meaningful human review before publishing automated feedback or finalising an assessed version; bias and language checks, ensuring the model maintains quality and does not import prejudice (SAFE-Fairness); and where student data are processed, complete a lightweight DPIA screening (mini-DPIA) and escalate to a full DPIA if needed. Throughout, maintain clear marking and disclosure so that students are aware of which parts of feedback or drafts were generated by AI and under what specific conditions.

Evidence in this scenario is inherently process-centred: a version history, a list of verified sources with DOI/ISBN/URL, and a post-editing note explaining what changed and why. The rubric in Table 1 (veracity and currency, traceability, correction of hallucinations, equity and inclusion, quality of interaction with AI) supports

consistent assessment across modules. Sensible metrics include iteration gains (for example, argument quality or code robustness), correction rate of hallucinations, efficiency in time without sacrificing validity, diversity in the final bibliography, and compliance with prompt/version logs. The target is not merely a better final product but better-justified thinking and a more traceable process, coherent with the Manifesto, UNESCO's human-centred vision, the AI Act's principle of proportionality, and SAFE's logic of accountability/efficacy.

Guided collaboration makes AI a practice partner that speeds up, provokes and suggests, while the human discerns, corrects and signs. Speed is gained without sacrificing method, and students are taught to think with the tool while maintaining intellectual and ethical control of the process. This is the natural setting for developing prompting skills with discernment, post-editing, and systematic verification, as summarised in Figure 2.

Figure 2. Guided collaboration features.



5.3. Scenario 3: Co-creation with reinforced disclosure (high impact, high traceability)

This scenario represents a situation in which students will use AI tools autonomously for their own learning process. It is related to various types of academic products, ranging from course submissions to results that can have a high academic or public impact, as they may be deposited in institutional repositories, open-source repositories, or open exhibitions, thereby circulating beyond the classroom.

It is not that AI does more in terms of autonomy, but rather that the risk of the consequences is greater (lower the more maturity the student has in maintaining the agency of their learning and the greater their digital and AI competence); therefore, the safeguards must approach those of high-risk systems under the logic of the AI Act, with mandatory human review, full traceability, bias audits, and technical documentation accessible for review and accreditation. All this without losing the didactic focus; co-creation with AI remains a learning process where authorship is made explicit, veracity is validated, and there is honest communication about which AI tools assisted in the result.

Integrity and authorship become central issues. It is essential to distinguish between human contributions and automated assistance, as well as to avoid fabricated bibliographical references and reasoning that appear sound but are not. Equity also escalates in importance. If the product is public, biases related to gender, race, or region, as well as linguistic gaps when working in minority languages, cease to be a minor detail and become a quality requirement. Added to this are intellectual property and privacy risks when manipulating real data or materials with incompatible licences, and technical risks of prompt injection or manipulated sources when using grounding or RAG. The Manifesto and the SAFE framework provide guidelines for adequate human supervision, the right of appeal, privacy, accuracy, explainability, interface and data transparency, security, accountability, fairness, and efficacy.

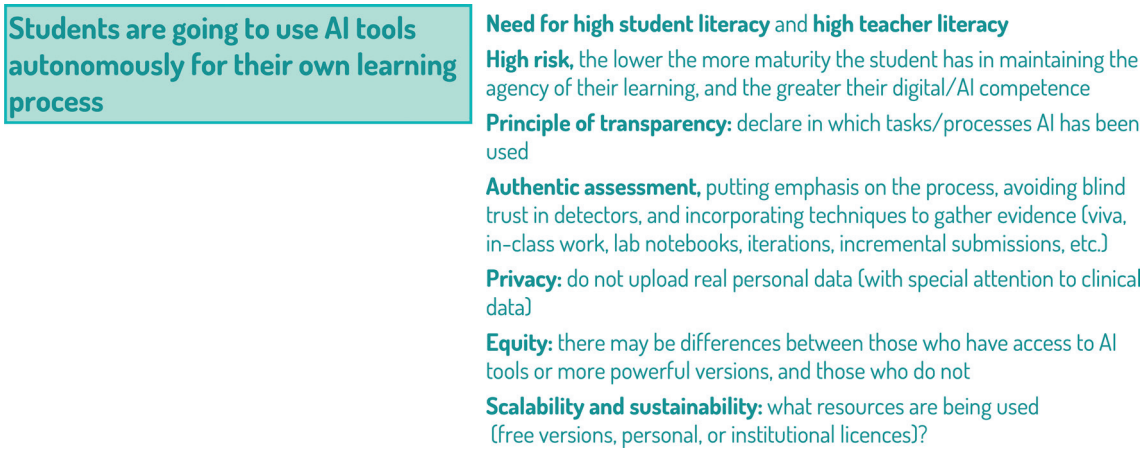
Operationally, this scenario requires declarations of use accompanying the product: who did what, full trace of prompts and versions, primary sources verified with DOI/ISBN/URL, a verification report explaining what was contrasted and how, an equity and language check, and a record of human review (and, where applicable, peer review). AI-generated content must be visibly marked, and the final document must include a public statement of methodology, thereby fulfilling the principle of transparency outlined in Article 50, so that the recipient

does not doubt whether there was AI intervention. In parallel, a bias audit and a multilingual test should be conducted when the language of teaching or dissemination is not English, clearly communicating any limitations and mitigations. If personal data is processed, the institution should document a DPIA screening or, if the risk advises it, a complete assessment.

The metrics must be more demanding, for example, the percentage of claims with a verifiable source and the reproducibility of the result; incidents detected and corrected in human and peer review; equity indicators (diversity of voices/regions in references and cases); presence and detectability of the AI marking; and compliance with privacy and licences without exceptions. Efficacy is demonstrated by formative impact (mastery of the process, better argumentation, higher technical quality, transferability of the product). In terms of governance, the Manifesto–UNESCO–AI Act triangle provides guidance on human agency and the right of appeal, a person-centred vision, and controls proportionate to the risk.

Figure 3 summarises this scenario, highlighting co-creation with a reinforced declaration, precisely so that it is not merely more of the same, but rather that responsibility is increased through the use of AI. Traceability is ensured due to the impact of the result. That is, this scenario requires a culture of evidence and auditing that fully aligns with international standards and current regulations, preparing students to confidently navigate the Generative AI era in their future professional lives.

Figure 3. Characteristics of co-creation with reinforced disclosure.



6. From map to practice: Stages of the teaching cycle

Following the presentation of the three scenarios, they are linked to the four main stages of the teaching cycle: i) planning and instructional design; ii) material creation (which can be subdivided into searching for and synthesising evidence, creating educational resources, and activities related to data management and programming); iii) learning support; and iv) assessment. These stages must operate under the umbrella of an ethics and transparency layer that offers the safeguards inherent in the frameworks presented in Section 4. This structure is reflected in the diagram in Figure 4, where the stages are complemented by a catalogue of tools that can currently be used in these phases.

6.1. Planning and instructional design

This stage is the natural habitat of Scenario 1 (responsible support) and Scenario 2 (guided collaboration). In practice, GenAI can support i) the description of learning outcomes, the design of activities, the proposal of evidence and assessment criteria, etc.; ii) the analysis of risks and requirements, what data will be handled, what biases are foreseeable, which language(s) will be used; iii) the selection of tools and their institutional fit; among others. From a safeguards perspective, UNESCO calls for immediate actions (literacy, privacy, equity, transparency) and institutional capacity (policies and faculty development); SAFE translates this into checklists for safety, accountability, fairness, and effectiveness; and the Manifesto recalls that all integration must make human oversight, privacy, and transparency explicit.

Figure 4. Stages of the teaching cycle.



6.2. Material creation

This phase is specific to Scenario 1 (materials that the teacher reviews and validates) and Scenario 2 (when working with students in a co-design setting). GenAI can assist in finding and synthesising academic evidence and preparing specific activities related to programming and data analysis. However, its most significant potential lies in GenAI becoming an assistant for creating diverse content, enriching materials with complementary elements (such as examples, counter-examples, exercises, etc.), as well as visual, interactive, and personalised content (for example, alternative explanations for different levels).

In content creation, there are two basic operating rules. First, the declaration of use when part of the materials has been generated with AI, making access to the 'prompt→output→corrections' trace recommendable. This transparency is consistent with the obligations of Article 50 of the AI Act when dealing with synthetic content (text, image, audio, or video). Second, verifying facts, figures, and citations, as well as addressing potential language gaps and underrepresented voices, is necessary to avoid curricular biases. By following the Manifesto (accuracy, explainability, and transparency) and SAFE (S/A/F/E), AI-generated content becomes a revisable input, not a substitute for teacher authorship.

6.3. Learning support

Scenario 2 (guided collaboration) naturally develops in this stage, although content related to tutoring, guidance, and other similar aspects can be generated in a context typical of Scenario 1 (responsible support).

The process becomes the focus for evidence control in this stage. UNESCO emphasises transparency and verification protocols, as well as faculty development. SAFE reinforces accountability, and the Manifesto provides guidelines for teacher interaction, oversight, and the right to appeal.

Process evidence (version history, list of verified sources, post-editing note, etc.) is valued using the rubric in Table 1 and the checklists in Table 2.

6.4. Assessment

Assessment is the most sensitive point and, therefore, where the three scenarios are most clearly graduated. Formative assessment (for example, in feedback on scheduled submissions or exercises) may appear in Scenario 2, with AI intervention flagging, traceability, and human review before consolidating the response.

When assessment is summative with high-impact products or substantive decisions (for example, public final projects, prototypes with third parties, exams), the reinforced controls typical of Scenario 3 must be applied, regardless of whether GenAI is used by the faculty or the students, including mandatory human review, declaration of use, prompts and versions, etc., as well as a public statement in accordance with Article 50 of the AI Act so that the recipient does not doubt as to whether or not AI intervention occurred and on what terms. The determining factors are impact and traceability, rather than who operates the tool.

Suppose a student uses GenAI in a module. In that case, the rubric in Table 1 and the checklists in Table 2 can be applied in summative assessment to evaluate veracity, currency, traceability, correction of hallucinations, equity, language aspects, and the quality of interaction with the AI. Sectoral guidance (Joint Council for Qualifications, 2025; Office of Qualifications and Examinations Regulation, 2024, 2025; Walker, 2025) converges on reinforcing academic integrity, elevating the authenticity of tasks, and enhancing oral defences (Wang et al., 2024) or other evidence of agency and ownership of the process, discouraging reliance on detectors as the primary strategy.

Furthermore, evidence shows that patterns of malpractice evolve and that detecting AI is substantially different from detecting plagiarism (Sadasivan et al., 2025; Weber-Wulff et al., 2023); comparative studies on detectors report limitations, reinforcing the need for designs that verify agency and traceability instead of relying on detection tools, which, in any case, can serve as an initial alert in some situations, but never replace human judgement.

6.5. Closing the loop

In the four stages that represent an abstraction of the teaching cycle, coherence is achieved if each decision answers three questions: 1) pedagogical purpose (what the AI contributes to learning); 2) risk and safeguards (what exposure or impact it has and what controls are in effect); and 3) evidence and metrics (what leaves a trace, what can be audited, how it improves).

The practical rule is one of proportionality; that is, the greater the impact (or data sensitivity), the closer it is to the controls established in Scenario 3. Conversely, the more exploratory and non-evaluative it is, the closer it is to the lighter regime typical of Scenario 1. This graduation of safeguards materialises the AI Act's risk architecture (transparency for limited uses; reinforced controls when there are high-impact decisions) and avoids both indiscriminate prohibition and uncritical adoption.

This map does not add unnecessary bureaucracy but makes visible routine what defines academic culture (citation, verification, and accountability) and aligns it with the Manifesto (oversight, privacy, and transparency), UNESCO guidelines (human-centred vision and institutional capacity), the obligations of the AI Act (marking and notification of synthetic content), and the operational bridge of SAFE (S/A/F/E with resources and templates).

Closing the loop, the value of this mapping is not in the taxonomy but in conveying the habits of good practice. Scenario 1 introduces transparency and verification, Scenario 2 trains judgment and iteration, while Scenario 3 demands evidence and auditing. Having coupled stages and scenarios allows each teacher to know what to do, what to ask for, what to review, and how to justify the adoption of GenAI with international standards and current regulations, while maintaining intact human authorship, equity, and the quality of learning.

7. Discussion and Conclusions

This article has proposed a pragmatic and proportionate way to integrate Generative AI (GenAI) into higher education through three scenarios graduated by autonomy, agency, and risk, linked to professional habits (Section 3) and regulatory-ethical frameworks (Section 4), and put into practice in the teaching and learning cycle (Section 6). The common thread is clear. AI as a supplement, always supervised by academic judgement, not as a substitute; transparency and traceability as fundamental premises; equity and inclusion by design; and proportionality of risk to determine safeguards. This proposal is in close dialogue with the Safe AI in Education Manifesto (human supervision, privacy, accuracy, explainability, and transparency), UNESCO's guidelines (a human-centred vision, immediate actions, and institutional capacity), the AI Act (transparency and labelling of synthetic content; strengthened controls according to exposure), and the SAFE framework as an operational bridge.

The value of the three scenarios lies in turning broad principles into verifiable teaching decisions. In Scenario 1 (responsible support), the rule is characterised by low risk and high transparency: a brief declaration of use, marking of generated passages, factual verification, and the absence of personal data in services without guarantees. In Scenario 2 (guided collaboration), the key is traceable iteration, followed by significant post-editing: versions with tracked changes, a list of verified sources, and a note on the decisions made. In Scenario 3 (co-creation with a strengthened declaration), the focus shifts to robust evidence and auditing (prompts and versions, checks for bias and language, human review, and, where appropriate, peer review), consistent with Article 50 of the AI Act and the principles of SAFE. This gradient of safeguards materialises the AI Act's risk-based approach without transferring unnecessary bureaucracy to the classroom.

In terms of roles, the scenarios are primarily aligned with the use of GenAI by teaching staff as an assistant (Scenario 1), its incorporation into student activities (Scenario 2), and autonomous use by students (Scenario 3). However, in high-stakes summative assessments, controls specific to Scenario 3 may be required, even if the lecturer uses the AI, because the determining factor is the risk and impact of the outcome, not who uses the tool. This reinforces the proportionality of the AI Act and UNESCO's emphasis on institutional safeguards.

Precisely in the field of assessment, sector-specific guidance in the United Kingdom points in this direction. Jisc recommends reinforcing authenticity, agency, and ownership of the process in assessment redesign; the Office of Qualifications and Examinations Regulation (Ofqual) frames the use of AI in the qualifications sector by emphasising quality and fairness; and the Joint Council for Qualifications (JCQ) is updating rules for centres on disclosing use, integrity, and malpractice, advising against relying on detectors as a primary strategy. These guidelines reinforce this paper's premise that assessment should verify agency and traceability rather than focusing on detecting AI use, as well as the value of oral defences or other performative evidence as instruments consistent with this aim.

In terms of institutional feasibility, the proposal is supported by two levers that facilitate adoption. On the one hand, a cross-cutting rubric (veracity and currency, traceability, correction of hallucinations, fairness and language, and quality of interaction) allows for consistent evaluation across different subjects. On the other hand, checklists for each type of task (summary, essay, quantitative problem, code, image) turn transparency and verification into routine practices. This minimum set of guarantees (declaration of use, marking, basic logging, and verification) is fully consistent with the Manifesto and UNESCO. It is scalable towards strengthened controls depending on the impact (as outlined in the AI Act).

The ecosystem of models and policies is evolving rapidly; specific operationalisation (for example, which exact field a declaration of use includes or how to store logs while ensuring privacy) may vary between institutions and jurisdictions. Furthermore, measuring the impact (on learning, equity, and workload) will require quasi-experimental studies and longitudinal designs. Lastly, linguistic and infrastructural gaps necessitate sustained investment and multilingual evaluation of tools to prevent transferring inequalities into the classroom. Institutional roadmaps will need to be reviewed periodically, in line with UNESCO's emphasis on institutional capacity and staff development, which magnifies the value of AI governance in universities (Molina-Carmona & García-Peñalvo, 2025).

The arrival of GenAI does not force a choice between enthusiasm and prohibition; it forces us to teach and learn with safeguards in place. The three proposed scenarios enable universities and academic staff to make proportionate decisions, evaluate them with evidence, and be transparently accountable, while always maintaining human agency and fairness as guiding criteria. In practice, marking, verifying, and documenting are not bureaucratic procedures, but rather the contemporary ways of safeguarding academic culture. Suppose the Manifesto provides the language for the classroom. In that case, UNESCO offers the human-centred vision, the AI Act establishes the risk architecture, and SAFE provides the operational bridge. Universities already have the map to turn AI into a pedagogical opportunity without compromising on rigour, justice, and responsibility. This, ultimately, is the standard that must guide the teaching and learning process in the age of AI.

Referencias / References

Abegglen, S., Nerantzi, C., Martínez-Arboleda, A., Karatsiori, M., Atenas, J., & Rowell, C. (Eds.). (2024). *Towards AI Literacy: 101+ Creative and Critical Practices, Perspectives and Purposes*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.11613520.

Afreen, J., Mohaghegh, M., & Doborjeh, M. (2025). Systematic literature review on bias mitigation in generative AI. *AI and Ethics, 5*(5), 4789–4841. https://doi.org/10.1007/s43681-025-00721-9

Alier, M., García-Peñalvo, F. J., Casañ, M. J., Pereira, J. A., & Llorens-Largo, F. (2024). *Safe AI in Education Manifesto. Version 0.4.0*. https://manifesto.safeaieducation.org

Alier-Forment, M., Casañ-Guerrero, M. J., Pereira, J., García-Peñalvo, F. J., & Llorens-Largo, F. (2026). Inteligencia artificial generativa y autonomía educativa: metáforas históricas y principios éticos para la transformación pedagógica. *RIED: revista iberoamericana de educación a distancia, 29*(1). https://doi.org/10.5944/ried.29.1.45536

An, J., Huang, D., Lin, C., & Tai, M. (2025). Measuring gender and racial biases in large language models: Intersectional evidence from automated resume evaluation. *PNAS Nexus, 4*(3), Article pgaf089. https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgaf089

Anthropic. (2025, September 29). Introducing Claude Sonnet 4.5. *Anthropic*. https://d66z.short.gy/Gk55eS

Artopoulos, A., & Lliteras, A. (2024). Alfabetización crítica en IA: Recursos educativos para una pedagogía de la descajanegrización. *Trayectorias Universitarias, 10*, Article e168. https://doi.org/10.24215/24690090e168

Bai, L., Liu, X., & Su, J. (2023). ChatGPT: The cognitive effects on learning and memory. *Brain-X, 1*(3), Article e30. https://doi.org/10.1002/brx2.30

Bedington, A., Halcomb, E. F., McKee, H. A., Sargent, T., & Smith, A. (2024). Writing with generative AI and human-machine teaming: Insights and recommendations from faculty and students. *Computers and Composition, 71*, Article 102833. https://doi.org/10.1016/j.compcom.2024.102833

Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? In *FAccT '21: Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (Virtual Event, Canada, March 3 - 10, 2021)* (pp. 610–623). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3442188.3445922

Bittle, K., & El-Gayar, O. (2025). Generative AI and Academic Integrity in Higher Education: A Systematic Review and Research Agenda. *Information, 16*(4), Article 296. https://doi.org/10.3390/info16040296

Boonstra, L. (2025). *Prompt Engineering*. Google. https://d66z.short.gy/3ok7tY

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., Hesse, C., Chen, M., Sigler, E., Litwin, M., Gray, S., Chess, B., Clark, J., Berner, C., McCandlish, S., Radford, A., Sutskever, I., & Amodei, D. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *arXiv*, Article arXiv:2005.14165v4 https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.14165

Burneo-Arteaga, P., Lira, Y., Murzi, H., Balula, A., & Costa, A. P. (2025). Capability-based training framework for generative AI in higher education. *Frontiers in Education, 10*, Article 1594199. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1594199

Castañeda, L., & Selwyn, N. (2018). More than tools? Making sense of the ongoing digitizations of higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 15*(1), 22. https://doi.org/10.1186/s41239-018-0109-y

Chatterji, A., Cunningham, T., Deming, D. J., Hitzig, Z., Ong, C., Shan, C. Y., & Wadman, K. (2025). *How people use ChatGPT* (34255). (NBER Workking Paper Series). National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w34255

Chelli, M., Descamps, J., Lavoué, V., Trojani, C., Azar, M., Deckert, M., Raynier, J.-L., Clowez, G., Boileau, P., & Ruetsch-Chelli, C. (2024). Hallucination Rates and Reference Accuracy of ChatGPT and Bard for Systematic Reviews: Comparative Analysis. *Journal of Medical Internet Research, 26*, Article e53164. https://doi.org/10.2196/53164

Christiano, P. F., Leike, J., Brown, T., Martic, M., Legg, S., & Amodei, D. (2017). Deep reinforcement learning from human preferences. In I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems. Proceedings of the 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA* (Vol. 30). Curran Associates, Inc.

Clarke, A. C. (1973). *Profiles of the Future: An Inquiry into the Limits of the Possible* (2nd ed.). Harper & Row.

DeepSeek. (2025, September 29). Introducing DeepSeek-V3.2-Exp. *DeepSeek API Docs*. https://d66z.short.gy/eXidah

Dhar, P. (2020). The carbon impact of artificial intelligence. *Nature Machine Intelligence, 2*(8), 423–425. https://doi.org/10.1038/s42256-020-0219-9

Dúo-Terrón, P. (2024). Generative artificial intelligence: Educational reflections from an analysis of scientific production. *Journal of Technology and Science Education, 14*(3), 756–769. https://doi.org/10.3926/jotse.2680

EDSAFE AI. (2021). *What is the EDSAFE AI SAFE Framework?* EDSAFE AI. https://d66z.short.gy/RNVmzh

European Parliament, & Council of the European Union. (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (Text with EEA relevance). Brussels, Belgium: European Commission Retrieved from https://bit.ly/2O2juE9

European Parliament, & The Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act) (Text with EEA relevance). (Official Journal of the European Union). European Union Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Frau-Meigs, D. (2024). *User empowerment through media and information literacy responses to the evolution of generative artificial intelligence (GAI)* (CI/FMD/MIL/2024/3). UNESO. https://d66z.short.gy/Wg2YCU

Fulsher, A., Pagkratidou, M., & Kendeou, P. (2025). GenAI and misinformation in education: a systematic scoping review of opportunities and challenges. *AI & SOCIETY*. https://doi.org/10.1007/s00146-025-02536-y

García-Peñalvo, F. J. (2023). The perception of Artificial Intelligence in educational contexts after the launch of ChatGPT: Disruption or Panic? *Education in the Knowledge Society, 24*, Article e31279. https://doi.org/10.14201/eks.31279

García-Peñalvo, F. J. (2024a). Generative Artificial Intelligence and Education: An Analysis from Multiple Perspectives. *Education in the Knowledge Society, 25*, Article e31942. https://doi.org/10.14201/eks.31942

García-Peñalvo, F. J. (2024b). Mito de la inteligencia. Más allá de una educación de silicio. In C. Suárez-Guerrero, J. E. Raffaghelli, & P. Rivera-Vargas (Eds.), *Mitos EdTech. Desmontando el solucionismo tecnológico en educación* (pp. 79–87). Editorial UOC.

García-Peñalvo, F. J., Alier, M., Pereira, J. A., & Casañ, M. J. (2024). Safe, Transparent, and Ethical Artificial Intelligence: Keys to Quality Sustainable Education (SDG4). *IJERI – International Journal of Educational Research and Innovation*(22), 1–21. https://doi.org/10.46661/ijeri.11036

García-Peñalvo, F. J., Casañ-Guerrero, M. J., Alier-Forment, M., & Pereira-Valera, J. A. (2025). The ethics of generative artificial intelligence in education under debate. A perspective from the development of a theoretical-practical case study. *Revista Española de Pedagogía, 83*(291), 281–293. https://doi.org/10.22550/2174-0909.4577

García-Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2024). The new reality of education in the face of advances in generative artificial intelligence. *RIED: revista iberoamericana de educación a distancia, 27*(1), 9–39. https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716

García-Peñalvo, F. J., & Vázquez-Ingelmo, A. (2023). What do we mean by GenAI? A systematic mapping of the evolution, trends, and techniques involved in Generative AI. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, 8*(4), 7–16. https://doi.org/10.9781/ijimai.2023.07.006

Gerlich, M. (2025). AI Tools in Society: Impacts on Cognitive Offloading and the Future of Critical Thinking. *Societies, 15*(1), Article 6. https://doi.org/10.3390/soc15010006

Gibney, E. (2025). Can researchers stop AI making up citations? *Nature, 645*, 569–570. https://doi.org/10.1038/d41586-025-02853-8

Glynn, A. (2025). Guarding against artificial intelligence-hallucinated citations: the case for full-text reference deposit. *European Science Editing, 51*, Article e153973. https://doi.org/10.3897/ese.2025.e153973

Google. (2025). *Google Environmental Report 2025*. Google. https://d66z.short.gy/uxN9Eu

Hayes, J., Swanberg, M., Chaudhari, H., Yona, I., Shumailov, I., Nasr, M., Choquette-Choo, C. A., Lee, K., & Cooper, A. F. (2025). Measuring memorization in language models via probabilistic extraction. In L. Chiruzzo, A. Ritter, & L. Wang (Eds.), *Proceedings of the 2025 Conference of the Nations of the Americas Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (Volume 1: Long Papers) (Albuquerque, New Mexico, April 29 - May 4, 2025)* (pp. 9266–9291). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2025.naacl-long.469

Huang, J., & Chang, K. (2024). Citation: A Key to Building Responsible and Accountable Large Language Models (Mexico City, Mexico, June 16–21, 2024). In K. Duh, H. Gomez, & S. Bethard (Eds.), *Mexico City, Mexico* (pp. 464–473). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2024.findings-naacl.31

Jegham, N., Abdelatti, M., Elmoubarki, L., & Hendawi, A. (2025). How Hungry is AI? Benchmarking Energy, Water, and Carbon Footprint of LLM Inference. *arXiv*, Article arXiv:2505.09598v4. https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.09598

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y. J., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. *ACM Computing Surveys, 55*(12), Article 248. https://doi.org/10.1145/3571730

Jin, Y., Yan, L., Echeverria, V., Gašević, D., & Martinez-Maldonado, R. (2025). Generative AI in higher education: A global perspective of institutional adoption policies and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100348

Joint Council for Qualifications. (2025). *AI use in assessments: Your role in protecting the integrity of qualifications* (Revision two). Joint Council for Qualifications. https://d66z.short.gy/G2eDjK

Jovanović, M., & Campbell, M. (2022). Generative Artificial Intelligence: Trends and Prospects. *Computer, 55*(10), 107–112. https://doi.org/10.1109/MC.2022.3192720

Kassorla, M., Georgieva, M., & Papini, A. (2024). *AI Literacy in Teaching and Learning: A Durable Framework for Higher Education*. Educause. https://d66z.short.gy/bPhL3A

Kenthapadi, K., Sameki, M., & Taly, A. (2024). Grounding and Evaluation for Large Language Models: Practical Challenges and Lessons Learned (Survey). In *KDD '24: Proceedings of the 30th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (Barcelona, Spain, August 25 - 29, 2024)* (pp. 6523–6533). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3637528.3671467

Knoth, N., Tolzin, A., Janson, A., & Leimeister, J. M. (2024). AI literacy and its implications for prompt engineering strategies. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6*, Article 100225. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100225

Kotha, A., Lee, J., & Zakariasson, E. (2025, August 7). GPT-5 prompting guide. *OpenAI Cookbook*. https://d66z.short.gy/CaAOnG

Lee, D., Arnold, M., Srivastava, A., Plastow, K., Strelan, P., Ploeckl, F., Lekkas, D., & Palmer, E. (2024). The impact of generative AI on higher education learning and teaching: A study of educators' perspectives. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6*, Article 100221. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100221

Lee, D., & Palmer, E. (2025). Prompt engineering in higher education: a systematic review to help inform curricula. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 22*(1), Article 7. https://doi.org/10.1186/s41239-025-00503-7

Li, P., Yang, J., Islam, M. A., & Ren, S. (2025). Making AI Less 'Thirsty'. *Communications of the ACM, 68*(7), 54–61. https://doi.org/10.1145/3724499

Liu, X., Sun, T., Xu, T., Wu, F., Wang, C., Wang, X., & Gao, J. (2024). SHIELD: Evaluation and Defense Strategies for Copyright Compliance in LLM Text Generation. In Y. Al-Onaizan, M. Bansal, & Y.-N. Chen (Eds.), *Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (Miami, Florida, USA, November 12-16, 2024)* (pp. 1640–1670). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2024.emnlp-main.98

Molina-Carmona, R., & García-Peñalvo, F. J. (2025). Safeguarding Knowledge: Ethical Artificial Intelligence Governance in the University Digital Transformation. In E. Vendrell Vidal, U. R. Cukierman, & M. E. Auer (Eds.), *Advanced Technologies and the University of the Future* (pp. 201–220). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71530-3_14

Mueller, F. B., Görge, R., Bernzen, A. K., Pirk, J. C., & Poretschkin, M. (2024). LLMs and Memorization: On Quality and Specificity of Copyright Compliance. *Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, 7*(1), 984–996. https://doi.org/10.1609/aies.v7i1.31697

Nam, B. H., & Bai, Q. (2023). ChatGPT and its ethical implications for STEM research and higher education: a media discourse analysis. *International Journal of STEM Education, 10*(1), Article 66. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00452-5

Naveed, H., Khan, A. U., Qiu, S., Saqib, M., Anwar, S., Usman, M., Akhtar, N., Barnes, N., & Mian, A. (2025). A Comprehensive Overview of Large Language Models. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 16*(5), Article 106. https://doi.org/10.1145/3744746

Nerantzi, C., Abegglen, S., Karatsiori, M., & Martínez-Arboleda, A. (Eds.). (2023). *101 creative ideas to use AI in education, A crowdsourced collection*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.8355454

Nguyen, A., Hong, Y., Dang, B., & Huang, X. (2024). Human-AI collaboration patterns in AI-assisted academic writing. *Studies in Higher Education, 49*(5), 847–864. https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2323593

Office of Qualifications and Examinations Regulation. (2024, 24 April). *Ofqual's approach to regulating the use of artificial intelligence in the qualifications sector*. Office of Qualifications and Examinations Regulation. https://d66z.short.gy/WLoJbW

Office of Qualifications and Examinations Regulation. (2025, 1 May). *Ofqual strategy 2025 to 2028* Office of Qualifications and Examinations Regulation. https://d66z.short.gy/8T7iPk

OpenAI. (2025, 7 de agosto). Presentamos GPT-5. *OpenAI*. https://d66z.short.gy/hJeA79

Ouyang, L., Wu, J., Jiang, X., Almeida, D., Wainwright, C. L., Mishkin, P., Zhang, C., Agarwal, S., Slama, K., Ray, A., Schulman, J., Hilton, J., Kelton, F., Miller, L., Simens, M., Askell, A., Welinder, P., Christiano, P., Leike, J., & Lowe, R. (2022). Training language models to follow instructions with human feedback. In S. Koyejo, S. Mohamed, A. Agarwal, D. Belgrave, K. Cho, & A. Oh (Eds.), *NIPS'22: Proceedings of the 36th International Conference on Neural Information Processing Systems (New Orleans, LA, USA, 28 November - 9 December 2022)* (pp. 27730 – 27744). Curran Associates Inc.

Perković, G., Drobnjak, A., & Botički, I. (2024). Hallucinations in LLMs: Understanding and Addressing Challenges. In *2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO) (Opatija, Croatia, 20-24 May 2024)* (pp. 2084–2088). IEEE. https://doi.org/10.1109/MIPRO60963.2024.10569238

Peters, U., & Chin-Yee, B. (2025). Generalization bias in large language model summarization of scientific research. *Royal Society Open Science, 12*, Article 241776. https://doi.org/10.1098/rsos.241776

Qiao, H., Bhardwaj, E., Landau, V. G. D., Bonfils, N., Iqbal, M., Jaworsky, O., Munson, R. O. A., Rubisova, L., Smith, N. M., Thapa, A., & Becker, C. (2025). Are You Thirsty? So is Your AI. In *COMPASS '25: Proceedings of the ACM SIGCAS/SIGCHI Conference on Computing and Sustainable Societies (Toronto, Canada, July 22 - 25, 2025)* (pp. 811–816). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3715335.3736308

Risko, E. F., & Gilbert, S. J. (2016). Cognitive Offloading. *Trends in Cognitive Sciences, 20*(9), 676–688. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002

Romeo, G., & Conti, D. (2025). Exploring automation bias in human–AI collaboration: a review and implications for explainable AI. *AI & SOCIETY*. https://doi.org/10.1007/s00146-025-02422-7

Roxas, R. E. (2024). Large Language Models and Natural Language Processing On Minority Languages: A Systematic Review (Tokyo, Japan, 7-9 December 2024). In N. Oco, S. N. Dita, A. M. Borlongan, & J.-B. Kim (Eds.), *Proceedings of the 38th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation* (pp. 1–8). Institute for the Stufy of Language and Information (ISLI).

Sadasivan, V. S., Kumar, A., Balasubramanian, S., Wang, W., & Feizi, S. (2025). Can AI-Generated Text be Reliably Detected? *arXiv*, Article arXiv:2303.11156v4. https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.11156

Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM, 63*(12), 54–63. https://doi.org/10.1145/3381831

Shao, A. (2025). New sources of inaccuracy? A conceptual framework for studying AI hallucinations. *Harvard Kennedy School (HKS) Misinformation Review*. https://doi.org/10.37016/mr-2020-182

Sozon, M., Parnther, C., Wei Lun, W., & Chowdhury, M. A. (2025). Generative AI in higher education: navigating benefits and challenges in the technological era. *Journal of Applied Research in Higher Education*. https://doi.org/10.1108/JARHE-02-2025-0103

Torres, N., Ulloa, C., Araya, I., Ayala, M., & Jara, S. (2025). A comprehensive analysis of gender, racial, and prompt-induced biases in large language models. *International Journal of Data Science and Analytics, 20*(4), 3797–3834. https://doi.org/10.1007/s41060-024-00696-6

Towhidul Islam Tonmoy, S. M., Mehedi Zaman, S. M., Jain, V., Rani, A., Rawte, V., Chadha, A., & Das, A. (2024). A Comprehensive Survey of Hallucination Mitigation Techniques in Large Language Models. *arXiv*, Article arXiv:2401.01313v3. https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.01313

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://d66z.short.gy/SBxqSb

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems 30: Annual Conference on Neural Information Processing Systems 2017, December 4-9, 2017, Long Beach, CA, USA* (pp. 5998–6008).

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2023). Attention is all you need. *arXiv*, Article arXiv:1706.03762v7. https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762

Veldhuis, A., Lo, P. Y., Kenny, S., & Antle, A. N. (2025). Critical Artificial Intelligence literacy: A scoping review and framework synthesis. *International Journal of Child-Computer Interaction, 43*, Article 100708. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2024.100708

Vivas Urias, M. D., & Ruiz Rosillo, M. A. (Eds.). (2025). *Inteligencia artificial generativa. Buenas prácticas docentes en educación superior*. Octaedro.

Walker, S. (2025). *Trends in assessment in higher education: considerations for policy and practice*. Jisc. https://d66z.short.gy/ZMRzML

Wang, C., Fogle, E., & Urban, A. (2024). AI-powered viva exams: advancing academic integrity in online education. In *Proceedings of the 17th annual International Conference of Education, Research and Innovation - ICERI 2024 (Seville, Spain, 11-13 November 2024)* (pp. 5673–5678). IATED. https://doi.org/10.21125/iceri.2024.1379

Weber-Wulff, D., Anohina-Naumeca, A., Bjelobaba, S., Foltýnek, T., Guerrero-Dib, J., Popoola, O., Šigut, P., & Waddington, L. (2023). Testing of detection tools for AI-generated text. *International Journal for Educational Integrity, 19*(1), Article 26. https://doi.org/10.1007/s40979-023-00146-z

Wei, J., Bosma, M., Zhao, V. Y., Guu, K., Yu, A. W., Lester, B., Du, N., Dai, A. M., & Le, Q. V. (2022). Finetuned Language Models Are Zero-Shot Learners. *arXiv*, Article arXiv:2109.01652v5. https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.01652

Weidinger, L., Mellor, J., Rauh, M., Griffin, C., Uesato, J., Huang, P.-S., Cheng, M., Glaese, M., Balle, B., Kasirzadeh, A., Kenton, Z., Brown, S., Hawkins, W., Stepleton, T., Biles, C., Birhane, A., Haas, J., Rimell, L., Hendricks, L. A., Isaac, W., Legassick, S., Irving, G., & Gabriel, I. (2021). Ethical and social risks of harm from Language Models. *arXiv*, Article arXiv:2112.04359v1. https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.04359

Xu, Y., Hu, L., Zhao, J., Qiu, Z., Xu, K., Ye, Y., & Gu, H. (2025). A survey on multilingual large language models: corpora, alignment, and bias. *Frontiers of Computer Science, 19*(11), Article 1911362. https://doi.org/10.1007/s11704-024-40579-4

Yang, Y., Zhang, Y., Sun, D., He, W., & Wei, Y. (2025). Navigating the landscape of AI literacy education: insights from a decade of research (2014–2024). *Humanities and Social Sciences Communications, 12*(1), Article 374. https://doi.org/10.1057/s41599-025-04583-8

Zhai, C., Wibowo, S., & Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: a systematic review. *Smart Learning Environments, 11*(1), Article 28. https://doi.org/10.1186/s40561-024-00316-7

Zhao, P., Zhang, H., Yu, Q., Wang, Z., Geng, Y., Fu, F., Yang, L., Zhang, W., Jiang, J., & Cui, B. (2024). Retrieval-Augmented Generation for AI-Generated Content: A Survey. *arXiv*, Article arXiv:2402.19473v6. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.19473

Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., Min, Y., Zhang, B., Zhang, J., Dong, Z., Du, Y., Yang, C., Chen, Y., Chen, Z., Jiang, J., Ren, R., Li, Y., Tang, X., Liu, Z., Liu, P., Nie, J.-Y., & Wen, J.-R. (2025). A Survey of Large Language Models. *arXiv*, Article arXiv:2303.18223v16. https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.18223Tabla 1. Propuesta de rúbrica transversal para uso de IAGen en tareas académicas (0-2 por ítem; total 0-10).

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

Tres escenarios para la IA en educación: del apoyo responsable a la cocreación

Three Scenarios for AI in Education: From Responsible Assistance to Co-Creation

Francisco José García-Peñalvo

Departamento de Informática y Automática, Instituto de Ciencias de la Educación, Grupo GRIAL, Universidad de Salamanca, España
http://orcid.org/0000-0001-9987-5584 fgarcia@usal.es
Director Científico / Editor-In-Chief Education in the Knowledge Society Journal

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Palabras clave
Inteligencia artificial generativa en educación superior; Alfabetización crítica en inteligencia artificial; Transparencia y trazabilidad; Evaluación auténtica y agencia humana; Gobernanza y marco normativo.

RESUMEN

Este artículo propone una vía pragmática y proporcionada para integrar la inteligencia artificial generativa en la educación superior mediante tres escenarios graduados por autonomía, agencia y riesgo (apoyo responsable, colaboración guiada y cocreación con declaración reforzada) que convierten principios amplios en decisiones docentes verificables y trazables a lo largo del ciclo docente (planificación, creación de materiales, apoyo y evaluación). El hilo conductor es la inteligencia artificial como complemento bajo juicio académico, nunca sustituto, con transparencia (declaración de uso y marcado de contenido sintético), verificación externa de hechos y citas, y equidad e inclusión por diseño, en coherencia con la guía de la UNESCO (visión centrada en las personas, acciones inmediatas y refuerzo de capacidades), el AI Act (Artículo 50 sobre obligaciones de transparencia y marcado), el *Safe AI in Education Manifesto* (supervisión humana, privacidad, precisión, explicabilidad, transparencia) y el marco SAFE (Seguridad, Rendición de cuentas, Justicia y Eficacia) como puente operativo entre política y aula. En el Escenario 1 se priorizan bajo riesgo y alta transparencia; en el 2, la iteración trazable con post-edición humana significativa; en el 3, evidencias robustas y auditoría (*prompts*, versiones, verificación, sesgos/idiomas, revisión humana/pares), con controles reforzados por su mayor impacto. Este gradiente se alinea con la orientación sectorial, que promueve autenticidad, agencia y propiedad del proceso y desaconseja depender de detectores, reforzando diseños que comprueban agencia y trazabilidad. Dos instrumentos facilitan la adopción y la evaluación homogénea. Por un lado, una rúbrica transversal (veracidad y actualidad, trazabilidad, corrección de alucinaciones, equidad e idioma, calidad de interacción) y, por otro lado, listas de verificación por tipo de tarea. El resultado es un mapa operativo para marcar, verificar y documentar con proporcionalidad al riesgo, que permite convertir la inteligencia artificial en oportunidad pedagógica sin ceder en rigor, justicia y responsabilidad.

Keywords
Generative artificial intelligence in higher education; Critical artificial intelligence literacy; Transparency and traceability; Authentic assessment and human agency; Governance and regulatory frameworks.

ABSTRACT

This article proposes a pragmatic and proportionate pathway for integrating generative artificial intelligence into higher education through three scenarios graduated by autonomy, agency, and risk (responsible support, guided collaboration, and co-creation with a strengthened declaration). These scenarios convert broad principles into verifiable and traceable teaching decisions throughout the teaching cycle (planning, material creation, support, and assessment). The common thread is the use of artificial intelligence as a supplement to academic judgment, never as a substitute, with transparency (including disclosure and marking of synthetic content), external verification of facts and citations, and equity and inclusion by design. This is consistent with UNESCO's guidance (a human-centred vision, immediate actions, and capacity building), the AI Act (Article 50 on transparency and marking obligations), the Safe AI in Education Manifesto (human supervision, privacy, accuracy, explainability, transparency), and the SAFE framework (Safety, Accountability, Fairness, and Efficacy) as an operational bridge between policy and the

Recibido, 27/10/2025. Revisado, 27/10/2025. Aceptado, 27/10/2025. Publicado, 13/11/2025.
e-ISSN: 2444-8729

classroom. Scenario 1 prioritises low risk and high transparency; Scenario 2 focuses on traceable iteration with significant human post-editing; and Scenario 3 demands robust evidence and auditing (prompts, versions, verification, bias/language checks, human/peer review), with strengthened controls due to its higher impact. This gradient aligns with sector guidance, which promotes authenticity, agency, and ownership of the process and advises against relying on detectors, thereby reinforcing designs that verify agency and traceability. Two instruments facilitate adoption and consistent evaluation: firstly, a cross-cutting rubric (veracity and currency, traceability, correction of hallucinations, equity and language, and quality of interaction); and secondly, checklists for each type of task. The result is an operational map for marking, verifying, and documenting in proportion to risk, which enables artificial intelligence to be leveraged as a pedagogical opportunity without compromising on rigour, fairness, and responsibility.

1. Introducción

A punto de cumplirse el tercer aniversario del lanzamiento público de ChatGPT (30 de noviembre de 2022), el sistema universitario se enfrenta a una madurez acelerada de la inteligencia artificial generativa (IAGen) (Jovanović & Campbell, 2022): modelos más capaces, mayor integración en herramientas de autoría y programación, y un uso social y académico que ya no es excepcional, sino cotidiano (Chatterji et al., 2025). Este punto de inflexión invita a revisar lo aprendido y, sobre todo, a proponer marcos operativos que permitan pasar de la reacción a la gobernanza pedagógica.

En 2023, el primer editorial de esta serie tomó el pulso a la academia en caliente: el aterrizaje de ChatGPT precipitó un debate polarizado entre la promesa de disrupción y el pánico ante riesgos reales (plagio, opacidad, sesgos, desplazamiento de competencias) (García-Peñalvo, 2023). Allí se afirmó que el diagnóstico debía ir más allá del entusiasmo o la alarma, y pidió situar la conversación en términos de alfabetización crítica, trazabilidad y responsabilidad humana en el uso de IAGen. Ese marco de interpretación, consciente de la novedad, pero exigente con la evidencia y la ética, permitió nombrar con claridad la naturaleza del fenómeno y sus límites.

En 2024, el segundo editorial se dirigió hacia una mirada multiperspectiva, analizando la IAGen desde los roles que conviven en la educación superior: profesorado, estudiantado, responsables académicos y equipos de desarrollo/soporte (García-Peñalvo, 2024a). Este mapa de actores puso de relieve que las decisiones no son homogéneas ni simétricas: difieren los objetivos, la exposición al riesgo, las capacidades de verificación y las obligaciones de transparencia. A partir de esta cartografía, se enfatizó que las políticas institucionales debían alinearse con prácticas de aula y con un diseño instruccional que hiciera explícitas las agencias (humana y de la herramienta), la citación de fuentes y el registro de las contribuciones de la inteligencia artificial (IA).

Esta tercera entrega, realizada en el último trimestre de 2025, trae consigo, además, un contexto regulatorio y de orientaciones internacionales más definido. El Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea 2024/1689 (AI Act) (European Parliament & The Council of the European Union, 2024) introduce un enfoque basado en riesgos que incide directamente en las obligaciones de documentación, transparencia y supervisión; aunque su foco no es educativo per se, su espíritu permea las políticas universitarias y los requisitos de compra y despliegue tecnológico. En paralelo, la Guía de la UNESCO sobre IAGen en educación e investigación (UNESCO, 2023) reclama una visión centrada en las personas, capacidades institucionales y desarrollo docente, así como medidas inmediatas para mitigar los riesgos y cerrar las brechas de preparación. Esta convergencia normativa y programática ofrece una base más sólida para transitar de la improvisación a la implementación responsable.

Sobre esta base, se propone una evolución: organizar el uso educativo de la IAGen en tres escenarios, dirigidos por la autonomía de la herramienta, la agencia humana y la exposición al riesgo, que puedan funcionar como lenguaje común entre roles y como guía práctica para decidir qué uso es razonable, cómo hacerlo verificable y con qué salvaguardas. La aspiración no es añadir otra taxonomía más, sino facilitar la adopción: enlazar cada escenario con ejemplos de actividades, criterios de divulgación, mecanismos de trazabilidad (desde el registro de *prompts* hasta la citación verificable) y métricas que permitan evaluar el aprendizaje, la calidad y el coste de oportunidad.

Si el primer artículo (García-Peñalvo, 2023) se centró en nombrar el fenómeno y el segundo artículo (García-Peñalvo, 2024a) se orientó a situarlo en sus roles, este tercero lleva a una organización en escenarios que sirvan para decidir y actuar. El objetivo del artículo es, por tanto, doble: definir estos tres escenarios (del apoyo responsable a la cocreación) y proveer una hoja de ruta que permita al profesorado (y a las instituciones educativas) convertir principios y regulaciones en prácticas verificables, evaluables y sostenibles en el tiempo.

2. Alfabetización crítica de la IAGen en la educación superior

2.1. Qué es y no es la IAGen

La IAGen se refiere a modelos de IA capaces de producir contenidos sintéticos inéditos, en cualquier forma y para apoyar cualquier tarea, mediante modelización generativa (García-Peñalvo & Vázquez-Ingelmo, 2023). Estos modelos, para conseguir las prestaciones en el manejo del lenguaje natural (aunque su capacidad de generación ya es multimodal en la actualidad) que han llevado a la IAGen a su posicionamiento, deben tener un tamaño muy grande, de miles de millones de parámetros, de ahí su nombre *Large Language Models* (LLM) (Zhao et al., 2025), definiéndose como sistemas de IA de vanguardia que pueden procesar y generar texto con una comunicación coherente y generalizar a múltiples tareas (Naveed et al., 2025). Formalmente, los parámetros son los pesos de las capas de las redes neuronales, es decir, elementos intrínsecos del modelo que se ajustan para optimizar su rendimiento en la tarea de predicción de la siguiente palabra o secuencia de texto, basándose en el contexto previo. El número de estos parámetros puede variar desde millones hasta billones, lo que influye directamente en la capacidad y la complejidad del LLM.

Ejemplos destacados de LLM podrían ser GPT-5 (OpenAI, 2025), Claude Sonnet 4.5 (Anthropic, 2025) o modelos abiertos más recientes como DeepSeek-V3.2 (DeepSeek, 2025). En contextos educativos, la IAGen suele aludir especialmente a estas herramientas de generación de texto (por ejemplo, *chatbots* tipo ChatGPT), que se emplean para responder preguntas, redactar ensayos o resumir información, entre otras muchas cosas.

Tan importante como conocer qué es la IAGen es entender lo que no es. Estos sistemas no son mentes conscientes ni oráculos infalibles, sino algoritmos estadísticos muy avanzados. Su funcionamiento se basa en predecir la siguiente palabra en una secuencia usando el contexto, imitando patrones del lenguaje natural. No comprenden realmente el significado de lo que dicen ni poseen conocimiento verdadero; simplemente generan texto con apariencia de sentido a partir de correlaciones en sus datos de entrenamiento. Por tanto, no se debe confundir su fluidez con veracidad o entendimiento genuino.

La IAGen no es "magia" omnisciente ni el *Palantír* del universo de Tolkien (Alier-Forment et al., 2026), por más que para un grupo importante de sus usuarios sea válida la denominada Tercera Ley de Clarke "cualquier tecnología lo suficientemente avanzada es indistinguible de la magia" (Clarke, 1973); sigue siendo una tecnología con alcances y limitaciones específicas que deben conocerse. La IAGen bien utilizada puede ser una importante herramienta para mejorar la calidad y la equidad de la educación superior, pero mal utilizada, sin comprensión crítica o sin límites éticos, puede generar el efecto contrario (García-Peñalvo, Llorens-Largo, et al., 2024; Lee et al., 2024).

La alfabetización crítica en IAGen consiste precisamente en dotar a docentes y estudiantes de esa mirada informada (Castañeda & Selwyn, 2018; Veldhuis et al., 2025), es decir, aprovechar su potencial con cautela y conocimiento, sabiendo lo que la IAGen es y lo que no es.

2.2. Cómo funciona: modelos, datos y entrenamiento

Los modelos generativos de lenguaje modernos se entrenan mediante técnicas de aprendizaje profundo (redes neuronales) con arquitecturas tipo *Transformer* (Vaswani et al., 2017, 2023). Introducido por Google en 2017, el *Transformer* permite procesar secuencias largas de texto prestando atención a la relación entre palabras. Modelos como GPT-5 cuentan con cientos de miles de millones de parámetros ajustables, lo que les da una enorme capacidad para modelar el lenguaje humano. En la práctica, primero se someten a un preentrenamiento masivo no supervisado (Brown et al., 2020), esto implica que se les alimenta con un corpus de texto muy grande y aprenden a predecir la siguiente palabra en base a lo leído, capturando patrones gramaticales y semánticos. Esta amplitud en el corpus de entrenamiento es precisamente lo que les permite responder sobre ciencias, historia, arte o tecnología, según el contexto de la pregunta. Se aplican además filtros durante la recopilación de datos para excluir lenguaje altamente soez o sesgado, aunque inevitablemente muchos sesgos y desequilibrios presentes en Internet acaban incorporados en el modelo (Bender et al., 2021; Weidinger et al., 2021).

Tras el preentrenamiento, suele venir un ajuste fino. Una técnica común es entrenar al modelo con ejemplos de instrucciones y respuestas de alta calidad, para que aprenda a seguir indicaciones humanas (lo que se llama *instruction tuning* (Wei et al., 2022)). Adicionalmente, se emplea aprendizaje por refuerzo con retroalimentación humana (*Reinforcement Learning from Human Feedback* – RLHF) (Christiano et al., 2017; Ouyang et al., 2022): evaluadores humanos califican respuestas del modelo, y esa señal entrena un modelo de recompensa que guía al LLM para alinear sus respuestas con las preferencias y valores humanos.

Todo este proceso requiere infraestructura computacional de enormes dimensiones, supercomputadoras con miles de GPU (*Graphics Processing Unit*) trabajando en paralelo durante bastante tiempo (Brown et al., 2020). Por eso, solo organizaciones con grandes recursos (empresas tecnológicas, centros de investigación) han podido desarrollar estos LLM, lo que hace que su interior opere como una caja negra para el usuario común.

Además, esta escala masiva tiene un coste ecológico considerable y a menudo invisible (Google, 2025). El funcionamiento ininterrumpido de miles de procesadores genera una demanda energética enorme, que contribuye a una huella de carbono significativa (Dhar, 2020; Schwartz et al., 2020), especialmente si la electricidad proviene de fuentes no renovables. A esto se suma un enorme consumo de agua dulce (Li et al., 2025; Qiao et al., 2025), utilizada para la refrigeración de los centros de datos que evitan el sobrecalentamiento de los servidores. Cada interacción con un modelo de IA, desde su entrenamiento hasta el uso diario, consume indirectamente estos valiosos recursos (Jegham et al., 2025).

En esencia, un LLM funciona prediciendo texto muy verosímil según las probabilidades derivadas de su entrenamiento. Esto explica tanto su potencia como sus problemas. Por un lado, puede generar respuestas detalladas sobre infinidad de temas, imitando estilos discursivos diversos. Por otro lado, no tiene un mecanismo garantizado de verificación de hechos, más allá de lo que quedó grabado en sus pesos durante el entrenamiento, aunque la mayoría de las versiones de los *chatbots* más extendidos permiten la consulta de Internet para ofrecer unas mejores respuestas con datos factuales actualizados. Esto puede dar lugar a la generación de contenido que, aunque parezca coherente y plausible, es incorrecto o no está fundamentado en datos reales. Esto es lo que se conoce como alucinaciones (Perković et al., 2024; Towhidul Islam Tonmoy et al., 2024). Además, la ausencia de un enlace directo a sus fuentes originales de información (salvo en los casos en los que se utiliza la búsqueda directa en fuentes específicas, ya sean bases de conocimiento o Internet) hace que no pueda citar ni atribuir correctamente las ideas o datos que proporciona. Todos estos factores tecnológicos subrayan la importancia de que los usuarios (docentes y estudiantes en el contexto académico) entiendan cómo operan estos modelos, para poder usarlos de forma informada, conscientes de qué esperar (y qué no) de sus respuestas.

2.3. Riesgos en la práctica universitaria

Integrar la IAGen en la educación superior ofrece ventajas indudables, pero también implica riesgos concretos que una alfabetización crítica debe anticipar. En la universidad, estos riesgos van desde la desinformación involuntaria (por ejemplo, resúmenes que distorsionan resultados científicos o alucinaciones plausibles) hasta dilemas éticos y pedagógicos ligados a integridad, trazabilidad y evaluación. Lejos de justificar su prohibición, constituyen una llamada de atención para integrar estas herramientas con espíritu crítico y cautela informada, reforzando prácticas de verificación, transparencia y diseño instruccional responsable. Todo ello exige identificar las alucinaciones, reconocer sesgos y contrarrestarlos, mantener la autonomía intelectual del estudiantado y salvaguardar principios académicos (veracidad, citación y originalidad) mediante orientaciones claras y desarrollo competencial.

Algunos de los principales riesgos identificados en la práctica académica son (García-Peñalvo, 2024a; García-Peñalvo, Llorens-Largo, et al., 2024):

- **Alucinaciones y veracidad**: Los LLM pueden alucinar contenido, es decir, generar información incorrecta o inexistente presentada con total aparente seguridad (Ji et al., 2023). Por ejemplo, es común que inventen referencias bibliográficas o citas académicas que suenan verosímiles, pero no existen en la realidad. Estudios comparativos han encontrado que incluso modelos avanzados como GPT-4 producen una proporción preocupante de referencias fabricadas (cerca del 28% en pruebas específicas), mientras que otros modelos como Bard han superado el 90% de citas falsas en entornos de revisión sistemática (Chelli et al., 2024). Esta falta de veracidad automatizada supone un peligro en contextos universitarios, que puede llevar al estudiantado a tomar como cierto un dato erróneo bajo la creencia de que la IA nunca se equivoca y basar un trabajo en información falsa, es decir, el sesgo por automatización (*automation bias*) al que los humanos son proclives al confiar ciegamente en los sistemas automatizados pasando por alto su propio juicio (Romeo & Conti, 2025). Sin mecanismos internos de trazabilidad, resulta difícil verificar de dónde proviene cada afirmación o detectar el error sin invertir tiempo en corroborar con fuentes externas (Huang & Chang, 2024; Shao, 2025). La tendencia de la IA a "decir algo" aunque no tenga datos fiables, incluida la fabricación segura de citas, exige que el académico deba ser escéptico por defecto y deba contrastar siempre la información (Gibney, 2025; Peters & Chin-Yee, 2025).

- **Sesgos y equidad**: Los modelos generativos heredan los sesgos presentes en sus datos de entrenamiento. Esto significa que pueden reproducir prejuicios históricos o sociales en sus respuestas. Por ejemplo, podrían asociar estereotipos de género o raza a ciertas profesiones, o ignorar perspectivas de regiones subrepresentadas en la literatura académica (An et al., 2025; Torres et al., 2025). Si se usan sin cuidado, podrían reforzar desigualdades o dar información parcial. Además, al estar mayormente entrenados en idiomas como el inglés, algunas IAGen rinden peor en otros idiomas, especialmente minoritarios, lo que plantea brechas lingüísticas (Roxas, 2024; Xu et al., 2025). El profesorado debe ser consciente de estos sesgos para mitigarlos, ya sea filtrando las salidas de la IA, ajustando los *prompts* o complementando con fuentes diversas. La inclusión es un punto clave; sin vigilancia, la IA podría perpetuar solo las voces dominantes de su corpus (Afreen et al., 2025; UNESCO, 2023).
- **Dependencia y disminución del aprendizaje**: Existe el riesgo de una dependencia excesiva del estudiantado y del profesorado hacia estas herramientas, delegando en la IA tareas cognitivas fundamentales (búsqueda, contraste, síntesis y argumentación), lo que puede erosionar la práctica de dichas habilidades. La evidencia reciente sugiere que la sobreconfianza y el usar recursos externos, como herramientas físicas o digitales, para reducir el esfuerzo mental necesario para realizar una tarea (*cognitive offloading*) (Risko & Gilbert, 2016), están asociados con menor pensamiento crítico y menor implicación cognitiva, especialmente cuando el estudiantado acepta respuestas sin verificarlas (Gerlich, 2025; Zhai et al., 2024), induciendo una pereza intelectual. Esta dinámica se manifiesta en la tendencia a aceptar la primera salida de la IA como suficiente (*automation bias*), a citarla como si fuese una autoridad y a usarla para redactar trabajos con mínima aportación personal, lo que incrementa riesgos de integridad académica y de aprendizaje superficial (Bittle & El-Gayar, 2025). En términos neurocognitivos, incluso se han observado indicios de menor conectividad funcional cuando la escritura académica se realiza con ayuda constante de IA, en comparación con condiciones sin herramientas, lo que refuerza la necesidad de un uso formativo y no sustitutivo (Bai et al., 2023). Los marcos de alfabetización en IA y las revisiones sobre desinformación educativa insisten en diseñar actividades que obliguen a contrastar, justificar y documentar el uso de IA para evitar dependencia acrítica y sus consecuencias evaluativas (Fulsher et al., 2025). Académicamente, esto se traduce en un doble desafío: por un lado, el alumnado puede experimentar frustración y sanciones cuando una respuesta defectuosa de la IA se introduce sin verificación; por otro, el profesorado puede deslizarse hacia la delegación de tareas nucleares de diseño y retroalimentación, perdiendo oportunidades para promover metacognición y juicio experto. La alfabetización crítica debe, por tanto, delimitar cuándo es apropiado usar IA (por ejemplo, para una tormenta de ideas o como apoyo a la planificación) y cuándo es esencial que el estudiantado realice el trabajo por sí mismo para alcanzar las competencias del plan de estudios; además, debe establecer políticas de transparencia (declarar el uso), trazabilidad (registro de *prompts* y fuentes) y verificación (contraste con literatura académica) como salvaguardas mínimas (Fulsher et al., 2025).
- **Falta de transparencia y citación**: Como se ha señalado, los modelos actuales no revelan de forma nativa sus fuentes, lo que dificulta la atribución y la rendición de cuentas académica; de ahí que la literatura proponga integrar mecanismos de citación/justificación en los LLM como salvaguarda (Huang & Chang, 2024). A diferencia de un buscador que lista documentos, un LLM fusiona lo aprendido y genera una respuesta unitaria sin referencias verificables, una opacidad que choca con los valores universitarios de rastrear la evidencia y citar correctamente. En la práctica, se observa un riesgo creciente: el estudiantado puede incluir información generada por la IA sin citarla o, peor aún, presentar bibliografías fabricadas por el modelo; varios trabajos recientes documentan tasas elevadas de citas falsas y esfuerzos por mitigarlas (Gibney, 2025; Glynn, 2025). Además, existen implicaciones de propiedad intelectual. Los modelos pueden memorizar y reproducir texto de entrenamiento, incluida obra con *copyright*, especialmente bajo ciertos ataques o solicitudes, lo que plantea riesgos legales y la necesidad de defensas y controles (Liu et al., 2024; Mueller et al., 2024). La ausencia de atribución automática complica evaluar la confiabilidad de lo ofrecido. En este contexto, resulta imprescindible que las instituciones definan cuándo y cómo citar a la IA (por ejemplo, como apoyo/tutoría o como fuente que requiere mención explícita), y que exijan divulgación del uso, trazabilidad (registros de *prompts* y fuentes) y verificación externa como buena práctica docente (UNESCO, 2023).

2.4. Principios operativos de alfabetización crítica

La alfabetización crítica en IAGen no se reduce a saber usar herramientas, sino a usar con juicio dentro de valores y prácticas académicas. Como cierre del marco conceptual, se proponen cuatro principios operativos que guiarán el resto del artículo:

1. **Verificación antes de la adopción**: toda salida generada se contrasta con fuentes académicas verificables; se evita incorporar afirmaciones o citas sin trazabilidad (Huang & Chang, 2024; UNESCO, 2023).
2. **Agencia humana explícita**: la IA asiste, no sustituye la deliberación, el análisis y la autoría; se diseñan tareas que exigen juicio humano y reflexión metacognitiva (Peters & Chin-Yee, 2025).
3. **Equidad e inclusión por diseño**: se anticipan sesgos y brechas lingüísticas; se ajustan los *prompts* y los materiales para incorporar voces subrepresentadas y lenguas del contexto (An et al., 2025; Roxas, 2024).
4. **Transparencia y rendición de cuentas**: toda intervención con IA deja rastro (justificación breve, registro de *prompts*/fuentes, versión final revisada) y cumple con obligaciones de documentación y supervisión (European Parliament & The Council of the European Union, 2024; UNESCO, 2023).

Estos principios se operativizan en la Sección 3, donde se concretan competencias, evidencias y herramientas de aula para desplegar la IAGen con garantías, además de conectarse con los tres escenarios de uso responsable que articulan el núcleo del artículo.

3. Competencias de una alfabetización crítica en IAGen

Partiendo del marco expuesto en 2.1-2.3, esta sección traduce esos fundamentos en prácticas docentes verificables (Artopoulos & Lliteras, 2024). El objetivo es sostener calidad, equidad y trazabilidad del conocimiento mediante cuatro elementos: agencia humana explícita, verificación sistemática, inclusión por diseño y transparencia (European Parliament & The Council of the European Union, 2024; Huang & Chang, 2024; UNESCO, 2023). Las competencias se articulan en cinco ámbitos interconectados: 1) comprensión funcional; 2) evaluación crítica y verificación; 3) interacción eficaz; 4) ética, privacidad y cumplimiento; y 5) equidad e inclusión.

Comprensión funcional. No es necesario dominar la ingeniería de la IA; basta poder explicar en lenguaje llano el funcionamiento y los límites ya resumidos en 2.1–2.3 y reconocer cuándo una salida exige verificación externa (Kassorla et al., 2024; UNESCO, 2023). Esta base desactiva la "magia" y el efecto de "caja negra" y permite integrar la IAGen con criterio en los flujos de trabajo docentes (selección de herramientas, diseño de actividades, criterios de verificación). Como práctica inicial, resulta útil disponer de una ficha del modelo que se vaya a emplear (fecha de corte, idiomas mayoritarios o minoritarios, modos con/sin búsqueda, restricciones de uso), accesible al estudiantado y al equipo docente (Burneo-Arteaga et al., 2025; Yang et al., 2025).

Evaluación crítica y verificación. La verificación pasa de ser una excepción para convertirse en hábito. La literatura reciente muestra que los LLM pueden distorsionar o sobregeneralizar resultados científicos incluso cuando se les pide precisión (Peters & Chin-Yee, 2025) y que la fabricación de citas no es anecdótica (Gibney, 2025). En el contexto universitario, esto transmite errores con apariencia de erudición si no se contrarresta (Zhai et al., 2024). La respuesta pedagógica no es prohibir (García-Peñalvo, Llorens-Largo, et al., 2024), sino diseñar la verificación de forma que toda salida generada sea cotejada con fuentes académicas verificables antes de aceptarse en una tarea (Huang & Chang, 2024) y se documente la revisión de forma breve. Los marcos internacionales recomiendan protocolos de transparencia, verificación y formación docente específica para no sacrificar validez, actualidad y equidad (Frau-Meigs, 2024; UNESCO, 2023). Para sistematizar el proceso, el centro puede adoptar la rúbrica transversal que se muestra en la Tabla 1 y pedir una lista de verificación por tipo de tarea (presentada en la Tabla 2).

Interacción eficaz (*prompts* y post-edición). La interacción con IAGen se apoya en *prompts* bien planteados y en una post-edición responsable. Un buen *prompt* no es una fórmula secreta, sino criterio educativo: aporta contexto (curso, nivel, objetivo), restricciones (extensión, formato, precisión) y expectativas sobre fuentes ("si mencionas literatura, sugiere títulos con DOI; se verificarán después") (Boonstra, 2025; Kotha et al., 2025). Incorporar la ingeniería de *prompts* en el marco curricular universitario ha demostrado beneficios claros (Knoth et al., 2024; Lee & Palmer, 2025). Aun así, la clave está en la post-edición: detectar alucinaciones, completar referencias reales, afinar el razonamiento y firmar el resultado con autoría humana (Bedington et al., 2024; Nguyen et al., 2024). Este patrón alinea uso y aprendizaje: la IAGen ayuda a comenzar; el conocimiento se consolida al revisar. Las evidencias de aprendizaje pueden incluir la versión anotada con correcciones, la lista de fuentes verificadas y una breve reflexión sobre decisiones de edición.

Tabla 1. Propuesta de rúbrica transversal para uso de IAGen en tareas académicas (0-2 por ítem; total 0-10).

Ítem	0 (Insuficiente)	1 (Adecuado)	2 (Excelente)
1. Veracidad y actualidad de fuentes	No hay verificación; se incorporan datos/ citas no comprobadas o desactualizadas.	Verificación parcial; se corrigen errores obvios, pero persisten lagunas o fuentes débiles.	Todas las afirmaciones clave trianguladas con DOI/ISBN/URL académicas vigentes; cifras y citas contrastadas.
2. Trazabilidad (declaración de uso + registro)	No se declara el uso de IA ni se conservan *prompts*/versiones.	Declaración de uso genérico sin detalles; registro incompleto.	Declaración de uso claro (herramienta, fase, límites) y registro auditable (*prompts*, versiones, decisiones).
3. Corrección de alucinaciones/errores	Se detectan alucinaciones/ citas falsas sin corrección.	Se corrigen alucinaciones principales; quedan faltas menores.	Se identifican y corrigen todas las alucinaciones; se documenta el proceso de corrección.
4. Equidad e inclusión (voces/idiomas)	Fuentes y ejemplos anglocéntricos o poco diversos; sesgos no atendidos.	Alguna diversificación de fuentes; atención parcial a sesgos/idioma.	Fuentes y ejemplos diversos (género/ región/escuela); atención explícita a la lengua de docencia.
5. Calidad de la interacción con IA (*prompt* + post-edición)	*Prompt* vago; salida adoptada sin revisión.	*Prompt* con criterios básicos; post-edición limitada.	*Prompt* con contexto, criterios y restricciones; post-edición sustantiva (estructura, precisión, estilo, citación real).

Interpretación sugerida:

0-3 = Rehacer con supervisión; 4-6 = Aceptable con mejoras; 7-8 = Bueno; 9-10 = Excelente.

Tabla 2. Listas de verificación por tipo de tarea.

Resumen de artículo científico
◻ Se identifica el artículo original (PDF) y el DOI. ◻ Se verifica objetivo, método, muestra/datos y resultados frente al PDF. ◻ Se comprueban cifras, tablas y gráficos (valores idénticos; sin "promedios creativos"). ◻ Se detectan y marcan exageraciones o sobregeneralizaciones; se corrigen. ◻ Las citas inventadas por la IA se reemplazan por referencias reales o se eliminan. ◻ Se registra en un anexo: *prompt* → salida → correcciones → fuentes.
Ensayo argumentativo
◻ Se declaran la tesis y los criterios (alcance, límites, definición de términos). ◻ Se verifican hechos y citas académicas con DOI/ISBN/URL. ◻ Se integran voces no dominantes (autoras/regiones/escuelas) relevantes. ◻ Se marcan y revisan posibles sesgos en ejemplos/analogías. ◻ Se ha reescrito con su propio estilo; se indica qué aportó la IA (reconocimiento). ◻ Se registran en un anexo las decisiones (por qué se aceptaron/rechazaron partes de la salida).
Problema cuantitativo / análisis de datos
◻ Se replica paso a paso el procedimiento (cálculo o código) y se anexa evidencia. ◻ Se validan unidades, redondeos y propagación de errores. ◻ Si hay código: se han ejecutado pruebas mínimas y se han añadido comentarios. ◻ Se compara con la fuente oficial o estándar (manual, base oficial). ◻ Se registran discrepancias y cómo se resolvieron. ◻ Se registra en un anexo: *prompt* → salida → correcciones → fuentes.
Código / ingeniería
◻ Se especifican los requisitos (entrada/salida, complejidad, seguridad, licencias). ◻ Se ha hecho revisión estática y dinámica (tests unitarios). ◻ Se citan fragmentos de código externos si procede (licencia). ◻ Se analizan riesgos (dependencias, datos, vulnerabilidades). ◻ Se registra en un anexo: *prompt* → versiones → justificación de cambios → resultados de tests.
Imagen / material visual
◻ Se indica procedencia (propia, generada, banco) y licencia; si aplica, metadatos C2PA. ◻ Se verifica fidelidad (mapas/gráficos: escalas, leyendas, proyecciones, unidades). ◻ Se evitan estereotipos visuales (representaciones sesgadas). ◻ Se anotan transformaciones (edición, *upscaling*, *inpainting*). ◻ Se registran fuentes y permisos. ◻ Se registra en un anexo: *prompt* → versiones → justificación de cambios.

Ética, privacidad y cumplimiento. Este eje no es accesorio. El Reglamento (UE) 2024/1689 consolida un enfoque basado en riesgos que, aunque no es específico para educación, impacta en criterios de adquisición, despliegue y documentación universitaria (European Parliament & The Council of the European Union, 2024). En el aula, implica conocer los límites de la asistencia (integridad académica), no introducir datos personales o especialmente protegidos en servicios sin garantías, y priorizar despliegues institucionales o modos privados cuando proceda (Dúo-Terrón, 2024; Hayes et al., 2025; Nam & Bai, 2023). También exige atender a la propiedad intelectual y uso legítimo de materiales (Liu et al., 2024). Toda intervención con IAGen debe dejar rastro: declaración de uso (*disclosure*) breve, registro interno de *prompts* y decisiones, y versión final revisada. Este rastro posibilita auditar, aprender y mejorar (García-Peñalvo et al., 2025).

Equidad e inclusión. Es el ámbito que con más facilidad se olvida y, sin embargo, condiciona la calidad académica a medio plazo. Los LLM heredan sesgos y pueden reproducir estereotipos de género o raza (An et al., 2025). Además, persisten brechas lingüísticas, como por ejemplo, el rendimiento decrece en lenguas con menos recursos y en corpus no anglófonos, con efectos directos en la calidad de lo generado (Roxas, 2024; Xu et al., 2025). La inclusión no se delega; se diseña. En la práctica, esto significa formular *prompts* con "lentes de equidad" ("incluye autoras y regiones subrepresentadas; evita sesgos"); alternar modelos/modos cuando la lengua de docencia no es el inglés; diversificar fuentes para no perpetuar el canon dominante; y premiar explícitamente esta diversificación en la evaluación. La tabla de verificación por tipo de tarea de la Tabla 2 incorpora estos controles de forma operativa.

La alfabetización crítica parece costosa si se improvisa; no lo es si se estandariza. Dos instrumentos pueden ayudar a aliviar la carga y convertir las expectativas en rutina compartida. Con estos dos elementos, cualquier docente puede valorar cómo se ha usado la IAGen, no solo qué se ha entregado:

- La rúbrica transversal presentada en la Tabla 1 (cinco ítems: veracidad/actualidad; trazabilidad mediante declaración de uso y registro; corrección de alucinaciones; equidad/inclusión; calidad de la interacción con IAGen), con escala 0-2.
- Las listas de verificación presentadas en la Tabla 2 (resumen de artículo, ensayo, problema cuantitativo, código, imagen) especifican qué comprobar y cómo evidenciarlo.

La formación docente cierra el círculo. Dado lo vertiginoso del campo, la alfabetización en IAGen exige una actitud de actualización permanente porque evolucionan los modelos y las salvaguardas y surgen nuevas regulaciones y guías de buenas prácticas con impacto en docencia y evaluación (European Parliament & The Council of the European Union, 2024; Kassorla et al., 2024; UNESCO, 2023). La capacitación continua, las comunidades de práctica y el ajuste metodológico son condiciones para una integración responsable (Abegglen et al., 2024; Jin et al., 2025; Nerantzi et al., 2023; Sozon et al., 2025).

Conviene subrayar que esta alfabetización crítica no compite con los escenarios de uso que articulan el núcleo del artículo; los habilita. En el Escenario 1 (apoyo responsable), basta con verificación básica y declaración de uso breve para asegurar calidad sin sobrecarga. En el Escenario 2 (colaboración guiada), el foco está en la iteración trazable (diarios de aprendizaje, rúbricas explícitas, comparación entre versiones). En el Escenario 3 (cocreación con declaración de uso reforzada), la trazabilidad es total: *prompts*, versiones, fuentes, decisiones y revisión por pares. En todos, la agencia humana es la bisagra que convierte la capacidad técnica en práctica académica con sentido.

La alfabetización crítica en IAGen convierte la promesa y los límites señalados en las secciones 2.1-2.3 en hábitos profesionales: comprender lo suficiente para evitar la ilusión de infalibilidad; verificar antes de adoptar; diseñar la interacción para aprender, no solo para producir; respetar privacidad y normativa; y asegurar que todas las voces (lenguas, regiones, perspectivas) entran en el aula. Es fundamental promover la alfabetización en IAGen, fomentando competencias digitales responsables en la comunidad educativa (Vivas Urias & Ruiz Rosillo, 2025). Al dominar estas competencias, el profesorado podrá convertir la llegada de la IAGen en oportunidad pedagógica, enriqueciendo la enseñanza con innovación y huyendo de mitos y amenazas (García-Peñalvo, 2024b). Con los instrumentos presentados en la Tabla 1 y en la Tabla 2, estas prácticas se vuelven transmitibles, observables y evaluables. Así, la universidad se prepara para un futuro en el que la IAGen se integra en la creación y difusión del conocimiento ampliando pensamiento crítico, creatividad y rigor, nunca limitándolos.

4. Normas y garantías

Esta sección enlaza los hábitos profesionales de la Sección 3 con cuatro marcos que hoy constituyen una referencia en la aplicación de IA de forma segura en el contexto académico: las orientaciones globales de la UNESCO

(2023), el Reglamento (UE) 2024/1689 (AI Act) (European Parliament & The Council of the European Union, 2024), el marco SAFE (*Safety, Accountability, Fairness, Efficacy*) (EDSAFE AI, 2021) y, como columna vertebral, el *Safe AI in Education Manifesto* (Alier et al., 2024). Todos ellos implican la toma de decisiones, ya sea a nivel de aula o de centro, con un foco en los principios que subyacen en las secciones anteriores, esto es, la importancia de la agencia humana, el aseguramiento de la privacidad y la seguridad, el compromiso ético y la transparencia.

4.1. El Manifiesto como hilo conductor

El Manifiesto *Safe AI in Education* (Alier et al., 2024) plantea principios de supervisión humana y derecho de apelación, confidencialidad, alineación con la estrategia y la didáctica, precisión/explicabilidad, transparencia en interfaz y comportamiento y entrenamiento ético y transparencia de datos (García-Peñalvo, Alier, et al., 2024). El espíritu es claro, la IA complementa al profesorado, nunca lo sustituye; el contenido generado ha de marcarse y ser verificable; y el centro debe poder auditar cómo se usó la herramienta. Esto encaja con los cuatro vectores propuestos (agencia, verificación, inclusión y transparencia) y con los instrumentos de las Tablas 1 y 2.

Este manifiesto enlaza con los escenarios propuestos de la siguiente manera:

- **Escenario 1 (apoyo responsable)**: aplicar la precisión, la explicabilidad y la transparencia mediante declaración de uso breve, marcado visible de lo generado y verificación básica antes de incorporar la salida.
- **Escenario 2 (colaboración guiada)**: reforzar la supervisión, el derecho a la apelación y la alineación didáctica mediante iteraciones con registro, revisión del docente y posibilidad de que el alumnado discuta/rectifique inferencias.
- **Escenario 3 (cocreación con declaración de uso reforzado)**: criterios explícitos sobre datos/fuentes/sesgos; registro de auditoría completo y revisión por pares.

4.2. UNESCO: visión centrada en lo humano y capacidad institucional

La guía propuesta por UNESCO (2023) pide acciones inmediatas (ética, privacidad, seguridad, equidad, transparencia y alfabetización), políticas a medio plazo y desarrollo docente para sostener una visión centrada en lo humano.

Esta guía enlaza con los escenarios propuestos de la siguiente manera:

- **Escenario 1 (apoyo responsable)**: declaración de uso, verificación y no utilizar datos personales.
- **Escenario 2 (colaboración guiada)**: consolidación de la capacidad docente mediante el uso de rúbricas.
- **Escenario 3 (cocreación con declaración de uso reforzado)**: validación ética y pedagógica previa a usos de alta exposición (por ejemplo, coevaluación asistida).

4.3. AI Act: riesgo proporcional y obligaciones de transparencia

El AI Act (European Parliament & The Council of the European Union, 2024) no es una norma educativa, pero ordena la adopción por niveles de riesgo, diferenciando riesgo mínimo (sin cargas), riesgo limitado (con obligaciones de transparencia, informar sobre si se interactúa con una IA y marcar el contenido sintético) y alto riesgo (gestión de riesgos, gobernanza de datos, documentación técnica, registro y evaluaciones de impacto cuando proceda). Para el contexto educativo, la clave es la proporcionalidad, es decir, en usos de aprendizaje no evaluativos se habla de transparencia reforzada; cuando la IA impacta en decisiones académicas (por ejemplo, calificación), conviene emular controles de "alto riesgo", con revisión humana, trazabilidad completa, análisis de sesgos y documentación.

Esta norma enlaza con los escenarios propuestos de la siguiente manera:

- **Escenario 1 (apoyo responsable)**: tratar como riesgo limitado, lo que implica una declaración de uso consistente, el marcado del contenido generado por IA y la prohibición de usar la salida como evidencia única de calificación.
- **Escenario 2 (colaboración guiada)**: si la IA se usa para dar retroalimentación o definir rutas de aprendizaje, se debe preparar documentación de propósito y riesgos a nivel de curso, así como registros de interacción.
- **Escenario 3 (cocreación con declaración de uso reforzado)**: se deben emplear controles de "alto riesgo": revisión humana antes de efectos académicos, auditoría de sesgo y documentación técnica accesible para acreditación.

4.4. SAFE: del principio a la práctica

El marco SAFE de EDSAFE AI (2021) funciona como puente entre la política pública y el aula. Resume lo que toda implantación debe garantizar: Seguridad (S), Responsabilidad (*Accountability*) (A), Justicia (*Fairness*) (F) y Eficacia (E). Se despliega en recursos prácticos: políticas de uso, bibliotecas de recursos, plantillas de uso aceptable y materiales de desarrollo profesional. Para un departamento, centro o institución, SAFE es la lista de comprobación operativa que complementa el Manifiesto (principios) y el AI Act (cumplimiento).

Este marco enlaza con los escenarios propuestos de la siguiente manera:

- **Escenario 1 (apoyo responsable)**: S = no datos personales; A = declaración de uso y registro; F = comprobaciones rápidas de sesgo; E = dejar evidencia del aprendizaje añadido.
- **Escenario 2 (colaboración guiada)**: más A y E, lo que implica versionado trazable, rúbricas y comparación con/sin IA.
- **Escenario 3 (cocreación con declaración de uso reforzado)**: SAFE completo con auditorías periódicas de sesgo/error y pruebas de eficacia del diseño instruccional asistido por IA.

4.5. Hoja de ruta para el uso seguro de la IAGen en educación

Los cuatro referentes convergen en un mensaje operativo: usar la IAGen sí, pero con agencia humana, riesgo proporcional y transparencia verificable. El Manifiesto aporta el idioma práctico de aula (supervisión, privacidad, precisión, explicabilidad y transparencia); la UNESCO, la visión centrada en las personas y la capacidad institucional; el AI Act, la arquitectura de riesgo y las obligaciones de marcado y documentación; y SAFE, el puente de recursos entre política y clase. Con esta brújula, los tres escenarios del artículo se convierten en decisiones coherentes de diseño, evaluación y compra, con salvaguardas graduadas y métricas de aprendizaje que evitan tanto la improvisación como la parálisis.

Se propone un sistema de capas, con una secuencia mínima (ver Tabla 3), que enlaza los escenarios con los cuatro marcos.

Tabla 3. Capas para una hoja de ruta para el uso seguro de la IAGen en educación.

Capa 1: Transparencia base (para todo uso)	**Capa 2: Gestión proporcional del riesgo (cuando la IA media en aprendizaje/evaluación)**	**Capa 3: Controles reforzados (cuando la IA afecta decisiones sensibles)**
• Declaración de uso (herramienta, fase, límites). • Marcado visible de contenido generado y registro de *prompts*/versiones. • Verificación previa de hechos/citas (prohibidas bibliografías fabricadas). *(Manifiesto: transparencia y precisión; UNESCO: visión centrada en las personas; AI Act Art. 50: transparencia de contenidos; SAFE: responsabilidad).*	• Matriz de riesgo por actividad (impacto en la nota, datos tratados, sesgos previsibles, mitigaciones). • Cribado estructurado y documentado (ligero) en el contexto educativo (mini-EIPD: quién/para qué/qué datos/cómo se supervisa y apela), para asegurarse de que no hace falta una EIPD completa. • Evidencia de eficacia didáctica (qué mejora justifica el uso). *(AI Act: enfoque por riesgo; Manifiesto: supervisión y precisión; SAFE: eficacia y responsabilidad).*	• Revisión humana obligatoria y derecho de apelación del estudiantado. • Auditoría de sesgos y pruebas de rendimiento multilingüe; comunicar limitaciones. • Documentación técnica y trazabilidad completas para evaluación y acreditación. *(Manifiesto: supervisión, privacidad y transparencia de datos; AI Act: obligaciones reforzadas; SAFE: S/F/A).*

Nota sobre la EIPD: En el contexto de la UE, la "mini-EIPD" es una evaluación superficial para decidir si se requiere una evaluación completa del impacto de la protección de datos (EIPD) en virtud del Artículo 35 del RGPD (European Parliament & Council of the European Union, 2016), y para documentar las medidas de mitigación (por ejemplo, supervisión y apelación humanas, minimización de datos, controles de acceso, marcado, verificación).

5. Tres escenarios de uso de IA en educación

A continuación, se definen los tres escenarios de uso, con sus actividades tipo, riesgos, salvaguardas, evidencias mínimas y métricas, conectando explícitamente con el Manifiesto *Safe AI in Education* (Alier et al., 2024), la guía para el uso de la IAGen en la educación y la investigación de la UNESCO (2023), el AI Act (Artículo 50) (European Parliament & The Council of the European Union, 2024) y el marco SAFE (EDSAFE AI, 2021).

5.1. Escenario 1: Apoyo responsable (bajo riesgo, baja autonomía)

Este primer escenario describe un uso instrumental y no evaluativo de la IA. El profesorado usa herramientas de IA como apoyo a su trabajo. La herramienta ayuda a pensar, ordenar y redactar, pero no decide nada sustantivo por sí misma. Es el terreno del diseño instruccional y de la creación de contenidos: generar esquemas de estudio, proponer preguntas de autoevaluación, clarificar conceptos difíciles con explicaciones alternativas o crear contenidos docentes. La clave pedagógica está en que la IA es un apoyo y no un atajo. Sirve para abrir posibilidades, no para cerrar el razonamiento. El *Safe AI in Education Manif*esto organiza bien esta filosofía, ya que establece que la IA complementa al profesorado, nunca lo sustituye; su intervención debe quedar transparente y auditada; y las salidas que se adopten han de ser verificables, no un acto de fe.

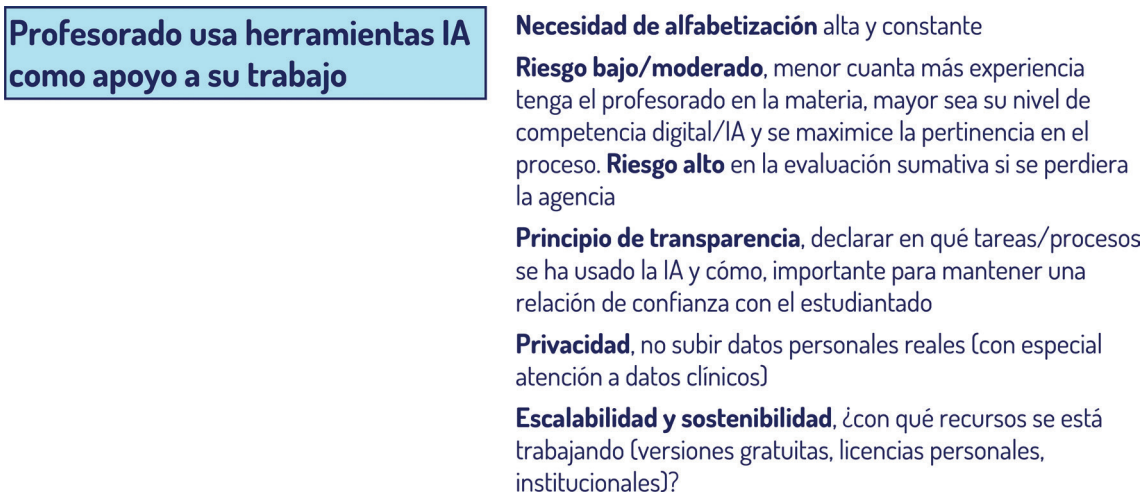
Los riesgos, aunque contenidos, existen. El más habitual es la apariencia de verdad sin veracidad. La IA sintetiza con fluidez, pero puede introducir errores o exagerar conclusiones. También existen los sesgos cognitivos humanos, por ejemplo, la sobreconfianza en una respuesta bien redactada, y descuidos de privacidad cuando se pegan fragmentos con datos personales en servicios externos. Nada de esto exige prohibición, pero sí buenos hábitos. Aquí el marco de la UNESCO resulta pragmático: acciones inmediatas de marcado, alfabetización y verificación, políticas que preserven la agencia humana y un desarrollo docente capaz de explicar límites y buenas prácticas.

Las garantías, por tanto, son proporcionales y sencillas. Primero, transparencia: informar de forma breve de que se ha usado IA, marcar de manera visible el contenido generado y registrar de forma simple el flujo "*prompt* → salida → correcciones". El AI Act lo refuerza con obligaciones de transparencia para sistemas de riesgo limitado: el usuario debe saber cuándo interactúa con IA y cuándo un contenido sintético ha sido generado por IA; ese marcado y aviso son coherentes con el Artículo 50. Segundo, verificación previa: toda afirmación factual y toda referencia deben cotejarse con DOI/ISBN/URL académicos antes de incorporarse. Tercero, minimización de datos: no introducir información personal ni sensible en servicios sin garantías y preferir despliegues institucionales cuando existan. Por último, encaje didáctico, esto es, cada uso debe tener un propósito claro de aprendizaje (mejorar claridad, ampliar ejemplos, reexplicar), no un objetivo de sustitución del trabajo intelectual.

¿Cómo se evidencia que el uso ha sido responsable? En las tareas es suficiente con una declaración de uso breve, el marcado de los pasajes generados y una breve nota de post-edición que indique qué se aceptó y qué se corrigió. A partir de ahí, los indicadores son operativos: tasa de afirmaciones o citas verificadas frente a las que tuvieron que corregirse; y, en tareas de estilo, mejora observable de claridad y coherencia entre el borrador inicial y la versión final. En privacidad, el umbral es de incidentes cero. De nuevo, el Manifiesto aporta el idioma concreto de aula y el marco SAFE el puente entre política y práctica (seguridad y responsabilidad), mientras que UNESCO recuerda que la transparencia y la alfabetización son la base de una adopción centrada en la persona.

Este escenario convierte a la IA en un asistente visible del profesorado que facilita la preparación y comprensión, sin desplazar la autoría ni la verificación, como se resume en la Figura 1. Es el punto de entrada natural para infundir hábitos de marcado, contraste y uso consciente. Sirve, además, como cultura común antes de avanzar a formas de colaboración más intensas. El equilibrio es simple: bajo riesgo, alta transparencia y criterio académico en primer plano.

Figura 1. Características del escenario de apoyo responsable.



5.2. Escenario 2: Colaboración guiada (riesgo moderado, autonomía compartida)

La clave de este escenario es que el profesorado incorpora herramientas de IA en las actividades con sus estudiantes. Aquí la IA coparticipa en el proceso creativo o analítico, pero siempre bajo iteración trazable y con post-edición humana significativa. Un ensayo puede nacer de un diálogo con la herramienta para explorar contraargumentos, pero el estudiantado debe reescribir con sus propias palabras, sustituir referencias sugeridas por citas reales y explicitar cómo cambió su razonamiento entre versiones. En la programación, la herramienta acelera esbozos y pruebas, pero la persona mantiene la propiedad de diseño, añade pruebas unitarias y comenta decisiones. En el análisis de datos, la IA puede proponer rutas exploratorias; el estudiantado ejecuta, valida supuestos, corrige errores y documenta la trazabilidad. El valor educativo reside en hacer visible la toma de decisiones y la mejora entre iteraciones, con la revisión docente como salvaguarda real, en línea con el Manifiesto (supervisión y derecho de apelación) y con los protocolos de transparencia y verificación defendidos por la UNESCO.

El riesgo se encuadra entre bajo y moderado, menor cuanta más experiencia tenga el profesorado en la materia, mayor sea su nivel de competencia digital/IA y se maximice la pertinencia en el proceso. Este riesgo se desplaza del dato puntual erróneo al arrastre de errores entre versiones si falta post-edición crítica. Puede generarse una dependencia al delegar la síntesis o la argumentación. Por otro lado, en flujos con búsquedas externas o basados en *grounding* (Kenthapadi et al., 2024) o sistemas RAG (*Retrieval-Augmented Generation*) (Zhao et al., 2024), pueden aparecer alucinaciones fundamentadas en fuentes erróneas. La solución no es frenar la iteración, sino aplicarla con juicio crítico de forma sistemática. Primero, se puede aplicar una trazabilidad reforzada que incluya un *log* de *prompts* y un versionado claro (v1, v2, v3) con *diffs* y comentarios que expliquen qué se aceptó y qué se descartó. En segundo lugar, una revisión humana significativa antes de publicar una retroalimentación automatizada o cerrar una versión que cuente para evaluación. Tercero, controles de sesgo y lengua, conviene comprobar que el modelo mantiene calidad y no arrastra prejuicios (SAFE-F). Cuarto, si se tratan datos de estudiantes, realizar un cribado ligero de protección de datos (mini-EIPD) y, si procede, escalar a una evaluación completa. Todo ello, sin olvidar los avisos y marcado que exige la transparencia, el estudiantado debe saber qué parte de la retroalimentación o del borrador provino de IA y con qué límites.

Las evidencias de aprendizaje en este escenario se derivan del proceso. Evidencias que incluyan el historial de versiones, la lista de fuentes verificadas con DOI/ISBN/URL, y una nota de post-edición donde se explica qué se cambió y por qué. La rúbrica recogida en la Tabla 1 (veracidad y actualidad, trazabilidad, corrección de alucinaciones, equidad e inclusión y calidad de interacción con IA) permite evaluar de forma homogénea al estudiantado y se puede aplicar en asignaturas diferentes. En métricas conviene observar la mejora por iteración (por ejemplo, la calidad argumental o la robustez del código), la tasa de corrección de alucinaciones, la eficiencia medida en tiempo sin sacrificar validez, la diversidad en la bibliografía final y el cumplimiento del registro de *prompts* y versiones. El resultado esperable no es un producto final mejor sino un pensamiento más justificado y un proceso más trazable, coherente con el Manifiesto, la visión centrada en la persona de la UNESCO, el principio de proporcionalidad del AI Act y la lógica de responsabilidad/eficacia de SAFE.

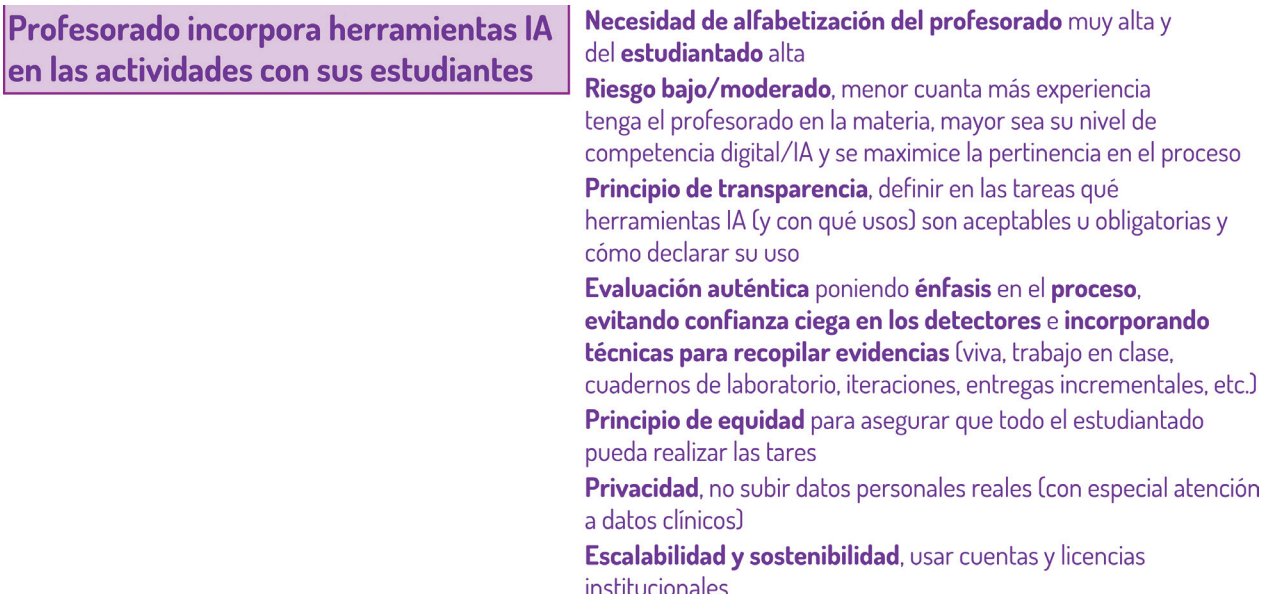
La colaboración guiada convierte a la IA en una pareja de práctica que acelera, provoca, sugiere; la persona discierne, corrige y firma. Se gana velocidad sin perder método y se enseña a pensar con la herramienta, pero manteniendo el control intelectual y ético del proceso. Es el escenario natural para madurar competencias de *prompting* con criterio, post-edición y verificación sistemática, que queda resumido en la Figura 2.

5.3. Escenario 3: Cocreación con declaración de uso reforzada (alto impacto, alta trazabilidad)

Representa el escenario en el que el estudiantado va a usar las herramientas de IA para su propio proceso de aprendizaje de forma autónoma. Se relaciona con diferentes tipos de productos académicos, que van desde entregas en una asignatura a resultados que pueden llegar a tener un alto impacto académico o público porque pueden llegar a depositarse en repositorios institucionales, repositorios de código abierto, exposiciones abiertas, etc. que circularán más allá del aula.

No es que la IA haga más en términos de autonomía, sino que el riesgo de las consecuencias es mayor (menor cuanta más madurez tenga el estudiantado para mantener la agencia de su aprendizaje y mayor sea su competencia digital y en IA); por ello, las salvaguardas deben aproximarse a las de sistemas de alto riesgo en la lógica del AI Act, con revisión humana obligatoria, trazabilidad completa, auditorías de sesgo y documentación técnica accesible para revisión y acreditación. Todo ello sin perder el foco didáctico, la cocreación con IA sigue siendo un proceso de aprendizaje donde se explicitan autorías, se valida la veracidad y se comunica con honestidad qué parte del resultado fue asistido por herramientas de IA.

Figura 2. Características de colaboración guiada.



La integridad y la autoría se vuelven cuestiones centrales. Es imprescindible separar lo que es contribución humana de lo que es asistencia automatizada, así como evitar las referencias bibliográficas inventadas y razonamientos que solo parecen sólidos. La equidad también sube de nivel. Si el producto es público, los sesgos de género, raza o región y las brechas lingüísticas al trabajar en idiomas minoritarios, dejan de ser un detalle para convertirse en un requisito de calidad. A esto se suman riesgos de propiedad intelectual y de privacidad cuando se manipulan datos reales o materiales con licencias incompatibles y riesgos técnicos de inyección de *prompts* o de fuentes manipuladas cuando se usa *grounding* o RAG. El Manifiesto y el marco SAFE ofrecen las pautas mediante supervisión humana efectiva y derecho de apelación, privacidad, precisión y explicabilidad, transparencia de interfaz y datos; seguridad, responsabilidad, equidad y eficacia.

De forma operativa, este escenario requiere declaraciones de uso que acompañen al producto: quién hizo qué, traza completa de *prompts* y versiones, fuentes primarias verificadas con DOI/ISBN/URL, informe de verificación que explique qué se contrastó y cómo, chequeo de equidad e idioma, y un acta de revisión humana (y, si procede, revisión por pares). El contenido generado por IA debe estar marcado de manera visible y el documento final incluir una declaración pública de metodología, cumpliendo el principio de transparencia del Artículo 50, de forma que el receptor no tenga duda de si hubo o no intervención de IA. En paralelo, conviene ejecutar una auditoría de sesgos y una prueba multilingüe cuando la lengua de docencia o de difusión no sea el inglés, comunicando limitaciones y mitigaciones. Si se tratan datos personales, el centro debería documentar un cribado de EIPD o, si el riesgo lo aconseja, una evaluación completa.

Las métricas deben ser más exigentes, por ejemplo, porcentaje de afirmaciones con fuente verificable y reproducibilidad del resultado; incidencias detectadas y corregidas en revisión humana y por pares; indicadores de equidad (diversidad de voces/regiones en referencias y casos); presencia y detectabilidad del marcado de IA; y cumplimiento de privacidad y licencias sin excepciones. La eficacia se demuestra con impacto formativo (dominio del proceso, mejor argumentación, mayor calidad técnica, transferibilidad del producto). En términos de gobernanza, el triángulo Manifiesto–UNESCO–AI Act ofrece la guía: agencia humana y derecho de apelación, visión centrada en la persona y controles proporcionados al riesgo.

Este escenario se resume en la Figura 3, toma como centro la cocreación con declaración de uso reforzada precisamente para que no sea más de lo mismo, pero con IA, sino que se incremente la responsabilidad y se asegure la trazabilidad por el impacto del resultado. Es decir, este escenario exige una cultura de evidencias y auditoría que conecta plenamente con los estándares internacionales y la regulación vigente, que prepara al estudiantado para enfrentarse con garantías a la era de la IAGen en su futura vida profesional.

Figura 3. Características de la cocreación con declaración de uso reforzada.

Estudiantes usan herramientas IA para su aprendizaje

Necesidad de alfabetización del estudiantado alta y **del profesorado** alta

Riesgo alto, menor cuanta más madurez tenga el estudiantado para mantener la agencia de su aprendizaje y mayor sea su competencia digital /IA

Principio de transparencia, declarar en qué tareas/procesos se ha usado la IA

Evaluación auténtica poniendo énfasis en el proceso, evitando confianza ciega en los detectores e incorporando técnicas para recopilar evidencias (viva, trabajo en clase, cuadernos de laboratorio, iteraciones, entregas incrementales, etc.)

Privacidad, no subir datos personales reales (con especial atención a datos clínicos)

Equidad, puede haber diferencias entre quienes tengan acceso o no a las herramientas IA o a versiones más potentes

Escalabilidad y sostenibilidad, ¿con qué recursos se está trabajando (versiones gratuitas, licencias personales, institucionales)?

6. Del mapa a la práctica: fases del ciclo docente

Tras la presentación de los tres escenarios, se enlazan con las cuatro fases principales del ciclo docente: i) planificación y diseño instruccional; ii) creación de materiales (que puede subdividirse en la búsqueda y síntesis de evidencia, la creación de los recursos educativos y actividades relacionadas con la gestión de datos y programación); iii) apoyo al aprendizaje; y iv) evaluación. Estas fases deben estar bajo el paraguas de una capa de ética y transparencia que ofrezca las garantías propias de los marcos presentados en la Sección 4. Esta estructura se refleja en el esquema de la Figura 4, en la que las fases se completan con un catálogo de herramientas que, actualmente, se podrían utilizar en dichas fases.

Figura 4. Fases del ciclo docente.



6.1. Planificación y diseño instruccional

Esta fase es el hábitat natural del Escenario 1 (apoyo responsable) y del Escenario 2 (colaboración guiada). En la práctica, la IAGen puede apoyar en i) la descripción de los resultados de aprendizaje, el diseño de las actividades, la propuesta de evidencias y criterios de evaluación, etc.; ii) el análisis de riesgos y requisitos, qué datos se manejarán, qué sesgos son previsibles, qué idioma(s) se usarán; iii) la selección de herramientas y de su encaje institucional; entre otras. Desde la perspectiva de garantías, UNESCO pide acciones inmediatas (alfabetización, privacidad, equidad, transparencia) y capacidad institucional (políticas y desarrollo docente); SAFE traduce esto en listas de comprobación para seguridad, responsabilidad, justicia y eficacia; y el Manifiesto recuerda que toda integración debe explicitar supervisión humana, privacidad y transparencia.

6.2. Creación de materiales

Esta fase es propia del Escenario 1 (materiales que el docente revisa y valida) y del Escenario 2 (cuando se trabaja con estudiantes en codiseño). La IAGen puede ayudar a encontrar y sintetizar evidencia académica y preparar actividades específicas relacionadas con la programación y el análisis de datos. Ahora bien, su mayor potencial reside en que la IAGen se puede convertir en un asistente para la creación de contenidos de diversa índole, enriqueciendo los materiales con elementos complementarios (ejemplos, contraejemplos, ejercicios, etc.), visuales, interactivos, personalizados (por ejemplo, explicaciones alternativas para diferentes niveles), etc.

En la creación de contenido hay dos reglas operativas básicas. Primero, la declaración de uso cuando hay parte de los materiales que se han generado con IA, siendo recomendable que se tenga acceso a la traza "*prompt* →salida→correcciones". Esta transparencia es coherente con las obligaciones del Artículo 50 del AI Act al tratar contenidos sintéticos (texto, imagen, audio o vídeo). Segundo, verificación de los hechos, las cifras y las citas, así como atención a las posibles brechas de idioma y voces subrepresentadas para evitar sesgos curriculares. Al seguir el Manifiesto (precisión, explicabilidad y transparencia) y SAFE (S/A/F/E), el contenido generado por IA se convierte en un insumo revisable, no en un sustituto de la autoría docente.

6.3. Apoyo al aprendizaje

El Escenario 2 (colaboración guiada) se desarrolla de forma natural en esta fase, por más que en un contexto propio del Escenario 1 (apoyo responsable) se pueda generar contenido relacionado con procesos de tutoría, guía, etc.

El proceso se convierte en el centro para el control de la evidencia en esta fase. UNESCO enfatiza protocolos de transparencia y verificación y desarrollo docente; SAFE refuerza la responsabilidad; y el Manifiesto da las pautas para la interacción docente, la supervisión y el derecho de apelación.

Las evidencias del proceso (historial de versiones, lista de fuentes verificadas, nota de post-edición, etc.) se valoran con la rúbrica de la Tabla 1 y las listas de la Tabla 2.

6.4. Evaluación

La evaluación es el punto más sensible y, por ello, donde más claramente se gradúan los tres escenarios. La evaluación formativa (por ejemplo, en la retroalimentación de entregas pautadas o ejercicios) puede aparecer en el Escenario 2, con marcado de la intervención de IA, trazabilidad y revisión humana antes de consolidar la respuesta.

Cuando la evaluación es sumativa con productos de alto impacto o decisiones sustantivas (por ejemplo, trabajos finales públicos, prototipos con terceros, exámenes), se deben aplicar los controles reforzados propios del Escenario 3, con independencia de si la IAGen la usa el profesorado o el estudiantado, incluyendo revisión humana obligatoria, declaración de uso, *prompts* y versiones, etc., así como una declaración pública conforme al Artículo 50 del AI Act para que el receptor no tenga duda de si hubo o no intervención de IA y en qué términos. Los factores decisivos son el impacto y la trazabilidad, no quién utiliza la herramienta.

Si se permite el uso de la IAGen por parte del estudiantado en una asignatura, en la evaluación sumativa puede aplicarse la rúbrica de la Tabla 1 y las listas de verificación de la Tabla 2 para valorar veracidad, actualidad, trazabilidad, corrección de alucinaciones, equidad, aspectos de idioma y calidad de la interacción con la IA. La orientación sectorial (Joint Council for Qualifications, 2025; Office of Qualifications and Examinations Regulation, 2024, 2025; Walker, 2025) converge en reforzar la integridad académica, elevar la autenticidad de las tareas y potenciar defensas orales (Wang et al., 2024) u otras evidencias de agencia y propiedad del proceso, desaconsejando depender de detectores como estrategia principal.

Además, la evidencia muestra que los patrones de mala praxis evolucionan y que detectar IA es sustancialmente distinto de detectar plagio (Sadasivan et al., 2025; Weber-Wulff et al., 2023); los estudios comparativos sobre detectores reportan limitaciones, lo que refuerza la necesidad de diseños que verifiquen agencia y trazabilidad en lugar de apoyarse en herramientas de detección, que, en todo caso, pueden servir como alerta inicial en algunas situaciones, pero nunca reemplazan el criterio humano.

6.5. Cerrando el círculo

En las cuatro fases que representan una abstracción del ciclo docente, la coherencia se logra si cada decisión responde a tres preguntas: 1) propósito pedagógico (qué aporta la IA al aprendizaje); 2) riesgo y salvaguardas (qué exposición o impacto tiene y qué controles actúan); y 3) evidencia y métricas (qué deja rastro, qué se puede auditar, cómo mejora).

La regla práctica es de proporcionalidad, es decir, cuanto mayor sea el impacto (o la sensibilidad de los datos), más cerca de los controles establecidos en el Escenario 3; cuanto más exploratorio y no evaluativo, más cerca se está del régimen ligero propio del Escenario 1. Esta graduación de garantías materializa la arquitectura de riesgo del AI Act (transparencia para usos limitados; controles reforzados cuando hay decisiones de alto impacto) y evita tanto la prohibición indiscriminada como la adopción acrítica.

Este mapa no añade burocracia innecesaria, sino que convierte en rutina visible lo que define la cultura académica (citar, verificar y dar cuenta) y lo alinea con el Manifiesto (supervisión, privacidad y transparencia), las directrices de la UNESCO (visión centrada en las personas y capacidad institucional), las obligaciones del AI Act (marcado y aviso del contenido sintético) y el puente operativo de SAFE (S/A/F/E con recursos y plantillas).

Cerrando el círculo, el valor de este mapeo no está en la taxonomía, sino en transmitir los hábitos de buen uso. El Escenario 1 presenta la transparencia y la verificación, el Escenario 2 entrena el criterio y la iteración, mientras que el Escenario 3 exige evidencia y auditoría. Disponer de fases y escenarios acoplados permite a cada docente saber qué hacer, qué pedir, qué revisar y cómo justificar la adopción de IAGen con estándares internacionales y con la normativa vigente, mientras mantiene intacta la autoría humana, la equidad y la calidad del aprendizaje.

7. Discusión y conclusiones

Este artículo ha propuesto una forma pragmática y proporcionada de integrar la IAGen en la educación superior mediante tres escenarios graduados por autonomía, agencia y riesgo, ligados a los hábitos profesionales (Sección 3) y marcos normativo-éticos (Sección 4), y llevados a la práctica en el ciclo docente (Sección 6). El hilo conductor es claro. La IA como complemento, siempre supervisada por el juicio académico, no como sustituto; transparencia y trazabilidad como premisas; equidad e inclusión por diseño; y proporcionalidad del riesgo para decidir salvaguardas. Esta propuesta dialoga estrechamente con el *Safe AI in Education Manifesto* (supervisión humana, privacidad, precisión, explicabilidad y transparencia), las orientaciones de la UNESCO (visión centrada en las personas, acciones inmediatas y capacidad institucional), el AI Act (transparencia y marcado de contenido sintético; controles reforzados según exposición) y el marco SAFE como puente operativo.

El valor de los tres escenarios radica en convertir principios amplios en decisiones docentes verificables. En el Escenario 1 (apoyo responsable), la regla es de bajo riesgo y alta transparencia: declaración de uso breve, marcado de pasajes generados, verificación factual y cero datos personales en servicios sin garantías. En el Escenario 2 (colaboración guiada), la clave es la iteración trazable más la post-edición significativa: versiones con cambios registrados (*diffs*), lista de fuentes verificadas y nota de decisiones. En el Escenario 3 (cocreación con declaración de uso reforzada), el foco pasa a evidencias robustas y auditoría (*prompts* y versiones, chequeo de sesgos e idioma, revisión humana y, si procede, revisión por pares), coherentes con el Artículo 50 del AI Act y

con los principios de SAFE. Este gradiente de garantías materializa el enfoque por riesgo del AI Act sin trasladar burocracia innecesaria al aula.

En términos de roles, los escenarios se ajustan mayoritariamente al uso docente de la IAGen como asistente (Escenario 1), a su incorporación en actividades con estudiantes (Escenario 2) y al uso autónomo por parte del estudiantado (Escenario 3). No obstante, en evaluación sumativa de alto impacto pueden exigirse controles propios del Escenario 3 aunque sea el profesorado quien use la IA, porque lo determinante es el riesgo y el impacto del resultado, no quién use la herramienta. Esto refuerza la proporcionalidad del AI Act y el énfasis de la UNESCO en salvaguardas institucionales.

Precisamente en el terreno evaluativo, las orientaciones sectoriales en el ámbito británico señalan este camino. El *Jisc* recomienda reforzar autenticidad, agencia y propiedad del proceso en el rediseño de la evaluación; la *Office of Qualifications and Examinations Regulation* (Ofqual) enmarca el uso de IA en el sector de cualificaciones subrayando calidad y equidad; y *Joint Council for Qualifications* (JCQ) actualiza reglas para centros sobre divulgación del uso, integridad y mala praxis, desaconsejando depender de detectores como estrategia principal. Estas guías refuerzan la premisa de este trabajo de que la evaluación debe comprobar agencia y trazabilidad más que centrarse en la detección del uso de la IA, así como el valor de las defensas orales u otras evidencias performativas como instrumentos coherentes con este fin.

En términos de viabilidad institucional, la propuesta se apoya en dos palancas que facilitan la adopción. Por un lado, una rúbrica transversal (veracidad y actualidad; trazabilidad; corrección de alucinaciones; equidad e idioma; calidad de la interacción) que permite una evaluación homogénea entre asignaturas. Por otro lado, listas de verificación por tipo de tarea (resumen, ensayo, problema cuantitativo, código, imagen) que convierten la transparencia y la verificación en rutinas. Este mínimo de garantías (declaración de uso, marcado, registro básico y verificación) es plenamente consistente con el Manifiesto y con la UNESCO y escalable hacia controles reforzados en función del impacto (AI Act).

El ecosistema de modelos y políticas evoluciona con rapidez; la operativización concreta (por ejemplo, qué campo exacto incluye una declaración de uso o cómo almacenar *logs* con privacidad) puede variar entre instituciones y jurisdicciones. Además, la medición de impacto (aprendizaje, equidad, carga de trabajo) requerirá estudios cuasiexperimentales y diseños longitudinales. Por último, las brechas lingüísticas y de infraestructura exigen una inversión sostenida y una evaluación multilingüe de herramientas para evitar trasladar desigualdades al aula. Las hojas de ruta institucionales deberán revisarse periódicamente, en línea con el énfasis de la UNESCO en la capacidad institucional y en el desarrollo docente, lo que magnifica el valor de la gobernanza de la IA en las universidades (Molina-Carmona & García-Peñalvo, 2025).

La llegada de la IAGen no obliga a elegir entre entusiasmo y prohibición; obliga a enseñar y aprender con garantías. Los tres escenarios propuestos permiten a las universidades y al profesorado decidir con proporción, evaluar con evidencia y rendir cuentas con transparencia, manteniendo en todo momento la agencia humana y la equidad como criterios rectores. En la práctica, marcar, verificar y documentar no son trámites, sino las formas contemporáneas de cuidar la cultura académica. Si el Manifiesto aporta el idioma de aula, la UNESCO la visión centrada en las personas, el AI Act la arquitectura de riesgo y SAFE el puente operativo, entonces la universidad ya dispone del mapa para convertir la IA en oportunidad pedagógica sin ceder en rigor, justicia y responsabilidad. Esta es, en última instancia, la referencia que debe guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la era de la IA.

Referencias / References

Abegglen, S., Nerantzi, C., Martínez-Arboleda, A., Karatsiori, M., Atenas, J., & Rowell, C. (Eds.). (2024). *Towards AI Literacy: 101+ Creative and Critical Practices, Perspectives and Purposes*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.11613520.

Afreen, J., Mohaghegh, M., & Doborjeh, M. (2025). Systematic literature review on bias mitigation in generative AI. *AI and Ethics, 5*(5), 4789–4841. https://doi.org/10.1007/s43681-025-00721-9

Alier, M., García-Peñalvo, F. J., Casañ, M. J., Pereira, J. A., & Llorens-Largo, F. (2024). *Safe AI in Education Manifesto. Version 0.4.0*. https://manifesto.safeaieducation.org

Alier-Forment, M., Casañ-Guerrero, M. J., Pereira, J., García-Peñalvo, F. J., & Llorens-Largo, F. (2026). Inteligencia artificial generativa y autonomía educativa: metáforas históricas y principios éticos para la transformación pedagógica. *RIED: revista iberoamericana de educación a distancia, 29*(1). https://doi.org/10.5944/ried.29.1.45536

An, J., Huang, D., Lin, C., & Tai, M. (2025). Measuring gender and racial biases in large language models: Intersectional evidence from automated resume evaluation. *PNAS Nexus, 4*(3), Article pgaf089. https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgaf089

Anthropic. (2025, September 29). Introducing Claude Sonnet 4.5. *Anthropic*. https://d66z.short.gy/Gk55eS

Artopoulos, A., & Lliteras, A. (2024). Alfabetización crítica en IA: Recursos educativos para una pedagogía de la descajanegrización. *Trayectorias Universitarias, 10*, Article e168. https://doi.org/10.24215/24690090e168

Bai, L., Liu, X., & Su, J. (2023). ChatGPT: The cognitive effects on learning and memory. *Brain-X, 1*(3), Article e30. https://doi.org/10.1002/brx2.30

Bedington, A., Halcomb, E. F., McKee, H. A., Sargent, T., & Smith, A. (2024). Writing with generative AI and human-machine teaming: Insights and recommendations from faculty and students. *Computers and Composition, 71*, Article 102833. https://doi.org/10.1016/j.compcom.2024.102833

Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? In *FAccT '21: Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (Virtual Event, Canada, March 3 - 10, 2021)* (pp. 610–623). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3442188.3445922

Bittle, K., & El-Gayar, O. (2025). Generative AI and Academic Integrity in Higher Education: A Systematic Review and Research Agenda. *Information, 16*(4), Article 296. https://doi.org/10.3390/info16040296

Boonstra, L. (2025). *Prompt Engineering*. Google. https://d66z.short.gy/3ok7tY

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., Hesse, C., Chen, M., Sigler, E., Litwin, M., Gray, S., Chess, B., Clark, J., Berner, C., McCandlish, S., Radford, A., Sutskever, I., & Amodei, D. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *arXiv*, Article arXiv:2005.14165v4 https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.14165

Burneo-Arteaga, P., Lira, Y., Murzi, H., Balula, A., & Costa, A. P. (2025). Capability-based training framework for generative AI in higher education. *Frontiers in Education, 10*, Article 1594199. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1594199

Castañeda, L., & Selwyn, N. (2018). More than tools? Making sense of the ongoing digitizations of higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 15*(1), 22. https://doi.org/10.1186/s41239-018-0109-y

Chatterji, A., Cunningham, T., Deming, D. J., Hitzig, Z., Ong, C., Shan, C. Y., & Wadman, K. (2025). *How people use ChatGPT* (34255). (NBER Workking Paper Series). National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.3386/w34255

Chelli, M., Descamps, J., Lavoué, V., Trojani, C., Azar, M., Deckert, M., Raynier, J.-L., Clowez, G., Boileau, P., & Ruetsch-Chelli, C. (2024). Hallucination Rates and Reference Accuracy of ChatGPT and Bard for Systematic Reviews: Comparative Analysis. *Journal of Medical Internet Research, 26*, Article e53164. https://doi.org/10.2196/53164

Christiano, P. F., Leike, J., Brown, T., Martic, M., Legg, S., & Amodei, D. (2017). Deep reinforcement learning from human preferences. In I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems. Proceedings of the 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA* (Vol. 30). Curran Associates, Inc.

Clarke, A. C. (1973). *Profiles of the Future: An Inquiry into the Limits of the Possible* (2nd ed.). Harper & Row.

DeepSeek. (2025, September 29). Introducing DeepSeek-V3.2-Exp. *DeepSeek API Docs*. https://d66z.short.gy/eXidah

Dhar, P. (2020). The carbon impact of artificial intelligence. *Nature Machine Intelligence, 2*(8), 423–425. https://doi.org/10.1038/s42256-020-0219-9

Dúo-Terrón, P. (2024). Generative artificial intelligence: Educational reflections from an analysis of scientific production. *Journal of Technology and Science Education, 14*(3), 756–769. https://doi.org/10.3926/jotse.2680

EDSAFE AI. (2021). *What is the EDSAFE AI SAFE Framework?* EDSAFE AI. https://d66z.short.gy/RNVmzh

European Parliament, & Council of the European Union. (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (Text with EEA relevance). Brussels, Belgium: European Commission Retrieved from https://bit.ly/2O2juE9

European Parliament, & The Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence

and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act) (Text with EEA relevance). (Official Journal of the European Union). European Union Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Frau-Meigs, D. (2024). *User empowerment through media and information literacy responses to the evolution of generative artificial intelligence (GAI)* (CI/FMD/MIL/2024/3). UNESO. https://d66z.short.gy/Wg2YCU

Fulsher, A., Pagkratidou, M., & Kendeou, P. (2025). GenAI and misinformation in education: a systematic scoping review of opportunities and challenges. *AI & SOCIETY*. https://doi.org/10.1007/s00146-025-02536-y

García-Peñalvo, F. J. (2023). The perception of Artificial Intelligence in educational contexts after the launch of ChatGPT: Disruption or Panic? *Education in the Knowledge Society, 24*, Article e31279. https://doi.org/10.14201/eks.31279

García-Peñalvo, F. J. (2024a). Generative Artificial Intelligence and Education: An Analysis from Multiple Perspectives. *Education in the Knowledge Society, 25*, Article e31942. https://doi.org/10.14201/eks.31942

García-Peñalvo, F. J. (2024b). Mito de la inteligencia. Más allá de una educación de silicio. In C. Suárez-Guerrero, J. E. Raffaghelli, & P. Rivera-Vargas (Eds.), *Mitos EdTech. Desmontando el solucionismo tecnológico en educación* (pp. 79–87). Editorial UOC.

García-Peñalvo, F. J., Alier, M., Pereira, J. A., & Casañ, M. J. (2024). Safe, Transparent, and Ethical Artificial Intelligence: Keys to Quality Sustainable Education (SDG4). *IJERI – International Journal of Educational Research and Innovation*(22), 1–21. https://doi.org/10.46661/ijeri.11036

García-Peñalvo, F. J., Casañ-Guerrero, M. J., Alier-Forment, M., & Pereira-Valera, J. A. (2025). The ethics of generative artificial intelligence in education under debate. A perspective from the development of a theoretical-practical case study. *Revista Española de Pedagogía, 83*(291), 281–293. https://doi.org/10.22550/2174-0909.4577

García-Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2024). The new reality of education in the face of advances in generative artificial intelligence. *RIED: revista iberoamericana de educación a distancia, 27*(1), 9–39. https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716

García-Peñalvo, F. J., & Vázquez-Ingelmo, A. (2023). What do we mean by GenAI? A systematic mapping of the evolution, trends, and techniques involved in Generative AI. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, 8*(4), 7–16. https://doi.org/10.9781/ijimai.2023.07.006

Gerlich, M. (2025). AI Tools in Society: Impacts on Cognitive Offloading and the Future of Critical Thinking. *Societies, 15*(1), Article 6. https://doi.org/10.3390/soc15010006

Gibney, E. (2025). Can researchers stop AI making up citations? *Nature, 645*, 569–570. https://doi.org/10.1038/d41586-025-02853-8

Glynn, A. (2025). Guarding against artificial intelligence-hallucinated citations: the case for full-text reference deposit. *European Science Editing, 51*, Article e153973. https://doi.org/10.3897/ese.2025.e153973

Google. (2025). *Google Environmental Report 2025*. Google. https://d66z.short.gy/uxN9Eu

Hayes, J., Swanberg, M., Chaudhari, H., Yona, I., Shumailov, I., Nasr, M., Choquette-Choo, C. A., Lee, K., & Cooper, A. F. (2025). Measuring memorization in language models via probabilistic extraction. In L. Chiruzzo, A. Ritter, & L. Wang (Eds.), *Proceedings of the 2025 Conference of the Nations of the Americas Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (Volume 1: Long Papers) (Albuquerque, New Mexico, April 29 - May 4, 2025)* (pp. 9266–9291). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2025.naacl-long.469

Huang, J., & Chang, K. (2024). Citation: A Key to Building Responsible and Accountable Large Language Models (Mexico City, Mexico, June 16–21, 2024). In K. Duh, H. Gomez, & S. Bethard (Eds.), *Mexico City, Mexico* (pp. 464–473). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2024.findings-naacl.31

Jegham, N., Abdelatti, M., Elmoubarki, L., & Hendawi, A. (2025). How Hungry is AI? Benchmarking Energy, Water, and Carbon Footprint of LLM Inference. *arXiv*, Article arXiv:2505.09598v4. https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.09598

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y. J., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. *ACM Computing Surveys, 55*(12), Article 248. https://doi.org/10.1145/3571730

Jin, Y., Yan, L., Echeverria, V., Gašević, D., & Martinez-Maldonado, R. (2025). Generative AI in higher education: A global perspective of institutional adoption policies and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100348

Joint Council for Qualifications. (2025). *AI use in assessments: Your role in protecting the integrity of qualifications* (Revision two). Joint Council for Qualifications. https://d66z.short.gy/G2eDjK

Jovanović, M., & Campbell, M. (2022). Generative Artificial Intelligence: Trends and Prospects. *Computer, 55*(10), 107–112. https://doi.org/10.1109/MC.2022.3192720

Kassorla, M., Georgieva, M., & Papini, A. (2024). *AI Literacy in Teaching and Learning: A Durable Framework for Higher Education*. Educause. https://d66z.short.gy/bPhL3A

Kenthapadi, K., Sameki, M., & Taly, A. (2024). Grounding and Evaluation for Large Language Models: Practical Challenges and Lessons Learned (Survey). In *KDD '24: Proceedings of the 30th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (Barcelona, Spain, August 25 - 29, 2024)* (pp. 6523–6533). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3637528.3671467

Knoth, N., Tolzin, A., Janson, A., & Leimeister, J. M. (2024). AI literacy and its implications for prompt engineering strategies. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6*, Article 100225. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100225

Kotha, A., Lee, J., & Zakariasson, E. (2025, August 7). GPT-5 prompting guide. *OpenAI Cookbook*. https://d66z.short.gy/CaAOnG

Lee, D., Arnold, M., Srivastava, A., Plastow, K., Strelan, P., Ploeckl, F., Lekkas, D., & Palmer, E. (2024). The impact of generative AI on higher education learning and teaching: A study of educators' perspectives. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6*, Article 100221. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100221

Lee, D., & Palmer, E. (2025). Prompt engineering in higher education: a systematic review to help inform curricula. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 22*(1), Article 7. https://doi.org/10.1186/s41239-025-00503-7

Li, P., Yang, J., Islam, M. A., & Ren, S. (2025). Making AI Less 'Thirsty'. *Communications of the ACM, 68*(7), 54–61. https://doi.org/10.1145/3724499

Liu, X., Sun, T., Xu, T., Wu, F., Wang, C., Wang, X., & Gao, J. (2024). SHIELD: Evaluation and Defense Strategies for Copyright Compliance in LLM Text Generation. In Y. Al-Onaizan, M. Bansal, & Y.-N. Chen (Eds.), *Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (Miami, Florida, USA, November 12-16, 2024)* (pp. 1640–1670). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2024.emnlp-main.98

Molina-Carmona, R., & García-Peñalvo, F. J. (2025). Safeguarding Knowledge: Ethical Artificial Intelligence Governance in the University Digital Transformation. In E. Vendrell Vidal, U. R. Cukierman, & M. E. Auer (Eds.), *Advanced Technologies and the University of the Future* (pp. 201–220). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71530-3_14

Mueller, F. B., Görge, R., Bernzen, A. K., Pirk, J. C., & Poretschkin, M. (2024). LLMs and Memorization: On Quality and Specificity of Copyright Compliance. *Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, 7*(1), 984–996. https://doi.org/10.1609/aies.v7i1.31697

Nam, B. H., & Bai, Q. (2023). ChatGPT and its ethical implications for STEM research and higher education: a media discourse analysis. *International Journal of STEM Education, 10*(1), Article 66. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00452-5

Naveed, H., Khan, A. U., Qiu, S., Saqib, M., Anwar, S., Usman, M., Akhtar, N., Barnes, N., & Mian, A. (2025). A Comprehensive Overview of Large Language Models. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 16*(5), Article 106. https://doi.org/10.1145/3744746

Nerantzi, C., Abegglen, S., Karatsiori, M., & Martínez-Arboleda, A. (Eds.). (2023). *101 creative ideas to use AI in education, A crowdsourced collection*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.8355454

Nguyen, A., Hong, Y., Dang, B., & Huang, X. (2024). Human-AI collaboration patterns in AI-assisted academic writing. *Studies in Higher Education, 49*(5), 847–864. https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2323593

Office of Qualifications and Examinations Regulation. (2024, 24 April). *Ofqual's approach to regulating the use of artificial intelligence in the qualifications sector*. Office of Qualifications and Examinations Regulation. https://d66z.short.gy/WLoJbW

Office of Qualifications and Examinations Regulation. (2025, 1 May). *Ofqual strategy 2025 to 2028* Office of Qualifications and Examinations Regulation. https://d66z.short.gy/8T7iPk

OpenAI. (2025, 7 de agosto). Presentamos GPT-5. *OpenAI*. https://d66z.short.gy/hJeA79

Ouyang, L., Wu, J., Jiang, X., Almeida, D., Wainwright, C. L., Mishkin, P., Zhang, C., Agarwal, S., Slama, K., Ray, A., Schulman, J., Hilton, J., Kelton, F., Miller, L., Simens, M., Askell, A., Welinder, P., Christiano, P., Leike, J., & Lowe, R. (2022). Training language models to follow instructions with human feedback. In S. Koyejo, S. Mohamed, A. Agarwal, D. Belgrave, K. Cho, & A. Oh (Eds.), *NIPS'22: Proceedings of the 36th International Conference on Neural Information Processing Systems (New Orleans, LA, USA, 28 November - 9 December 2022)* (pp. 27730 – 27744). Curran Associates Inc.

Perković, G., Drobnjak, A., & Botički, I. (2024). Hallucinations in LLMs: Understanding and Addressing Challenges. In *2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO) (Opatija, Croatia, 20-24 May 2024)* (pp. 2084–2088). IEEE. https://doi.org/10.1109/MIPRO60963.2024.10569238

Peters, U., & Chin-Yee, B. (2025). Generalization bias in large language model summarization of scientific research. *Royal Society Open Science, 12*, Article 241776. https://doi.org/10.1098/rsos.241776

Qiao, H., Bhardwaj, E., Landau, V. G. D., Bonfils, N., Iqbal, M., Jaworsky, O., Munson, R. O. A., Rubisova, L., Smith, N. M., Thapa, A., & Becker, C. (2025). Are You Thirsty? So is Your AI. In *COMPASS '25: Proceedings of the ACM SIGCAS/SIGCHI Conference on Computing and Sustainable Societies (Toronto, Canada, July 22 - 25, 2025)* (pp. 811–816). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3715335.3736308

Risko, E. F., & Gilbert, S. J. (2016). Cognitive Offloading. *Trends in Cognitive Sciences, 20*(9), 676–688. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002

Romeo, G., & Conti, D. (2025). Exploring automation bias in human–AI collaboration: a review and implications for explainable AI. *AI & SOCIETY*. https://doi.org/10.1007/s00146-025-02422-7

Roxas, R. E. (2024). Large Language Models and Natural Language Processing On Minority Languages: A Systematic Review (Tokyo, Japan, 7-9 December 2024). In N. Oco, S. N. Dita, A. M. Borlongan, & J.-B. Kim (Eds.), *Proceedings of the 38th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation* (pp. 1–8). Institute for the Stufy of Language and Information (ISLI).

Sadasivan, V. S., Kumar, A., Balasubramanian, S., Wang, W., & Feizi, S. (2025). Can AI-Generated Text be Reliably Detected? *arXiv*, Article arXiv:2303.11156v4. https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.11156

Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM, 63*(12), 54–63. https://doi.org/10.1145/3381831

Shao, A. (2025). New sources of inaccuracy? A conceptual framework for studying AI hallucinations. *Harvard Kennedy School (HKS) Misinformation Review*. https://doi.org/10.37016/mr-2020-182

Sozon, M., Parnther, C., Wei Lun, W., & Chowdhury, M. A. (2025). Generative AI in higher education: navigating benefits and challenges in the technological era. *Journal of Applied Research in Higher Education*. https://doi.org/10.1108/JARHE-02-2025-0103

Torres, N., Ulloa, C., Araya, I., Ayala, M., & Jara, S. (2025). A comprehensive analysis of gender, racial, and prompt-induced biases in large language models. *International Journal of Data Science and Analytics, 20*(4), 3797–3834. https://doi.org/10.1007/s41060-024-00696-6

Towhidul Islam Tonmoy, S. M., Mehedi Zaman, S. M., Jain, V., Rani, A., Rawte, V., Chadha, A., & Das, A. (2024). A Comprehensive Survey of Hallucination Mitigation Techniques in Large Language Models. *arXiv*, Article arXiv:2401.01313v3. https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.01313

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://d66z.short.gy/SBxqSb

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems 30: Annual Conference on Neural Information Processing Systems 2017, December 4-9, 2017, Long Beach, CA, USA* (pp. 5998–6008).

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2023). Attention is all you need. *arXiv*, Article arXiv:1706.03762v7. https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762

Veldhuis, A., Lo, P. Y., Kenny, S., & Antle, A. N. (2025). Critical Artificial Intelligence literacy: A scoping review and framework synthesis. *International Journal of Child-Computer Interaction, 43*, Article 100708. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2024.100708

Vivas Urias, M. D., & Ruiz Rosillo, M. A. (Eds.). (2025). *Inteligencia artificial generativa. Buenas prácticas docentes en educación superior*. Octaedro.

Walker, S. (2025). *Trends in assessment in higher education: considerations for policy and practice*. Jisc. https://d66z.short.gy/ZMRzML

Wang, C., Fogle, E., & Urban, A. (2024). AI-powered viva exams: advancing academic integrity in online education. In *Proceedings of the 17th annual International Conference of Education, Research and Innovation - ICERI 2024 (Seville, Spain, 11-13 November 2024)* (pp. 5673–5678). IATED. https://doi.org/10.21125/iceri.2024.1379

Weber-Wulff, D., Anohina-Naumeca, A., Bjelobaba, S., Foltýnek, T., Guerrero-Dib, J., Popoola, O., Šigut, P., & Waddington, L. (2023). Testing of detection tools for AI-generated text. *International Journal for Educational Integrity, 19*(1), Article 26. https://doi.org/10.1007/s40979-023-00146-z

Wei, J., Bosma, M., Zhao, V. Y., Guu, K., Yu, A. W., Lester, B., Du, N., Dai, A. M., & Le, Q. V. (2022). Finetuned Language Models Are Zero-Shot Learners. *arXiv*, Article arXiv:2109.01652v5. https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.01652

Weidinger, L., Mellor, J., Rauh, M., Griffin, C., Uesato, J., Huang, P.-S., Cheng, M., Glaese, M., Balle, B., Kasirzadeh, A., Kenton, Z., Brown, S., Hawkins, W., Stepleton, T., Biles, C., Birhane, A., Haas, J., Rimell, L., Hendricks, L. A., Isaac, W., Legassick, S., Irving, G., & Gabriel, I. (2021). Ethical and social risks of harm from Language Models. *arXiv*, Article arXiv:2112.04359v1. https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.04359

Xu, Y., Hu, L., Zhao, J., Qiu, Z., Xu, K., Ye, Y., & Gu, H. (2025). A survey on multilingual large language models: corpora, alignment, and bias. *Frontiers of Computer Science, 19*(11), Article 1911362. https://doi.org/10.1007/s11704-024-40579-4

Yang, Y., Zhang, Y., Sun, D., He, W., & Wei, Y. (2025). Navigating the landscape of AI literacy education: insights from a decade of research (2014–2024). *Humanities and Social Sciences Communications, 12*(1), Article 374. https://doi.org/10.1057/s41599-025-04583-8

Zhai, C., Wibowo, S., & Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: a systematic review. *Smart Learning Environments, 11*(1), Article 28. https://doi.org/10.1186/s40561-024-00316-7

Zhao, P., Zhang, H., Yu, Q., Wang, Z., Geng, Y., Fu, F., Yang, L., Zhang, W., Jiang, J., & Cui, B. (2024). Retrieval-Augmented Generation for AI-Generated Content: A Survey. *arXiv*, Article arXiv:2402.19473v6. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.19473

Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., Min, Y., Zhang, B., Zhang, J., Dong, Z., Du, Y., Yang, C., Chen, Y., Chen, Z., Jiang, J., Ren, R., Li, Y., Tang, X., Liu, Z., Liu, P., Nie, J.-Y., & Wen, J.-R. (2025). A Survey of Large Language Models. *arXiv*, Article arXiv:2303.18223v16. https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.18223

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

Evaluación en proyectos educativos europeos: metodología y ejemplos

Assessment in European educational projects: methodology and examples

María Goretti Alonso de Castro[a]

[a] *Servicio de Inspección Educativa, Dirección de Área Territorial de Madrid Este, España*
https://orcid.org/0000-0003-4745-9364 malonsca@gmail.com

ARTICLE INFO

Palabras clave
educación, evaluación, proyectos europeos

RESUMEN

Este artículo examina la evaluación en proyectos educativos europeos y aporta una contribución práctica: enlaza marcos consolidados (CIPP, EFQM) y guías recientes de la Comisión Europea con ejemplos de proyecto y un paquete mínimo de evaluación. Tras revisar el ciclo de vida –diagnóstico, seguimiento formativo y evaluación final– se estructuran indicadores por nivel (recursos, procesos, productos, resultados/impacto) y se sintetizan métodos de recogida. Con una muestra de trece proyectos etiquetados como "buenas prácticas", el análisis identifica patrones y brechas: prevalecen instrumentos centrados en procesos y logros inmediatos; la publicación de instrumentos/protocolos es irregular y la persistencia de webs y datos, limitada. Se demuestra el valor de difundir libros de códigos y conjuntos de datos con DOI. Se propone un paquete mínimo replicable –modelo lógico, pre-post ligero o comparación cuasiexperimental, seguimiento formativo con rúbricas e indicadores de adopción a 6-12-24 meses–, junto con apertura y plan de persistencia, para reforzar transparencia, comparabilidad y sostenibilidad.

Keywords
education, evaluation, european projects.

ABSTRACT

This article examines evaluation in European educational projects and offers a practical contribution: it links established frameworks (CIPP, EFQM) and recent European Commission guidance with project examples and a minimum evaluation package. After reviewing the life-cycle–needs analysis, formative monitoring and summative evaluation–indicators are structured by level (inputs, processes, outputs, outcomes/impact) and data-collection methods are synthesised. Using a sample of thirteen projects labelled "good practice", the case analysis identifies patterns and gaps: instruments focused on processes and short-term results are prevalent; public release of instruments/protocols is uneven, and the persistence of websites and data limited. The value of publishing codebooks and datasets with DOIs is highlighted. A replicable minimum package is proposed–logic model, light pre-post or simple quasi-comparison, formative monitoring with rubrics, and adoption indicators at 6–12–24 months–together with open release and a persistence plan, to strengthen transparency, comparability and sustainability.

1. Introducción

La evaluación desempeña un papel fundamental en la innovación y mejora de los centros educativos, al proporcionar datos e información clave que guían la toma de decisiones estratégicas (Casanova, 2023; Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2023).

A través de la identificación de fortalezas y áreas de mejora, los procesos de evaluación permiten a las instituciones ajustar sus prácticas, adoptar enfoques pedagógicos más eficientes y alinear sus recursos con las necesidades reales del entorno. Además, promueve una cultura de reflexión y aprendizaje organizativo que facilita la experimentación y la adopción de soluciones eficaces (Rodríguez-Mantilla, 2021). Por ejemplo, al evaluar el impacto de nuevas tecnologías, es posible identificar las herramientas más adecuadas y optimizar su uso (Owen, 2020).

Recibido, 22/11/2024. Revisado, 25/11/2025. Aceptado, 03/12/2025. Publicado, 31/12/2025.
e-ISSN: 2444-8729

En el contexto de los programas educativos europeos, la evaluación se ha consolidado como un elemento crucial para asegurar el éxito y la sostenibilidad de los proyectos financiados y promovidos por la Unión Europea y otras organizaciones (European Commission, 2021, 2025a). Estos proyectos, que buscan principalmente impulsar la innovación y mejorar la calidad de la educación, requieren un análisis detallado a lo largo de todo su ciclo de vida para verificar que los recursos, los esfuerzos y los resultados se alineen con los objetivos planteados y respondan a las necesidades de los beneficiarios. La evaluación es una herramienta no solo de control, sino también de mejora continua, especialmente a través de metodologías formativas y sumativas que permiten ajustar las actividades en marcha y medir los logros finales alcanzados (European Commission, 2017, 2021, 2024).

La revisión de la literatura muestra que existen diversos enfoques y marcos de evaluación desarrollados a nivel europeo, con estudios que enfatizan la importancia de los modelos de gestión de calidad en el ámbito educativo. Entre estos, el modelo *European Foundation for Quality Management* (EFQM) (Fonseca *et al.*, 2021; Hakes, 2007; Martínez Mediano y Riopérez Losada, 2005; Nicolas y Del Castillo, 2020; Sütőová *et al.*, 2022) se ha posicionado como una referencia en la evaluación de calidad y mejora continua, especialmente en el contexto educativo. Este modelo ofrece una estructura para sistematizar y optimizar los procesos de evaluación y puede adaptarse a las características específicas de los proyectos educativos europeos, permitiendo a las instituciones establecer un marco coherente para la evaluación y el seguimiento de la calidad.

El objetivo de este artículo es caracterizar de forma sistemática cómo se organiza la evaluación en los proyectos educativos europeos y proponer un paquete mínimo replicable –basado en CIPP, EFQM y un modelo lógico– que fortalezca la generación de evidencias y su explotación.

En definitiva, se trata de responder a dos preguntas de investigación:

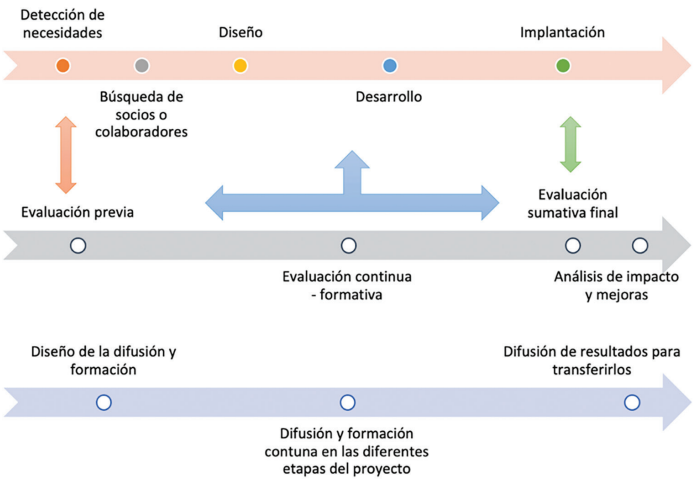
- P1: ¿qué patrones de instrumentos, indicadores y evidencias publicadas se observan en proyectos Erasmus+ etiquetados como "buenas prácticas", con especial atención a su trazabilidad y persistencia?
- P2: ¿qué disposiciones mínimas de evaluación –modelo lógico de una página, pre-post ligero o comparación cuasiexperimental, seguimiento formativo con rúbricas, y apertura/persistencia de datos– incrementan la transparencia, la comparabilidad y la sostenibilidad de los resultados?

Para responder a estas cuestiones, el artículo se inicia con una revisión del papel de la evaluación a lo largo del ciclo de vida del proyecto; continúa con la definición y estructuración de indicadores e instrumentos; y, seguidamente, adapta el modelo EFQM al contexto de los proyectos europeos. A continuación, presenta el estudio de casos y sus principales hallazgos, y concluye con la discusión, las implicaciones para la práctica y las conclusiones, donde los resultados se transforman en recomendaciones operativas para futuros proyectos.

2. Evaluación en el ciclo de vida del proyecto

La evaluación de un proyecto educativo europeo no es un proceso estático, sino un ciclo dinámico que acompaña al proyecto desde su inicio hasta su finalización. Este enfoque integral permite medir y mejorar los resultados de forma continua, asegurando que las actividades se mantengan alineadas con los objetivos y que el impacto del proyecto sea significativo (Chen, 2015; Owen, 2020; Scriven, 2003; Stufflebeam, 2014).

Figura 1. La evaluación en el ciclo de vida de los proyectos (elaboración propia).



A continuación, se describe el papel de cada una de las etapas de evaluación en el ciclo de vida del proyecto: la evaluación inicial, la evaluación continua o formativa y la evaluación final o sumativa (Figura 1).

2.1. Evaluación inicial

La evaluación inicial es una fase fundamental que tiene lugar antes de la implementación activa del proyecto. En esta etapa se define la misión del proyecto, los objetivos específicos que se desean alcanzar y se realiza una planificación detallada de las actividades que se llevarán a cabo. Esta fase también incluye el establecimiento de indicadores clave, que permitirán medir el progreso y el éxito del proyecto en las etapas posteriores. Estos indicadores se diseñan en función de los objetivos, con el fin de orientar el proyecto hacia resultados claros y cuantificables, tanto a corto como a medio y largo plazo.

Los indicadores definidos en esta etapa inicial son esenciales para orientar el desarrollo del proyecto y proporcionar criterios de evaluación claros para las fases formativa y sumativa. Por ejemplo, se pueden definir indicadores relacionados con los recursos que se emplearán (como financiación y herramientas específicas), los productos o resultados que se esperan generar (como materiales educativos) y los procesos que se desarrollarán (como actividades formativas y de difusión). Una planificación adecuada y una definición precisa de indicadores en esta etapa ayudan a minimizar los riesgos y a establecer una base sólida para el seguimiento del proyecto.

2.2. Evaluación continua o formativa

La evaluación continua, también conocida como evaluación formativa, se lleva a cabo de manera regular durante el desarrollo del proyecto. Su propósito es realizar seguimiento del progreso y el cumplimiento de los objetivos en tiempo real, lo que permite a los responsables del proyecto hacer ajustes oportunos para mejorar los resultados y asegurar que el proyecto se mantenga en el rumbo adecuado. Esta etapa de la evaluación se enfoca en el seguimiento de actividades y procesos, la detección de problemas o desviaciones, y la adaptación de las estrategias de ejecución cuando sea necesario (Patton, 2008).

Esta fase es especialmente útil para mantener una comunicación activa entre los participantes del proyecto y para promover la retroalimentación constante, lo que mejora la calidad y efectividad de las actividades. Por ejemplo, se pueden evaluar indicadores como el número de actividades realizadas, el número de participantes involucrados, el nivel de competencias adquiridas hasta el momento, y la calidad de los materiales generados. De este modo proporciona una base para la toma de decisiones informadas, que permite optimizar los recursos y ajustar el enfoque en función de los resultados intermedios obtenidos.

2.3. Evaluación final o sumativa

La evaluación final, o evaluación sumativa, se realiza al concluir el proyecto y está orientada a medir el impacto global alcanzado y el cumplimiento de los objetivos propuestos. Esta fase se centra en analizar si el proyecto ha conseguido cubrir las necesidades y responder a los desafíos planteados al inicio, así como en determinar si los resultados obtenidos son sostenibles y replicables en otros contextos. La evaluación sumativa permite evaluar el grado de éxito del proyecto y su contribución al contexto educativo en el que se implementa.

En esta fase se utilizan tanto indicadores cuantitativos como cualitativos para analizar los productos o resultados que se han llevado a cabo, el impacto en los participantes y el uso de los recursos. Algunos ejemplos incluyen una mejora en las competencias de los participantes, la implementación de los materiales educativos desarrollados en instituciones, y el nivel de satisfacción de los usuarios finales. Los resultados de la evaluación sumativa también pueden proporcionar datos útiles para futuras iniciativas y recomendaciones, con el fin de mejorar la eficacia, eficiencia y el impacto de los proyectos educativos europeos.

En conjunto, las etapas de evaluación en el ciclo de vida de un proyecto ofrecen una visión integral que permite ajustar y mejorar la ejecución del proyecto en todas sus fases, garantizando que los objetivos se cumplan de manera efectiva y que el proyecto deja un impacto positivo y duradero en el ámbito educativo.

3. Definición y estructuración de indicadores de evaluación

Para evaluar adecuadamente los proyectos, es necesario definir indicadores específicos por cada fase del ciclo. Estos ofrecen criterios objetivos sobre recursos, procesos, productos y resultados/impacto, combinando medidas cuantitativas y cualitativas para orientar la mejora continua.

En el ámbito de la Comisión Europea se establecen guías con indicaciones sobre los indicadores que los expertos deben evaluar y ofrece orientaciones para los beneficiarios sobre la evaluación mediante el uso de encuestas, entrevistas y pruebas de competencias para evaluar el impacto (European Commission, 2025a, 2025b).

A continuación, se detallan las categorías principales de indicadores y su clasificación en cuantitativos y cualitativos.

3.1. Tipología de indicadores

Los indicadores pueden agruparse en cuatro grupos, aquellos orientados a los recursos que se utilizan en el proyecto, los enfocados a los productos o resultados obtenidos, a las actividades y procesos y los impactos a largo plazo. En primer lugar, la evaluación de recursos permite asegurar una gestión financiera eficaz y una asignación adecuada de herramientas, aspectos críticos en proyectos educativos europeos donde la optimización de recursos es esencial (Lázaro y Obregón, 2009). En segundo lugar, los productos generados constituyen una evidencia tangible del trabajo realizado y ayudan a evaluar si el proyecto cumple con los objetivos de creación de recursos formativos (Owen, 2020). En tercer lugar, los indicadores de procesos son claves para evaluar la implementación en tiempo real, permitiendo ajustes inmediatos y promoviendo la calidad en el desarrollo del proyecto (Stufflebeam, 2014). Por último, evaluar el impacto a largo plazo es esencial para determinar el éxito de un proyecto, ya que permite observar el cambio duradero y la transferencia efectiva de conocimientos en el contexto educativo (European Commission, 2017, 2024) .

En síntesis, los indicadores se agrupan en recursos, procesos, productos e impactos a largo plazo (véase la Tabla 1).

Tabla 1. Tipología de indicadores.

Recursos utilizados	Productos generados	Actividades y procesos	Impactos a largo plazo
Se centran en evaluar los medios empleados en la ejecución del proyecto, como los financieros, materiales y tecnológicos. Son fundamentales para garantizar que los recursos se usen de manera eficiente y en alineación con los objetivos iniciales.	Miden los resultados concretos producidos por el proyecto, como materiales didácticos, guías de aprendizaje, contenidos digitales y otros recursos que beneficien directamente a los destinatarios	Se enfocan en la cantidad y calidad de las actividades realizadas, así como en la participación y el compromiso de los involucrados. Este tipo de indicadores permite analizar la eficacia de la implementación y el progreso del proyecto	Efectos sostenibles del proyecto en el contexto donde se implementa, lo que incluye el impacto en competencias adquiridas, el grado de utilización de los materiales generados y la implantación de prácticas en instituciones educativas.
Ejemplos: euros de financiación obtenidos, porcentaje de cofinanciación, y uso de herramientas tecnológicas	Ejemplos: número de materiales didácticos creados, porcentaje de incremento en las competencias adquiridas por los participantes, guías o documentos de referencia generados	Ejemplos: número de actividades de formación realizadas, número de participantes y sus niveles de progreso, y nivel de competencias adquiridas.	Ejemplos: incrementos en competencias profesionales (digitales, lingüísticas, etc.), nivel de implantación de materiales en el entorno y frecuencia de utilización de los resultados.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Indicadores cuantitativos y cualitativos

La clasificación de los indicadores en cuantitativos y cualitativos (Tabla 2) permite una evaluación más exhaustiva, ya que cada tipo de indicador ofrece perspectivas distintas pero complementarias sobre los resultados del proyecto. Los indicadores cuantitativos son fundamentales en la evaluación de proyectos porque aportan datos claros y objetivos, necesarios para tomar decisiones basadas en evidencia (Chen, 2015), por otra parte, los indicadores cualitativos permiten obtener una visión más profunda de la experiencia de los beneficiarios y de la percepción de calidad (Patton, 2008), lo cual es indispensable para interpretar los resultados en un contexto educativo complejo.

La combinación de indicadores cuantitativos y cualitativos proporciona una evaluación integral y adaptada a las necesidades del proyecto. Ambos tipos de indicadores son necesarios para construir una visión completa

Tabla 2. Indicadores cuantitativos y cualitativos.

Cuantitativos	Cualitativos
Los indicadores cuantitativos son aquellos que se pueden medir numéricamente y ofrecen datos precisos sobre el cumplimiento de los objetivos. Estos indicadores son esenciales para obtener resultados objetivos y fácilmente comparables.	Los indicadores cualitativos requieren un análisis interpretativo, ya que reflejan aspectos subjetivos como la percepción de calidad, el grado de satisfacción y la experiencia de los participantes. Estos indicadores son valiosos para evaluar factores intangibles que también afectan los resultados del proyecto
Ejemplos: número de accesos a recursos digitales, porcentaje de aumento en competencias adquiridas, número de participantes y horas de formación	Ejemplos: nivel de satisfacción de los participantes, calificación de la calidad de los materiales, percepción del impacto del proyecto en las instituciones educativas

Fuente: elaboración propia.

y precisa del progreso y del impacto del proyecto, permitiendo a los responsables del proyecto realizar mejoras basadas en datos concretos y en la experiencia de los beneficiarios.

4. Instrumentos de evaluación

Los instrumentos de medición son herramientas esenciales para recoger y analizar los datos que permitirán evaluar los diferentes indicadores establecidos en los proyectos educativos europeos. Cada instrumento se selecciona y diseña en función de los objetivos del proyecto y de los tipos de indicadores definidos (cuantitativos o cualitativos), asegurando que la información obtenida sea relevante y útil para evaluar tanto los procesos como los resultados. A continuación, se presentan los principales métodos e instrumentos empleados en la evaluación de proyectos, así como ejemplos específicos de su implementación en el contexto educativo europeo.

La evaluación combina métodos mixtos que integran encuestas, entrevistas, pruebas, observación y revisión documental, con el fin de obtener evidencias comparables y con contexto. Este enfoque, recomendado por la literatura (Patton, 2008; Creswell, 2009, 2014; Creswell *et al.*, 2011; Creswell y Plano Clark, 2018; Dowding, 2013) y las guías europeas (European Commission, 2017, 2021, 2022, 2024), permite seguir procesos, estimar resultados y documentar el impacto en beneficiarios (Cohen et al., 2013; Owen, 2020; Rossi *et al.*, 2004; Scriven, 2003).

4.1. Ejemplos de instrumentos

La Tabla 3 muestra algunos ejemplos de instrumentos y cómo podrían utilizarse en el contexto de los proyectos educativos europeos.

Tabla 3. Ejemplos de instrumentos.

	Definición	Objetivo	Ejemplos
Encuestas	Las encuestas son una herramienta eficaz para recopilar datos cuantitativos y cualitativos de un amplio número de participantes. Este instrumento permite evaluar aspectos como la satisfacción, el nivel de competencias alcanzado, y la percepción de calidad de los materiales y actividades del proyecto.	Las encuestas pueden ser administradas de manera presencial o en línea, adaptándose a las necesidades de los participantes y facilitando la recolección de datos estructurados para el análisis estadístico	En proyectos europeos centrados en la mejora de competencias digitales, las encuestas pueden medir el nivel de satisfacción de los estudiantes con los recursos didácticos en línea y evaluar el impacto percibido en sus competencias tecnológicas
Entrevistas	Las entrevistas ofrecen un enfoque cualitativo más profundo, permitiendo explorar con mayor detalle la experiencia y percepción de los participantes. Las entrevistas pueden ser individuales o grupales y pueden variar en formato, desde semiestructuradas hasta abiertas, según el tipo de información que se busque obtener.	Este instrumento es especialmente útil para obtener retroalimentación detallada sobre el impacto de las actividades formativas y sobre la implementación de los productos generados.	En un proyecto educativo que busca fortalecer las competencias lingüísticas, las entrevistas pueden ayudar a comprender los obstáculos que enfrentan los estudiantes y el valor que asignan a las prácticas pedagógicas introducidas.

(continuada)

Tabla 3. Ejemplos de instrumentos. *(continuada)*

	Definición	Objetivo	Ejemplos
Pruebas de competencias	Las pruebas de competencias son instrumentos específicos para medir el nivel de habilidades adquiridas por los participantes en función de los objetivos educativos del proyecto. Estas pruebas pueden ser administradas al inicio y al final del proyecto para evaluar el progreso en las competencias específicas.	Las pruebas suelen ser estructuradas y están diseñadas para generar resultados numéricos que permitan comparar los niveles de competencia antes y después de la intervención del proyecto.	En un proyecto europeo de capacitación digital, se pueden aplicar pruebas antes y después de las actividades de formación para medir el incremento en competencias digitales y analizar el impacto directo de la intervención.
Hojas de observación	Las hojas de observación permiten recolectar datos directos y objetivos sobre la conducta, participación y nivel de compromiso de los participantes en actividades formativas. Este instrumento es útil para evaluar tanto el proceso de implementación como la respuesta de los beneficiarios ante los métodos pedagógicos y los recursos.	Las observaciones pueden ser estructuradas, con criterios específicos, o abiertas, lo cual permite flexibilidad para captar una variedad de aspectos en la interacción de los participantes con el proyecto.	En proyectos que promueven el trabajo en equipo, las hojas de observación permiten evaluar cómo interactúan los estudiantes y cómo aplican las habilidades aprendidas en dinámicas grupales.
Revisión de documentos y registros	Este método implica la revisión sistemática de documentos y registros generados a lo largo del proyecto, tales como informes de progreso, actas de reuniones, publicaciones y materiales producidos. Es una fuente útil de datos secundarios que complementa la información obtenida a través de otros instrumentos.	La revisión de documentos permite evaluar el cumplimiento de los objetivos, la producción de recursos y la calidad de los productos generados en el proyecto.	Materiales didácticos, la revisión de documentos permite evaluar si estos cumplen con los estándares y objetivos propuestos, y si se han desarrollado en los tiempos previstos.

Fuente: elaboración propia.

4.2. Ejemplos de implementación

En el contexto de los proyectos educativos europeos, estos instrumentos se han empleado exitosamente para recopilar datos de forma sistemática y estructurada, asegurando que los resultados sean representativos y confiables (Owen, 2020; Rossi *et al.*, 2004). A continuación, se presentan algunas ideas de proyectos y los posibles instrumentos de medida que podrían utilizarse, que cuando se implementan de manera adecuada, ofrecen información útil para evaluar el impacto, la efectividad y la sostenibilidad de los proyectos educativos europeos.

4.2.1. Proyecto Erasmus+ sobre competencias lingüísticas

Si se diseña un proyecto enfocado en mejorar las competencias lingüísticas en contextos multiculturales, se podrían diseñar como métodos de evaluación encuestas y entrevistas para medir la satisfacción de los estudiantes con los materiales y actividades ofrecidas, así como las pruebas de competencias para evaluar su progreso en las habilidades lingüísticas, antes, durante y después del proyecto. La combinación de estos instrumentos puede permitir obtener una evaluación completa del impacto del proyecto, tanto en términos de percepción como de resultados medibles.

4.2.2. Proyecto de educación digital para la inclusión

En un proyecto europeo dedicado a fomentar la inclusión digital entre jóvenes en riesgo de exclusión, se podrían utilizar hojas de observación para analizar el compromiso de los participantes durante las actividades formativas. Además, aplicar pruebas de competencias digitales para medir el avance en el uso de herramientas tecnológicas básicas. Los resultados pueden completarse con la revisión de documentos de progreso y actas de reuniones para evaluar el cumplimiento de los objetivos del proyecto y el impacto en la inclusión social.

4.2.3. Proyecto Horizonte Europa sobre innovación pedagógica

Para un proyecto de Horizonte Europa orientado a la innovación pedagógica en competencias STEM, se podrían aplicar encuestas a docentes y estudiantes para evaluar la calidad de los materiales didácticos generados y su impacto en la motivación de los estudiantes hacia las ciencias. Asimismo, la revisión de documentos permitirá analizar si los materiales respetan los estándares pedagógicos y si están adaptados de forma adecuada a los entornos educativos de cada país participante.

5. Modelo EFQM y su aplicación en la evaluación de proyectos

El modelo EFQM es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar y mejorar la calidad en organizaciones de distintos sectores, incluido el educativo (Fonseca *et al.*, 2021; Gabriela-Livia, 2021; Hakes, 2007; Martínez Mediano y Riopérez Losada, 2005; Nicolas y Del Castillo, 2020; Santos y Abreu, 2019). Su estructura permite la identificación de áreas de mejora y la implementación de prácticas que incrementan la efectividad y el impacto de los proyectos. Al aplicarse en proyectos educativos europeos, este modelo proporciona una estructura flexible y robusta para asegurar que las iniciativas cumplan con altos estándares de calidad y fomenten la mejora continua.

5.1. Descripción del modelo EFQM

El modelo EFQM fue desarrollado por la Fundación Europea para la Gestión de la Calidad como un marco integral de gestión de la calidad. Es una herramienta que ayuda a las organizaciones a medir su desempeño, identificar fortalezas y áreas de mejora, y aplicar acciones correctivas para optimizar sus procesos.

Su estructura se basa en varios criterios que incluyen el liderazgo, la estrategia; las personas; los recursos y alianzas; procesos, productos y servicios; así como los resultados en personas, clientes, sociedad y negocio (véase Tabla 4).

Tabla 4. Elementos clave del modelo EFQM.

Liderazgo	En qué medida los líderes de la organización inspiran e impulsan una cultura de mejora
Estrategia	Cómo la organización define y despliega una estrategia que respalda su misión y visión
Personas	La capacidad de la organización para gestionar y desarrollar su capital humano
Recursos y alianzas	La gestión de recursos financieros, tecnológicos y de alianzas para crear valor
Procesos, productos y servicios	Cómo la organización diseña y optimiza sus procesos para maximizar el valor para los beneficiarios
Resultados en personas, clientes, sociedad y negocio	Se evalúan los resultados obtenidos en función del impacto en los grupos clave, la satisfacción de los beneficiarios y el logro de los objetivos

Fuente: elaboración propia.

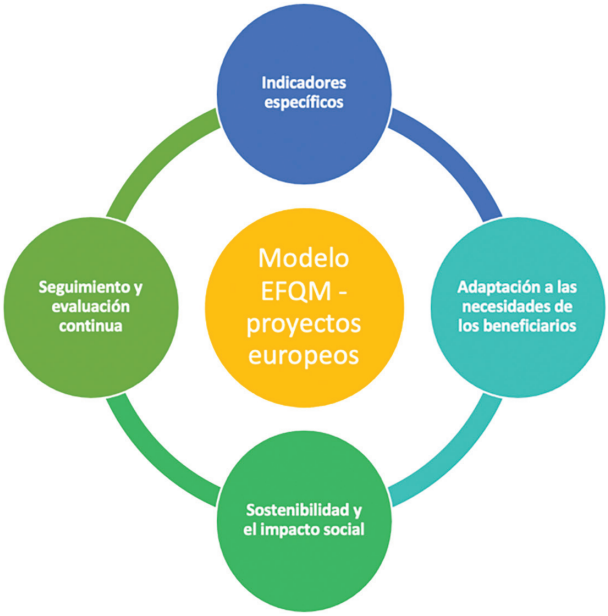
Cada uno de estos criterios se mide mediante una serie de subcriterios y prácticas específicas, lo que proporciona una estructura detallada y sistemática para la evaluación y la mejora. En el contexto educativo, el modelo EFQM resulta especialmente útil para gestionar y evaluar proyectos de colaboración y desarrollo, como los proyectos europeos, debido a su enfoque en el impacto social, el liderazgo y la eficiencia en la gestión de recursos.

5.2. Adaptación del modelo al contexto de proyectos europeos

El modelo EFQM, aunque es aplicable a múltiples contextos, puede ser adaptado para satisfacer las necesidades específicas de los proyectos educativos europeos (European Commission, 2014, 2018). Esta adaptación implica

ajustar sus criterios de evaluación e incluir indicadores y metodologías particulares que respondan a los objetivos de cada proyecto (ver Figura 2).

Figura 2. Adaptaciones comunes en el contexto de proyectos europeos (elaboración propia).



Algunas de las adaptaciones comunes en el contexto de proyectos europeos son (Figura 2):

1. **Definición de indicadores específicos**: los proyectos europeos a menudo se enfocan en mejorar competencias educativas y en la creación de recursos didácticos. Se pueden añadir indicadores específicos como el grado de satisfacción de los beneficiarios, el número de participantes en actividades de formación, y el incremento en competencias adquiridas.
2. **Adaptación de los criterios de evaluación a las necesidades de los beneficiarios**: los criterios del EFQM pueden modificarse para poner un mayor énfasis en los resultados de aprendizaje y en la creación de valor para los destinatarios del proyecto, como estudiantes, docentes e instituciones educativas.
3. **Enfoque en la sostenibilidad y el impacto social**: en los proyectos europeos, la sostenibilidad y el impacto a largo plazo son fundamentales. El modelo puede ajustarse para evaluar el grado de implementación de los materiales didácticos, el uso sostenible de los recursos generados, y el impacto en el entorno educativo y en las competencias de los beneficiarios.
4. **Ajuste del seguimiento y la evaluación continua**: el modelo EFQM fomenta la evaluación continua a través de revisiones periódicas. En el contexto de proyectos europeos, esto se traduce en un seguimiento formativo para asegurar que el proyecto cumple con sus objetivos en cada fase y realiza ajustes cuando sea necesario, siguiendo una metodología basada en evidencias.

5.3. Beneficios del modelo EFQM

La aplicación del modelo EFQM en la evaluación de proyectos educativos europeos ofrece múltiples beneficios, los cuales se detallan a continuación (Martínez Mediano y Riopérez Losada, 2005; Sütőová *et al.*, 2022; Taraza *et al.*, 2024):

1. **Mejora continua**: uno de los principios fundamentales del modelo EFQM es fomentar una cultura de mejora continua. Esto es especialmente relevante en proyectos educativos, ya que permite aprender de cada etapa del proyecto y aplicar estos conocimientos para optimizar futuras iniciativas. Con el modelo EFQM, las instituciones pueden revisar y ajustar continuamente sus prácticas para garantizar que cumplen con las expectativas de calidad.

2. **Evaluación estructurada**: el modelo EFQM proporciona una estructura clara y detallada para la evaluación, con criterios bien definidos que abarcan desde el liderazgo hasta los resultados finales. Esta estructura ayuda a las instituciones a organizar sus procesos de evaluación de una manera sistemática, cubriendo todos los aspectos críticos de los proyectos europeos y garantizando un análisis completo del impacto y la efectividad del proyecto.
3. **Cumplimiento de estándares de calidad**: la implementación del modelo EFQM asegura que los proyectos cumplan con altos estándares de calidad a nivel europeo. Esto es esencial en proyectos educativos financiados por la Unión Europea, donde la transparencia y la calidad son requisitos fundamentales para la financiación y el reconocimiento.
4. **Fomento de la responsabilidad y la transparencia**: el modelo EFQM promueve la rendición de cuentas mediante la generación de informes y evaluaciones que muestran los resultados obtenidos y las áreas de mejora. Esto es particularmente importante en proyectos europeos, donde se requiere una justificación del uso de recursos y de los impactos logrados para asegurar la transparencia en el manejo de los fondos públicos.
5. **La comparabilidad y la replicabilidad de proyectos**: al utilizar un modelo estandarizado como el EFQM, las instituciones pueden comparar sus resultados y prácticas con otros proyectos similares en Europa. Esto permite identificar las mejores prácticas y facilita la replicabilidad de proyectos exitosos en diferentes contextos educativos, contribuyendo al desarrollo de una educación europea de calidad.

En resumen, el modelo EFQM es una herramienta de gran valor para la evaluación de proyectos educativos europeos, ya que proporciona una estructura sólida para medir y mejorar la calidad en cada etapa del proyecto. Adaptado al contexto educativo y a las necesidades específicas de cada proyecto, el modelo EFQM contribuye a asegurar que los proyectos logren sus objetivos, fomenten una cultura de mejora continua y ofrezcan resultados de alto impacto en el ámbito educativo europeo.

6. Estudio de casos

El análisis llevado a cabo en los proyectos de la tesis doctoral "Guía metodológica para el uso exitoso de las tecnologías digitales en la educación: mejora del aprendizaje a través de proyectos educativos europeos" (Alonso de Castro, 2020, 2023a, 2023b, 2023c; Alonso de Castro y García-Peñalvo, 2024) revela que la evaluación –en fases inicial, formativa y final, y en el impacto a medio y largo plazo– suele estar insuficientemente definida.

La investigación se apoyó en 187 cuestionarios válidos (con mayor peso de los sectores escolar y FP, y de las convocatorias 2016–2017), seguidos de 22 entrevistas semiestructuradas y dos grupos focales con 13 proyectos. Este proceso se realizó mediante un muestreo escalonado y criterial:

- Primero, los cuestionarios permitieron mapear el universo por sector, temática, convocatoria y grado declarado de uso de evaluación y tecnologías, identificando proyectos elegibles para profundización.
- Con esa base se aplicó un muestreo intencional de máxima variación para concertar 22 entrevistas semiestructuradas (equilibrando sectores –escolar, FP, HE/Adult–, países y años; presencia explícita de actividades de evaluación; y accesibilidad/persistencia de resultados en la web o repositorios).
- En la última fase se seleccionaron 13 casos para análisis intensivo y grupos focales según criterios de calidad y trazabilidad: disponibilidad de documentación pública suficiente (instrumentos, indicadores, evidencias), diversidad tipológica y geográfica, etiqueta de "buena práctica" en la Plataforma de Resultados cuando aplicaba, potencial de transferencia y consentimiento para uso de información. Asimismo, se excluyeron proyectos sin materiales verificables, con persistencia web insuficiente o que no completaron entrega antes de la fecha de corte. Estos 13 casos proporcionan la base empírica del estudio comparado y de la Tabla 5.

Un aspecto destacable es que, en la mayoría de los casos analizados, una vez transcurridos los años obligatorios de difusión, los sitios web asociados a estos proyectos dejan de actualizarse e, incluso, en muchos casos dejan de estar operativos. Este hecho resulta especialmente llamativo, considerando que se trata de proyectos catalogados como ejemplos de buenas prácticas.

Este fenómeno refleja una carencia recurrente en las evaluaciones de las propuestas de proyectos europeos, donde son escasos los proyectos que incorporan un diseño claro, riguroso y sistemático de los procesos de evaluación. Esto incluye no solo la evaluación formativa y sumativa, sino también el análisis del impacto generado,

tanto en las instituciones participantes como en otras similares que podrían beneficiarse de los resultados del proyecto.

No obstante, es importante resaltar que, la identificación de instrumentos dependió principalmente de los sitios web de los proyectos y de la información disponible en la plataforma de resultados del programa Erasmus+ (https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects). En consecuencia, los resultados obtenidos están condicionados por la disponibilidad, estabilidad y calidad de los materiales públicos: la desactivación de las páginas web, enlaces rotos o migraciones de dominios pueden ocultar evidencias existentes. Por ello, la ausencia de evidencias en fuentes abiertas no implica necesariamente ausencia de evaluación. Además, concurren heterogeneidades (idioma de publicación, prácticas institucionales y línea de acción –KA, HE, etc.–) que introducen variación en la profundidad y el formato de la documentación. Este análisis no pondera por tamaño ni presupuesto de los proyectos y no incluye meta-análisis de efectos; su propósito es metodológico-documental y orientado a la transferencia de prácticas de evaluación efectivamente publicadas.

6.1. Protocolo de extracción y codificación

Para analizar las técnicas de evaluación de los proyectos motivo de la tesis doctoral previamente citada, se aplicó un protocolo con dos planos complementarios: extracción y codificación. Para cada caso se elaboró una ficha de registro donde se recogían los metadatos del proyecto, la accesibilidad y persistencia de sus resultados, los instrumentos de evaluación publicados (tipo, momento de aplicación y población destinataria), los indicadores especificados y las evidencias de resultados, impacto y sostenibilidad. También se anotó el grado de apertura (licencias, DOI y depósitos en repositorios).

En la fase de codificación, se organizó la información con categorías deductivas basadas en marcos consolidados como son: el modelo de Contexto, Insumos, Proceso, Producto (CIPP) de Stufflebeam (2014), la evaluación orientada al uso (UFE) de Patton (2008) y el modelo lógico del proyecto de Chen (2015), así como las guías de evaluación de la Comisión Europea (European Commission, 2025a, 2025b) — y las combinamos con categorías inductivas que emergieron de los propios casos: usabilidad, diagnóstico inicial, seguimiento formativo en aula, pruebas de logro y evaluación metodológica integral.

Este enfoque mixto, de diseño convergente, ha permitido triangular cada instrumento con el momento del ciclo evaluativo (inicial, formativo, sumativo) y con el nivel de evidencia (proceso, resultados, impacto), mejorando la interpretación y la comparabilidad entre casos.

6.2. Proyectos analizados

Si se toman en cuenta los trece proyectos que pasaron todas las fases de la investigación de la tesis citada (Alonso de Castro, 2023c), por ser buena práctica y seguir activos en el momento de la investigación con impacto en el alumnado y profesorado, únicamente siete (53,8%) publicaron instrumentos o protocolos de evaluación identificables (Tabla 5). Esto restringe la transparencia, la replicabilidad y el aprendizaje entre los proyectos.

Tabla 5. Proyectos que han publicado como resultados instrumentos de evaluación.

Título	Código	Información publicada sobre la Evaluación
Education in Mathematics in Game-based Immersive Contexts	2017-1-PT01-KA201-035847	Pruebas de usabilidad (alumnado, profesorado, socios); actividad de observación en el aula
Choose Your Future	2014-1-BG01-KA201-001435	Pruebas del curso
Development of skills through art and emotional intelligence, to improve learning and situations of social exclusion	2015-1-ES01-KA201-016210	Documento metodológico de la evaluación con el modelo, los indicadores y herramientas, resultados, evaluación de los encuentros y evaluación del trabajo en los centros escolares
Take the e+train	2017-1-ES01-KA219-038105	Estudio inicial de necesidades
Innovative Education towards Sustainable Food Systems	2016-1-PL01-KA203-026652	Encuesta de conocimiento de los estudiantes
Massive open online courses with videos for palliative clinical field and intercultural and multilingual medical communication	2014-1-RO01-KA203-002940	Investigación del punto de partida
Developing Skills in Dealing with Emergencies: Civil protection for people	2017-1-EL01-KA204-036189	Encuesta de conocimiento de la protección civil

Fuente: elaboración propia.

6.3. Distribución del tipo de evidencias

La Tabla 6 recoge la distribución de evidencias publicadas. En síntesis: (a) usabilidad y observación en aula: un caso; (b) pruebas ligadas a la acción formativa: un caso; (c) evaluación metodológica integral: un caso; (d) diagnóstico de partida/estudio de necesidades: dos casos; y (e) encuestas de conocimiento temático: dos casos.

En conjunto, predominan instrumentos de resultado inmediato, de diagnóstico o logro, y de proceso, orientados a la usabilidad u observación, mientras que son muy escasas las evidencias públicas de impacto sostenido y evaluación externa.

A partir de esta información se desprenden varias conclusiones transversales sobre la calidad de las evidencias. Para empezar, en cuanto a la cobertura del ciclo, la mayoría de los proyectos que publican instrumentos documentan solo una fase (diagnóstico o logro), con menos frecuencia dos (por ejemplo, diagnóstico y evaluación final) y rara vez las tres con una lógica explícita del programa.

En lo relativo a la definición operativa de los indicadores, predominan los de producto y proceso, mientras escasean los que capturan impacto a medio plazo –implantación real en los centros, cambios en la práctica docente, réplicas– y sostenibilidad –uso continuado de los resultados a 12–24 meses–.

La calidad metodológica declarada también es limitada: es poco habitual que se publiquen evidencias sobre validez, fiabilidad o procedimientos de muestreo; cuando se hacen explícitas, la utilidad de la evidencia para terceros aumenta de forma notable.

Finalmente, la apertura y la persistencia siguen siendo la excepción: la publicación de instrumentos (encuestas, rúbricas, guías de observación), libros de códigos y conjuntos de datos anonimizados con licencias abiertas e identificador digital persistente (DOI) es aún minoritaria, y la desaparición de sitios web debilita la reproducibilidad y la transferencia.

Tabla 6. Matriz de correspondencias "tipo de instrumento ↔ fase del ciclo".

Tipo de instrumento publicado	Proyecto de la muestra que lo utiliza	Fase predominante	Valor añadido	Brecha habitual
Estudio de necesidades / diagnóstico de partida	*Take the e+train.*	Inicial	Alinea diseño con necesidades reales	Pocas conexiones explícitas con indicadores de impacto
	MOOC—paliativos/ mediación intercultural			
Encuesta de conocimientos	*Sistemas alimentarios sostenibles.*	Inicial y/o Final	Permite pre-post si se repite	Fiabilidad/validez rara vez reportadas
	Protección civil			
Pruebas del curso	*Choose Your Future*	Final (sumativa)	Evidencia de logro en el propio curso	Riesgo de medición "de oportunidad" sin línea base
Usabilidad + observación en aula	*Education in Mathematics in Game-based Immersive Contexts*	Formativa	Mejora iterativa del diseño didáctico	Difícilmente se vincula a impacto más allá del aula
Documento metodológico integral (modelo + indicadores + herramientas + resultados)	*Art & Emotional Intelligence*	Transversal	Trazabilidad y replicabilidad elevadas	Poco frecuente en la muestra

Fuente: elaboración propia.

6.4. Recomendaciones prácticas derivadas

Para reducir la brecha entre "buena práctica" y evidencia trazable, se propone un paquete mínimo alineado con la Guía Erasmus+ (European Commission, 2025a, 2025b) y los marcos CIPP/U-FE, que incluya: (1) modelo lógico conciso con indicadores por nivel; (2) antes–después ligero o comparación cuasiexperimental; (3) seguimiento formativo documentado con rúbricas; (4) indicadores de adopción y sostenibilidad a 6–12–24 meses; y (5) plan de datos con apertura y persistencia (plan de gestión –DMP, DOI y metadatos FAIR– localizable, accesible, interoperable y reusable).

Por último, para garantizar la persistencia, es aconsejable clonar el sitio de resultados en un repositorio estático (por ejemplo, GitHub Pages con DOI de Zenodo – https://zenodo.org/) y así evitar la caída del sitio web una vez finalizado el proyecto.

7. Discusión y conclusiones

Los resultados permiten responder de forma directa a las dos cuestiones orientadoras plantadas en la introducción:

- En relación con P1, el análisis de los trece casos muestra un predominio de instrumentos de proceso y de logro inmediato, junto con déficits de trazabilidad: solo una parte de los proyectos publica instrumentos o protocolos de evaluación y la persistencia de sitios y conjuntos de datos resulta irregular, lo que limita la verificación externa; además, se identifican factores explicativos (coste de documentación, heterogeneidad institucional/idiomática y precauciones sobre protección de datos).
- En cuanto a P2, la evidencia apunta a que un paquete mínimo de evaluación –modelo lógico explícito, medición antes–después o comparación cuasiexperimental sencilla, seguimiento formativo documentado con rúbricas y apertura/persistencia de datos– incrementa la transparencia, la comparabilidad y la sostenibilidad de los resultados. Los proyectos que declaran desde el diseño indicadores y fuentes de evidencia, y que publican instrumentos, libros de códigos y conjuntos de datos con identificadores persistentes, documentan mejor sus logros y facilitan la transferencia, en línea con el enfoque de mejora continua y con las orientaciones europeas vigentes.

En términos EFQM, los proyectos funcionan razonablemente bien en lo interno (agentes: personas, alianzas/recursos y procesos), gracias a la formación y a la producción de materiales. Donde se detectan vacíos es en lo externo (resultados): faltan datos que prueben cambios sostenidos en las personas beneficiarias, en la sociedad y en los indicadores clave, debido a escasa medición en el tiempo y a la no publicación de esas evidencias.

Las guías recientes de la Comisión Europea insisten en vincular la innovación con evaluación, ética, gestión de datos y explotación. En este marco, el paquete mínimo propuesto operacionaliza esas exigencias: un modelo lógico que conecta actividades, productos y resultados; un pre-post ligero o comparación cuasiexperimental cuando sea viable; seguimiento formativo documentado; y un plan de apertura y persistencia (DMP, depósito con DOI, metadatos FAIR y enlace desde la Plataforma de Resultados). Adoptar estas disposiciones mejora la coherencia con EFQM (estrategia-procesos-resultados), facilita la replicabilidad y reduce la brecha entre lo que se hace y lo que queda públicamente comprobable.

En términos de diseño de futuros proyectos, conviene incorporar desde la memoria: un modelo lógico de una página con indicadores y fuentes, responsabilidades claras para la evaluación, presupuesto específico para recogida y apertura de datos, y una ruta de explotación que contemple repositorios estables, métricas de uso y evidencias de adopción a 6–12–24 meses. Este anclaje temprano aumenta la viabilidad de medir impacto y la sostenibilidad de los resultados más allá del periodo de financiación.

7.1. Limitaciones

A pesar de sus beneficios, la evaluación en proyectos europeos enfrenta algunas limitaciones. Primero, la diversidad de contextos y participantes en estos proyectos puede dificultar la estandarización de indicadores, lo que complica la comparabilidad de resultados y la evaluación de impacto. En segundo lugar, muchos proyectos enfrentan restricciones de tiempo y recursos, lo que puede limitar la capacidad de realizar una evaluación exhaustiva y continua. Para abordar estas limitaciones, se recomienda:

- Adaptar indicadores a contextos específicos: desarrollar indicadores ajustados a las realidades locales y culturales, lo cual incrementará la relevancia y la precisión de la evaluación en proyectos multiculturales y multiinstitucionales.
- Fomentar la formación en evaluación: invertir en la formación de los equipos de proyecto para que desarrollen habilidades en métodos de evaluación y gestión de datos.
- Proveer recursos y herramientas de evaluación estándar: desarrollar herramientas de evaluación y software accesibles que faciliten la recogida y análisis de datos, reduciendo las barreras de tiempo y recursos.

7.2. Implicaciones para la práctica de los coordinadores de proyectos

La evidencia obtenida a partir de los indicadores y del modelo EFQM muestra que estos enfoques son transferibles cuando se operativizan desde el inicio y se gestionan con lógica de mejora continua (planificar–

hacer–comprobar–actuar). La combinación de un modelo lógico conciso con un conjunto mínimo de instrumentos permite seguir el proyecto de forma sistemática, vincular actividades con resultados y dejar evidencias públicas de decisiones y aprendizajes.

En la práctica, conviene comenzar con un modelo lógico de una página que explicite supuestos, actividades, productos y resultados esperados, del que se derivan indicadores y fuentes de evidencia. Sobre esa base, se define un calendario que cubra diagnóstico, seguimiento formativo y evaluación final, y se asignan responsabilidades (quién recoge, quién analiza, quién publica). Para medir cambios, suele bastar una medición antes–después en las áreas prioritarias (por ejemplo, alfabetización digital o actitudes hacia la innovación); cuando no sea posible, resulta útil una comparación cuasiexperimental con grupos naturales, dejando constancia de similitudes y diferencias. Todo ello se acompaña de un plan de datos que asegure apertura y persistencia: depósito de instrumentos, libros de códigos y conjuntos de datos anonimizados con DOI, metadatos localizables, accesibles, interoperables y reutilizables, enlace desde la Plataforma de Resultados y un espejo del sitio del proyecto tras el cierre.

La evaluación cobra sentido cuando los indicadores hablan de adopción, cambio y permanencia. Pueden combinarse métricas de adopción docente o curricular (porcentaje de centros o profesorado que utiliza los recursos con cierta frecuencia), finalización de formación (número y porcentaje de personas certificadas), mejora antes–después en competencias o actitudes (diferencia de medias en escalas breves), fidelidad de la implementación (índice de cumplimiento del protocolo) y sostenibilidad a 6–12–24 meses (descargas, accesos, citaciones o reutilizaciones documentadas). La transferencia se acredita registrando, en el repositorio, los contextos externos que reutilizan materiales y las adaptaciones mínimas realizadas.

Para recoger estas evidencias sin sobrecargar al equipo, es suficiente un cuestionario antes–después de 8–10 ítems, una rúbrica de observación con cuatro niveles y pocos criterios, una escala breve de usabilidad y una hoja de fidelidad que anote componentes esenciales y variaciones. Cada instrumento debe ir acompañado de su libro de códigos y alojarse en un repositorio estable. Formularios en línea y cuadros de mando sencillos permiten visualizar avances y detectar desviaciones a tiempo, mientras que copias periódicas garantizan la trazabilidad.

Este enfoque también favorece el aprendizaje entre proyectos. Con la estructura EFQM es posible comparar procesos (cómo se implementa) y resultados (qué cambia y se mantiene) entre iniciativas afines, siempre que los instrumentos y métricas se publiquen con criterios homogéneos. Por ejemplo, en una acción de formación docente, un antes–después breve puede mostrar una mejora media apreciable en confianza digital, acompañada de una adopción del material a los seis meses; en una intervención de aula, una rúbrica de cuatro niveles puede evidenciar avances en participación y uso de recursos, con alta fidelidad de aplicación y un informe público que incluye el conjunto de datos anonimizado.

Con este modo de trabajo se incrementan la transparencia, la comparabilidad y la sostenibilidad de los resultados, y se alinea la práctica cotidiana con los criterios EFQM y las exigencias europeas en evaluación, gestión de datos y explotación de resultados

7.3. Conclusión

En conclusión, una evaluación bien estructurada, respaldada por modelos como el EFQM y unos indicadores adaptados, es fundamental para maximizar el impacto de los proyectos europeos en el sector educativo. Esto contribuye a la creación de iniciativas educativas más efectivas y con resultados sostenibles que responden a las necesidades de una comunidad educativa en constante cambio y expansión. Por último, este modelo no solo aplica a los proyectos en el ámbito europeo, sino que es extensible a cualquier proyecto educativo que busque maximizar el impacto y aplicabilidad a medio y largo plazo.

Referencias

Alonso de Castro, M. G. (2020). *Guía metodológica para el éxito en el uso de las tecnologías digitales en educación para la mejora de los aprendizajes a través de los proyectos educativos europeos*. http://hdl.handle.net/10366/143565

Alonso de Castro, M. G. (2023a). *Dataset - muestra - doctorado: Guía metodológica para el éxito en el uso de las tecnologías digitales en educación a través de los proyectos Erasmus+* (Versión 1) [Dataset]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.7633933

Alonso de Castro, M. G. (2023b). *Dataset del cuestionario y guiones para la <<guía metodológica para el éxito en el uso de las tecnologías digitales en educación a través de los proyectos Erasmus+>>* (Versión 1.0) [Dataset]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.7811018

Alonso de Castro, M. G. (2023c). *Guía metodológica para el uso exitoso de las tecnologías digitales en la educación: Mejora del aprendizaje a través de proyectos educativos europeos* [Universidad de Salamanca]. https://doi.org/10.14201/gredos.155959

Alonso de Castro, M. G. y García-Peñalvo, F. J. (2024). A Proposed Methodology for Effective Erasmus+ Projects in the Realm of eLearning. En M. Saqr, S. López-Pernas, M. Á. Conde y M. R. Milić (Eds.), *eLearning 2023. The Fourteenth International Conference on eLearning 2023. Proceedings 14th International Conference on eLearning (eLearning 2023). (Belgrade, Serbia, September 28-29, 2023)* (pp. 33–44). CEUR-WS.org. https://ceur-ws.org/Vol-3696

Casanova, M. A. (2023). *Manual de evaluación educativa* (13a edición). Editorial La Muralla, S. A.

Chen, H. (2015). *Practical program evaluation: Theory-driven evaluation and the integrated evaluation perspective*. SAGE.

Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2013). *Research Methods in Education*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203720967

Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed). Sage Publications.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed). SAGE Publications.

Creswell, J. W., Klassen, A. C., Plano Clark, V. L., y Smith, K. C. (2011). *Best Practices for Mixed Methods Research in the Health Sciences*. National Institutes of Health. https://doi.org/10.1037/e566732013-001

Creswell, J. W., y Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (Third edition). SAGE.

Dowding, D. (2013). Best Practices for Mixed Methods Research in the Health Sciences *John W. Creswell, Ann Carroll Klassen, Vicki L. Plano Clark, Katherine Clegg Smith for the Office of Behavioral and Social Sciences Research* ; Qualitative Methods Overview *Jo Moriarty*. *Qualitative Social Work*, *12*(4), 541-545. https://doi.org/10.1177/1473325013493540a

European Commission. (2014). *Evaluation matters: The evaluation policy for European union development co operation.* Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2841/85201

European Commission. (2017). *EU framework programmes for research and innovation: Evolution and key data from FP1 to Horizon 2020 in view of FP9: in-depth analysis*. European Parliament. https://doi.org/10.2861/60724

European Commission. (2018). *Methods of quality management: Study visit report : summary report*. Publications Office of the European Union.

European Commission. (2021). *Horizon Europe: Strategic plan 2021 - 2024* (1st edition). Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2777/083753

European Commission. (2022). *Erasmus+ Guide for Experts on Quality Assessment*. https://d66z.short.gy/BVgpHy

European Commission. (2024). *Evaluation study of the European framework programmes for research and innovation for an innovative Europe – Report phase 2 (support study for the interim evaluation of Horizon Europe)*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2777/499132

European Commission. (2025a). *2025 ERASMUS+. Erasmus+ Guía del Programa*. https://d66z.short.gy/dMQQo0

European Commission. (2025b). *Guide for Experts on Quality Assessment 2024*. https://d66z.short.gy/3R1m8d

Fonseca, L., Amaral, A., y Oliveira, J. (2021). Quality 4.0: The EFQM 2020 Model and Industry 4.0 Relationships and Implications. *Sustainability*, *13*(6), 3107. https://doi.org/10.3390/su13063107

Gabriela-Livia, C. (2021). *EFQM Excellence Model – European Foundation for Quality Management:* 6th International Conference on Education Reform and Modern Management (ERMM 2021), Beijing, China. https://doi.org/10.2991/assehr.k.210513.070

Hakes, C. (2007). *The EFQM excellence model for assessing organizational performance: A management guide* (First edition). Van Haren Publishing.

Lázaro, B., y Obregón, I. (2009). *Guía práctica 4. Evaluación de la implementación*. https://d66z.short.gy/Hed3ZE

Martínez Mediano, C., y Riopérez Losada, N. (2005). El modelo de excelencia de la EFQM y su aplicación para la mejora de los centros educativos. *Educación XX1*, *8*. https://doi.org/10.5944/educxx1.8.0.342

Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2023). *Marco general de las evaluaciones del sistema educativo. Evaluación general del sistema y Evaluaciones de diagnóstico* (2023.ª ed.). SECRETARÍA GENERAL

TÉCNICA Subdirección General de Atención al Ciudadano, Documentación y Publicaciones. https://d66z.short.gy/aLg8qi

Nicolas, A. S., y Del Castillo, M. (2020). Modelo EFQM 2020: Hacia la Excelencia y más allá …. *Journal of Healthcare Quality Research*, *35*(1), 1-3. https://doi.org/10.1016/j.jhqr.2020.01.001

Owen, J. M. (2020). *Program Evaluation: Forms and Approaches* (3.ª ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003116875

Patton, M. Q. (2008). *Utilization-focused evaluation* (4th ed). Sage Publications.

Rodríguez-Mantilla, J. M. (con Fernández-Cruz, F. J., y Fernández Díaz, M. J.). (2021). *Evaluación para la innovación y mejora de centros educativos*. Sintesis.

Rossi, P. H., Lipsey, M. W., y Freeman, H. E. (2004). *Evaluation: A systematic approach* (7th ed). Sage.

Santos, R. S., y Abreu, A. C. (2019). Implementação do modelo EFQM numa instituição de ensino superior em Portugal. *Revista Produção e Desenvolvimento*, *5*. https://doi.org/10.32358/rpd.2019.v5.365

Scriven, M. (2003). *Evaluation thesaurus* (4. ed., [Nachdr.]). Sage.

Stufflebeam, D. L. (con Coryn, C. L. S.). (2014). *Evaluation theory, models, and applications* (Second edition). Jossey-Bass y Pfeiffer Imprints, Wiley.

Sütőová, A., Teplická, K., y Straka, M. (2022). Application of the EFQM Model in the Education Institution for Driving Improvement of Processes towards Sustainability. *Sustainability*, *14*(13), 7711. https://doi.org/10.3390/su14137711

Taraza, E., Anastasiadou, S., Papademetriou, C., y Masouras, A. (2024). Evaluation of Quality and Equality in Education Using the European Foundation for Quality Management Excellence Model—A Literature Review. *Sustainability*, *16*(3), 960. https://doi.org/10.3390/su16030960

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Actualidad y desafíos del aprendizaje-servicio virtual en contextos de educación superior: Una revisión sistemática de la literatura

Present and challenges of e-Service Learning in higher education contexts: A systematic review of the literature

María Méndez-Cañón[a(*)], Adriana Ornellas-Rios-da Silva[b], Amalia Susana Creus-Quinteros[c]

[a] *Departamento de Psicología y Ciencias de la Educación, Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, España*
https://orcid.org/0000-0003-0163-0656 mmendezcan@uoc.edu
[b] *Departamento de Psicología y Ciencias de la Educación, Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, España*
https://orcid.org/0000-0001-9392-2570 aornellas@uoc.edu
[c] *Departamento de Ciencias de la Información i de la Comunicación, Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona, España*
https://orcid.org/0000-0001-9290-8531 acreus0@uoc.edu

ARTICLE INFO

Palabras clave
aprendizaje-servicio virtual, educación superior, educación a distancia, aprendizaje-servicio, responsabilidad social universitaria

RESUMEN

Frente a la necesidad de promover acciones para el desarrollo de competencias para la Responsabilidad Social Universitaria, el Aprendizaje-Servicio (ApS) ha mostrado ser una herramienta pedagógica con un gran potencial. Sin embargo, la literatura muestra que su implementación en contextos de educación superior a distancia está todavía en desarrollo. El trabajo realiza una revisión sistemática de la literatura, siguiendo las pautas PRISMA 2020, para conocer la evidencia científica existente con relación a los marcos conceptuales y metodológicos que fundamentan las propuestas de APSv en contextos de educación superior. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos Web of Science (WoS), Education Database, Scopus-Elsevier (SCOPUS), Education Resources Information Center (ERIC), Scielo, Google Scholar y Dialnet, limitando los resultados a artículos de los últimos 10 años. Se identificó un total de 24 estudios que cumplían con todos los criterios de elegibilidad. Los resultados bibliométricos muestran un aumento de las investigaciones sobre APSv; la mayor parte de las investigaciones son estudios de caso. Con relación al enfoque de género, el 75% de los estudios analizados han sido realizados por mujeres. La síntesis temática de los estudios no muestra un marco conceptual o metodológico consistente en la aplicación del APSv. No obstante, se identifican consideraciones instruccionales comunes en torno a cinco categorías: integración de la tecnología, acompañamiento pedagógico, relación con los socios comunitarios, reflexión y evaluación. Por consiguiente, los resultados de la revisión podrían proporcionar una mejor comprensión de los factores asociados a la práctica exitosa del aprendizaje-servicio virtual.

Keywords
e-service learning, higher education, distance education, service-learning, university social responsibility

ABSTRACT

Service-Learning is a pedagogical tool with great potential to address the need to promote actions for the development of competencies for University Social Responsibility. However, the literature shows that its implementation in distance higher education is still under development. The work conducts a systematic review of the literature, following the PRISMA 2020 guidelines, to identify current evidence related to conceptual frameworks and instructional considerations that support the APSv proposals in higher education. The search was conducted in seven international databases (WoS, Education Database, Scopus-Elsevier Scopus, ERIC, Scielo, Google Scholar, and Dialnet), with results limited to the last 10 years. A total of 24 studies met all the eligibility criteria. The bibliometric indicators indicate an increase in research on e-service learning, with most articles being case studies.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 06/03/2023. Revisado, 11/07/2023. Aceptado, 06/11/2023. Publicado, 31/12/2025.
e-ISSN: 2444-8729

Regarding the gender approach, 75% of the analyzed studies have been conducted by female authors. The thematic synthesis of the studies does not show a consistent conceptual or methodological framework in the application of the methodology. However, common instructional considerations are identified around five categories: technology integration, pedagogical support, relationship with community partners, reflection, and evaluation. Therefore, the results of the review could provide a better understanding of the factors associated with the successful implementation of e-service learning.

1. Introducción

En los últimos años, la Responsabilidad Social Universitaria (en adelante, RSU) se ha convertido en un eje central de la denominada tercera misión de las universidades. Como se destaca en el documento sobre *Responsabilidad social de la Universidad y desarrollo sostenible*, redactado en el marco de la Estrategia Universidad 2015, la RSU viene a expandir el concepto clásico de la tercera misión universitaria, centrado en los procesos de transferencia, comercialización e innovación (Ministerio de Educación y Cultura de España, 2011). De hecho, de acuerdo con el referido documento, la RSU debe concebirse más bien como un eje transversal a ser considerado en todas las misiones y funciones desempeñadas por las universidades del siglo XXI.

La RSU supone un ejercicio de responsabilidad social de carácter ético por parte de las universidades (Martínez, 2008). En este sentido, no se puede entender una formación universitaria de calidad que no contemple de forma sistemática y rigurosa situaciones de aprendizaje ético y para el ejercicio de una ciudadanía activa, la búsqueda del bien común (Campo Cano, 2014), la cooperación, el desarrollo sostenible, la integración y la accesibilidad, entre otras (Ministerio de Educación y Cultura de España, 2011). En el ámbito de la formación, en el contexto español, la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (en adelante, CRUE) ha instado a las universidades a promover acciones para el desarrollo de competencias en RSU y sostenibilidad mediante metodologías de Aprendizaje-Servicio (en adelante, ApS) "como una herramienta poderosa mediante la cual se desarrollan competencias clave para la formación y el futuro desempeño profesional de los estudiantes" (CRUE, 2015, p. 3).

En un contexto social complejo y cambiante, el ApS y otras metodologías de implicación comunitaria permiten dotar de significación social el aprendizaje académico que el estudiantado adquiere en la universidad, introduciendo una mirada crítica, transformadora, de responsabilidad social y ciudadana (Campo Cano, 2014). En este sentido, en los últimos años, el ApS se ha ido extendiendo y consolidando en las universidades españolas como una metodología formativa capaz de desarrollar las competencias curriculares a través de prácticas de responsabilidad social y compromiso ciudadano (Carvajal et al., 2019). Podemos encontrar diversas propuestas para su desarrollo e implementación en educación superior (Carabantes Alarcón et al., 2018; Lucas Mangas, 2021; Rodríguez Gallego, 2014; Rubio & Escofet, 2017) y de institucionalización en la universidad (Amundarain, 2014; Cárdenas Gutiérrez, 2019; Corrales Gaitero et al., 2021; Fernández-Prados & Lozano-Díaz, 2021; Latorre et al., 2019).

No obstante, pese al avance alcanzado en el marco del ApS, su implementación en la educación en línea no ha seguido el mismo ritmo (Stefaniak, 2020). Tal y como mostraron Marcus et al. (2020), existe abundante investigación sobre el aprendizaje-servicio y sobre el aprendizaje en línea, pero el área el aprendizaje-servicio virtual (en adelante, APSv) aún está en desarrollo.

En los dos últimos años, este proceso se ha visto inevitablemente acelerado por la situación sanitaria de la COVID-19 (Paz-Lourido & de-Benito, 2021; Tapia Sasot, 2020) y la *docencia remota de emergencia* (en adelante, DRE), entendida esta como un cambio temporal a soluciones de enseñanza totalmente virtual, debido a una situación de crisis (García-Peñalvo et al., 2020). Sin embargo, la situación vivida durante la pandemia ha evidenciado, tal como indican Tejedor et al. (2020), "la necesidad urgente de transformar los sistemas educativos tradicionales y la importancia de poseer una estrategia educativa virtual" (p.3). Además, "más allá de la pandemia, las tecnologías están siendo esenciales para continuar enseñando y aprendiendo" (Gómez-Gómez et al., 2022). Al respecto, aunque cada vez existen más ejemplos en los que el APSv muestra resultados significativos, su potencial todavía ha sido poco explorado; es importante continuar investigando la aplicación del APSv (García-Gutiérrez et al., 2017; Marcus et al., 2020), probar marcos conceptuales y metodológicos para perfeccionar y ampliar sus fundamentos teóricos (Stefaniak, 2020).

La aportación más significativa del presente estudio para el ámbito investigado reside en la ausencia de revisiones sistemáticas recientes que analicen las contribuciones al desarrollo del APSv después de la DRE. Existen revisiones sistemáticas previas, en lengua inglesa, que han analizado diferentes modalidades de APSv en la Educación Superior (Marcus et al., 2020) y en todos los niveles académicos (Faulconer, 2020; Stefaniak, 2020), pero anteriores a la DRE y que no indagan sobre otras metodologías participativas que pueden dar alcance para su aplicación en educación superior a distancia.

Al respecto, el objetivo general de la presente revisión es ofrecer una visión cuantitativa y cualitativa sobre la evidencia científica con relación a los marcos conceptuales y metodológicos que fundamentan las propuestas de APSv en contextos de Educación Superior. Para dar respuesta al objetivo planteado, las siguientes preguntas guiaron la revisión:

1.1. ¿Qué marcos conceptuales sustentan las prácticas de APSv en Educación Superior?
1.2. ¿Qué estrategias instruccionales se utilizan para el desarrollo del APSv en contextos de Educación Superior?
1.3. ¿Existen otras metodologías participativas que pueden dar alcances para la aplicación del ApSv en Educación Superior a distancia?
1.4. ¿Qué experiencias emergen a raíz de la implementación de la docencia remota de emergencia como consecuencia de la Covid-19?
1.5. ¿Qué desafíos y futuras líneas de investigación en torno al desarrollo del APSv, en contextos de Educación Superior a distancia, se plantean en los estudios analizados?

Es importante mencionar, que el presente trabajo de revisión se enmarca en una investigación más amplia, desarrollada en el marco de un estudio doctoral, que tiene como propósito avanzar en el desarrollo e investigación de la metodología ApS en entornos digitales de educación universitaria. Concretamente, en este artículo se presentan los resultados de la primera fase de la investigación, que tuvo por objetivo revisar la evidencia existente sobre aprendizaje-servicio totalmente virtual, en contextos de educación superior.

2. Metodología

Para responder a las preguntas de investigación, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura siguiendo las pautas de la guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas de la Declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). En concreto, con el fin de comprender en profundidad la situación del APSv, se realizó una *revisión de alcance o scoping review;* se incluyeron todas las investigaciones y datos de la literatura teórica y empírica que encajaban en los criterios de inclusión (García-Peñalvo, 2022).

Para su desarrollo, se siguieron los siguientes pasos: se seleccionaron las bases de datos científicas, se realizó la búsqueda de los datos utilizando las palabras clave y los operadores booleanos, se seleccionaron los artículos teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión establecidos según los objetivos de investigación y, por último, se leyeron los artículos seleccionados en profundidad para recabar la información necesaria y dar respuesta a las preguntas de investigación.

2.1. Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda exhaustiva de publicaciones, entre los meses de junio a septiembre del 2022, en siete bases de datos de gran prestigio en inglés y español: Web of Science (WoS), Education Database, Scopus-Elvesier (SCOPUS), Education Resources Information Center (ERIC), Scielo, Google Scholar y Dialnet.

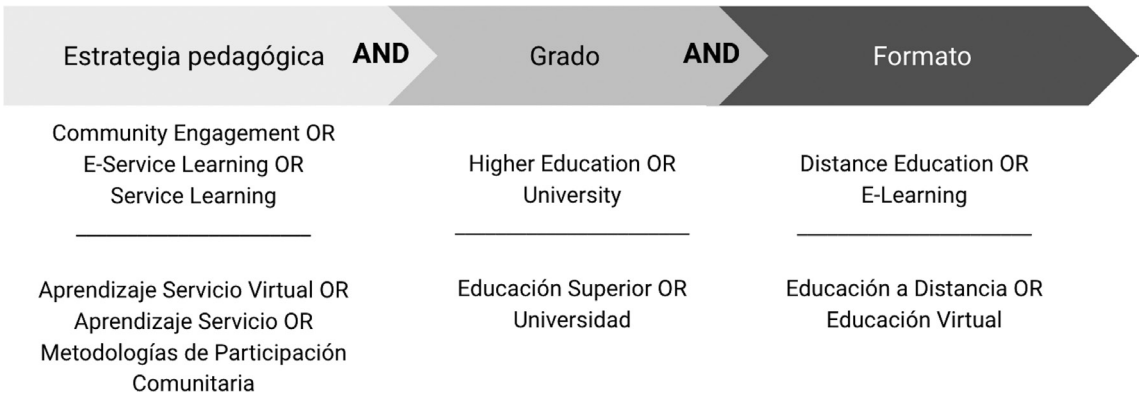
Para la búsqueda, se utilizaron diferentes combinaciones de términos en inglés y español. Las palabras utilizadas en inglés fueron: ¨community engagement¨, ¨e-service learning¨, ¨extreme service learning¨ en combinación con ¨distance education¨, ¨e-learning¨, ¨university¨ y ¨higher education¨. Los términos en español fueron: ¨metodologías de participación comunitaria¨, ¨aprendizaje-servicio virtual¨, ¨aprendizaje-servicio¨, en combinación con ¨educación virtual¨, ¨educación a distancia¨, ¨educación superior¨ y ¨universidad¨; en ambos casos se utilizaron los operadores booleanos (AND/OR) para las diferentes combinaciones de palabras (Figura 1). Se seleccionaron palabras clave que hacen referencia a un abanico más amplio de metodologías, y no sólo al APSv, con el objetivo de examinar otros recursos que puedan facilitar la integración de las tecnologías satisfactoriamente.

2.2. Criterios de inclusión y exclusión

La selección de las investigaciones tuvo en cuenta los siguientes criterios de elegibilidad:

- Estudios teóricos o empíricos que describen algún tipo de marco conceptual o metodológico, así como experiencias dónde se detallan estrategias instruccionales sobre la práctica del ApSv u otras metodologías participativas similares.

Figura 1. Protocolo de búsqueda.



Fuente: elaboración propia.

- Se consideraron otras metodologías participativas, en entornos de educación superior totalmente a distancia, con el objetivo de indagar en otras estrategias que pudieran dar alcances o herramientas para la aplicación satisfactoria del ApSv.
- Artículos científicos, libros o capítulos de libros disponibles en las bases de datos seleccionadas, en inglés o español.
- Publicaciones realizadas en los últimos diez años, entre enero del 2012 y septiembre del 2022.

En relación con los criterios de exclusión, esta revisión consideró los siguientes:

- Investigaciones, teóricas o empíricas sobre Aprendizaje-servicio en educación presencial o híbrida. No se incluyen estudios híbridos ya que habitualmente el servicio se realiza de forma presencial y, por lo tanto, no es relevante para los objetivos de la investigación.
- Investigaciones que no describen algún tipo de propuesta conceptual o metodológica y/o estrategias instruccionales sobre APSv u otras metodologías participativas.
- Publicaciones en conferencias, tesis doctorales y/o trabajos finales de grado o máster.

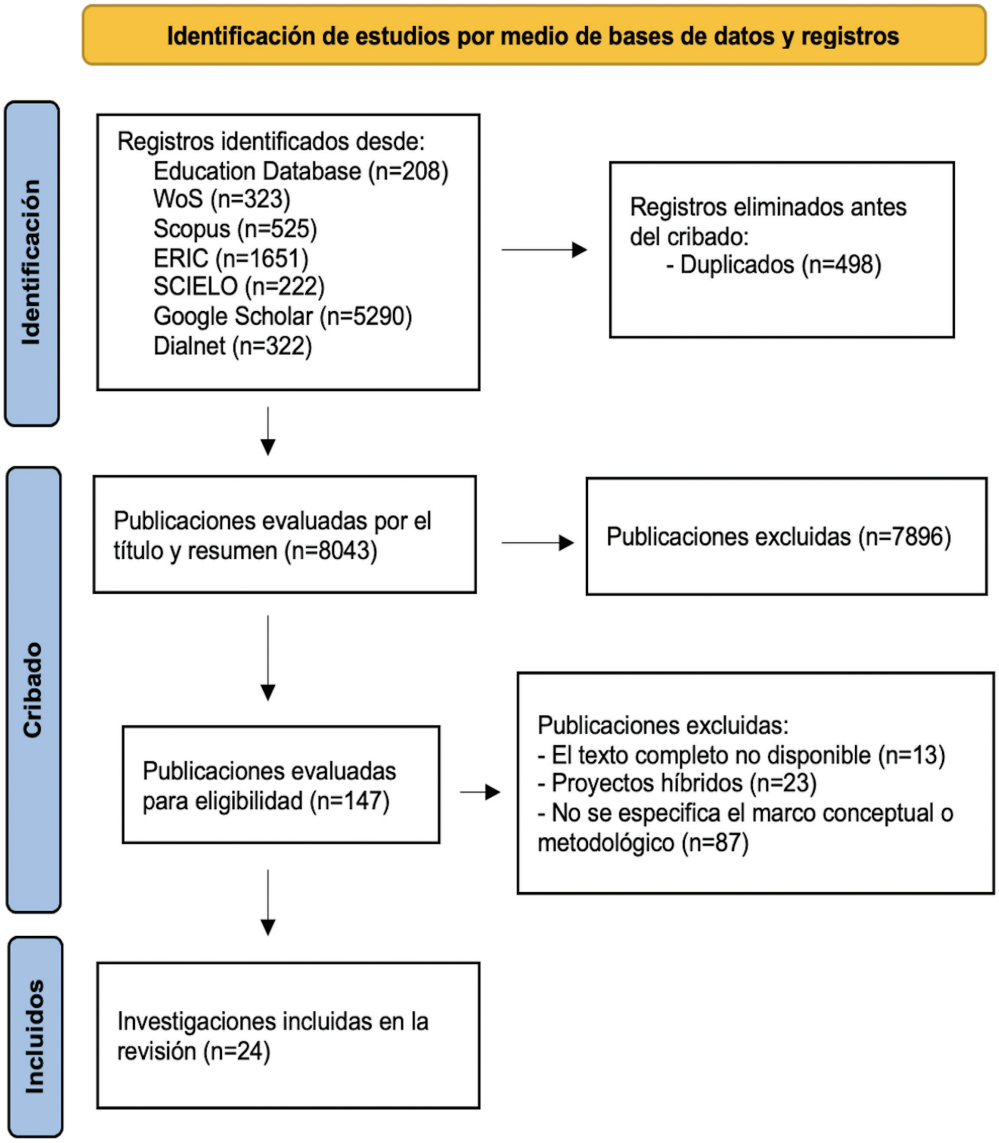
2.3. Proceso de revisión

Mediante la búsqueda en las siete bases de datos, se obtuvo un total de 8541 artículos de los cuales se eliminaron 498 manuscritos duplicados. Se exploraron 8043 artículos leyendo el título y el resumen, seleccionando un total de 147 publicaciones según los criterios de inclusión y exclusión mencionados. Finalmente, se analizaron estos 147 artículos leyendo el texto completo para corroborar que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión. Este procedimiento condujo a la exclusión de 123 documentos según las siguientes razones: el texto completo no estaba disponible (n=13), proyectos aplicados de manera híbrida (n=23), manuscritos dónde no se especificaban propuestas conceptuales y/o metodológicas (n=87). Finalmente, un total de 24 investigaciones fueron seleccionadas para la revisión. El proceso llevado a cabo se representa en la Figura 2.

2.4.- Análisis de datos

En primer lugar, se llevó a cabo un análisis cuantitativo de los principales indicadores bibliométricos de los estudios seleccionados (país de origen, tipo de diseño metodológico, años de publicación y sexo de las personas investigadoras). En una segunda fase, se llevó a cabo una síntesis temática siguiendo las etapas propuestas por Thomas y Harden (2008). Mediante este procedimiento, se localizaron segmentos de texto de los diferentes estudios, sobre los temas comunes que respondían a las preguntas de investigación: marcos conceptuales utilizados en APSv; consideraciones de diseño instruccional; variantes pedagógicas; experiencias en relación con la docencia remota de emergencia y futuras líneas de investigación en APSv.

Figura 2. Diagrama de flujo según Declaración PRISMA 2020.



Fuente: elaboración propia.

3. Resultados

De los veinticuatro estudios analizados, tal y como se muestra en la Tabla 1, la mayoría se sitúan en Estados Unidos (n=15). El resto se desarrolló en España (n=5), Malasia (n=3) e Italia (n=1).

Tabla 1. País de origen de las publicaciones.

País	Cifra	Referencias
EUA	15	(Becnel & Moeller, 2017; Bringle & Clayton, 2020; Derreth & Wear, 2021; Early & Lasker, 2018; Germain, 2019; Greenleaf & Goertzen, 2021; Guthrie & McCracken, 2014; Helms et al., 2015; Sandy & Franco, 2014; Springfield et al., 2015; Stefaniak, 2020; Stefaniak et al., 2018; Vetter, 2014; Waldner et al., 2012; Weisman, 2021).
España	5	(Escofet, 2020; García-Gutiérrez & Ruiz-Corbella, 2022; García-Gutiérrez et al., 2016; García-Gutiérrez et al., 2021; Sotelino Losada et al., 2020)
Malaysia	3	(Marcus et al., 2020; Salam et al., 2019; Yusof et al., 2018)
Italia	1	(Culcasi et al., 2021)

Fuente: elaboración propia.

Se han identificado diferentes tipos de metodologías en los estudios seleccionados (Tabla 2); un gran número de los artículos examinados son estudios de caso (n = 10). Asimismo, se encuentran revisiones sistemáticas de la literatura (n = 4), ensayos (n = 4), revisiones teóricas (n = 4), estudios con metodología mixta (n = 2) y un estudio exploratorio (n = 1).

Tabla 2. Tipo de diseño metodológico.

Metodología	Cifra	Referencias
Diseño de caso	10	(Becnel & Moeller, 2017; Derreth & Wear, 2021; García-Gutiérrez et al., 2016; Germain, 2019; Greenleaf & Goertzen, 2021; Helms et al., 2015; Sandy & Franco, 2014; Springfield et al., 2015; Stefaniak et al., 2018; Vetter, 2014)
Método mixto	2	(Culcasi et al., 2021; Guthrie & McCracken, 2014)
Estudio exploratorio	1	(Early & Lasker, 2018)
Revisión de la literatura	4	(Faulconer, 2020; Marcus et al., 2020; Stefaniak, 2020; Waldner et al., 2012)
Ensayo	4	(Escofet, 2020; García-Gutiérrez & Ruiz-Corbella, 2022; García-Gutiérrez et al., 2021; Weisman, 2021)
Revisión teórica	4	(Bringle & Clayton, 2020; Salam et al., 2019; Sotelino Losada et al., 2020; Yusof et al., 2018)

Fuente: elaboración propia.

Con relación a los años de las publicaciones (ver Figura 3), se observa un aumento considerable de las publicaciones en relación con el APSv. Es importante puntualizar que, si se incluyeran todos los artículos publicados sobre la temática en los últimos dos años, la tendencia sería más notable. Sin embargo, teniendo en cuenta los objetivos de esta revisión, sólo se consideraron artículos que mencionaran aspectos conceptuales y/o metodológicos.

Figura 3. Número de publicaciones por año.



Fuente: elaboración propia.

Se puede asimismo observar que existe un número considerablemente mayor de autoras mujeres (74%) que de hombres (26%) (ver Tabla 3). No se han encontrado más datos que hablen sobre el efecto del género en el desarrollo de proyectos de Aprendizaje-servicio. Podríamos vincular los datos con los estudios sobre la relación entre la conducta prosocial y el género; pese a que la evidencia sugiere que ambos géneros participan de forma similar en actividades prosociales, se observa que las mujeres se implican más en aquellas de tipo comunitario y relacional (Eagly, 2009).

Tabla 3. Descripción del sexo de los autores.

Sexo	Sexo primer autor	Sexo de autores y coautores
Hombres	6 (25%)	8 (26%)
Mujeres	18 (75%)	23 (74%)
Mixto	-	-

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan los resultados cualitativos dando respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

3.1. ¿Qué marcos conceptuales sustentan las prácticas de APSv en Educación Superior?

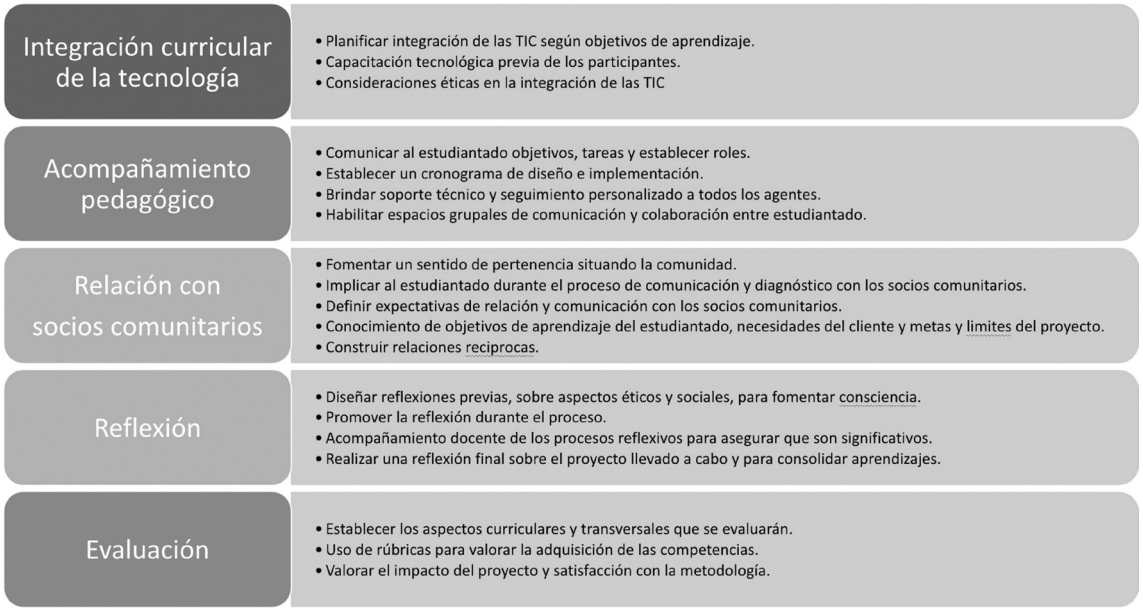
En los estudios analizados, no se ha encontrado un marco conceptual común para la aplicación del aprendizaje-servicio virtual, tal y como ya señaló Faulconer (2020) en su revisión.

En diversos estudios, no se alude al marco conceptual en el que se basa la práctica del APSv (Becnel & Moeller, 2017; Culcasi et al., 2021; García-Gutiérrez et al., 2016; Germain, 2019; Greenleaf & Goertzen, 2021; Helms et al., 2015; Sandy & Franco, 2014; Stefaniak et al., 2018). En las investigaciones donde se menciona, podemos identificar que los marcos utilizados son el modelo *Community of Inquire* de Garrison and Arbaugh (2007) (Early & Lasker, 2018; Guthrie & McCracken, 2014; Yusof et al., 2018), *Modelo de Aprendizaje Experiencial* de Kolb (Salam et al., 2019), la *Teoría de la Autodeterminación* de Deci y Ryan (1980) (Yusof et al., 2018), el *Aprendizaje Transformativo* de Mezirow (2018) (Springfield et al., 2015), el *Aprendizaje Colaborativo* de Bruffee (1987) (Vetter, 2014) *y el modelo de Aprendizaje-Servicio Online Crítico* de Mitchell (2015) (Derreth & Wear, 2021).

3.2. ¿Qué estrategias instruccionales se utilizan para el desarrollo del APSv en contextos de Educación Superior?

En los artículos analizados, no se encuentran marcos metodológicos comunes que guíen la práctica del APSv. Sin embargo, existen consideraciones instruccionales comunes en las diferentes investigaciones; los hallazgos han sido agrupados en cinco categorías: integración de la tecnología, acompañamiento pedagógico, relación con los socios comunitarios, reflexión y evaluación (Figura 4).

Figura 4. Principales consideraciones de diseño instruccional en APSv.



Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Integración de la tecnología

En primer lugar, el factor más relevante a considerar es la integración de la tecnología a lo largo del proceso. En este sentido, el APSv no debe ser la mera adición de un componente de servicio comunitario a un curso de educación a distancia (Bringle & Clayton, 2020); en el APSv, la tecnología es un componente pedagógico. Por lo tanto, tal y como sugieren García-Gutiérrez y Ruiz-Corbella (2022), debe planificarse de manera que su integración en los procesos de enseñanza y aprendizaje sea significativa, con un objetivo educativo específico. En este

sentido, la dimensión pedagógica debe prevalecer sobre la instrumental, siendo capaz de explicar y justificar la finalidad educativa de la tecnología al logro de los objetivos diseñados en cada propuesta (Bringle & Clayton, 2020; García-Gutiérrez et al., 2021). Por lo tanto, es esencial planificar el uso de la tecnología en cada fase de la metodología y en sus subactividades (Salam et al., 2019). Además, con el fin de asegurar el desarrollo exitoso del proceso, es necesaria la capacitación de todos los agentes implicados, en función a sus conocimientos previos (Waldner et al., 2012).

Asimismo, la integración de la tecnología debe tener en cuenta la relación entre la dimensión tecnológica y la humana, e incluirlo explícitamente en el diseño (García-Gutiérrez et al., 2021); la educación virtual es un canal para el aprendizaje, facilitando el desarrollo social, emocional y ético de la persona. Por lo tanto, "transmitir los valores humanos a través de medios tecnológicos es central para el éxito de este tipo de proyectos" (García-Gutiérrez et al., 2021, p. 4).

3.2.2. Acompañamiento pedagógico

Con respecto al desarrollo de la metodología, con el objetivo de que el estudiantado tenga unas expectativas reales, el equipo docente debe comunicar los objetivos del proyecto, las tareas a realizar y establecer los roles (Germain, 2019; Stefaniak, 2020). Tener un cronograma del diseño e implementación, con plazos específicos, es fundamental para el éxito de los proyectos (Germain, 2019; Helms et al., 2015). Sin embargo, tanto el diseño curricular, como la implementación del proyecto, requieren de mayor flexibilidad y creatividad que en el aprendizaje-servicio presencial (Weisman, 2021).

A lo largo del proyecto, es importante que el personal docente proporcione soporte técnico y seguimiento personalizado, a todos los participantes y, en especial, al estudiantado (García-Gutiérrez et al., 2021).

Con relación a los aspectos de comunicación, se recomienda pensar en el diseño instruccional combinando comunicaciones síncronas y asíncronas para facilitar el seguimiento (Waldner et al., 2012). Asimismo, las investigaciones muestran que este tipo de metodologías requieren espacios grupales de comunicación (chats, foros, etc.) en el aula virtual, así como establecer expectativas de comunicación claras desde el comienzo del curso (Germain, 2019).

En cuanto a la colaboración durante los proyectos, es importante crear espacios para que esta se desarrolle. Esto fortalecerá la presencia social y creará una comunidad en línea que fomente la creación de una comunidad fuera de línea (Early & Lasker, 2018). Al respecto, debido a que los proyectos de APSv, en la mayoría de los casos, se llevan a cabo en grupo, es importante dedicar un tiempo específico a las actividades de conocimiento entre el estudiantado con el objetivo de fomentar vínculos (Culcasi et al., 2021).

En referencia a fomentar la participación del estudiantado, Guthrie y McCracken (2014) indican que existen tres aspectos esenciales: el diseño del curso con una plataforma en línea adecuada, el papel del equipo docente y el valor personal que le dan al proyecto. En referencia a lo último, es importante ofrecer diferentes opciones con relación al servicio (Early & Lasker, 2018), así como permitirles, en la medida de lo posible, que escojan a los socios comunitarios por afinidad con el proyecto o con su misión (Germain, 2019). Además, es interesante implicar al estudiantado desde el principio, construyendo los indicadores de impacto para que sea consciente de sus acciones y del efecto de los proyectos (Culcasi et al., 2021). Por último, se recomienda realizar este tipo de proyectos con grupos reducidos debido a la demanda que supone el compromiso, examen, análisis y revisión continuos de la participación del alumnado (Guthrie & McCracken, 2014).

3.2.3. Relación con los socios comunitarios

Antes de iniciar la comunicación con los socios comunitarios, y con el objetivo de aumentar la participación y compromiso del estudiantado, Sandy y Franco (2014) recomiendan fomentar un *sentido de pertenencia* mediante el uso de mapas colaborativos, incentivar que los estudiantes localicen y sitúen *la comunidad* a la que pertenecen.

De la misma forma, una vez seleccionadas las entidades, durante la fase de comunicación y diagnóstico, debe implicarse al estudiantado. En este momento, deben definirse los roles para que el socio comunitario identifique a las personas que serán responsables de interactuar durante el proyecto (Stefaniak, 2020).

Se recomienda establecer acuerdos previos al proyecto, entre los diferentes agentes implicados, para establecer expectativas de relación y comunicación (Waldner et al., 2012); todas las partes del proyecto deben conocer los objetivos de aprendizaje del estudiantado, las necesidades del cliente y las metas y límites del proyecto

(Maddrell, 2014). Sin embargo, es importante considerar que durante todo el proceso se requiere cierta flexibilidad para ajustarse a las necesidades cambiantes (Weisman, 2021).

Respecto al tipo de vínculo, es importante construir una relación con la comunidad desde la reciprocidad; eliminando la concepción dicotómica de que esta es una mera receptora del servicio (García-Gutiérrez et al., 2016).

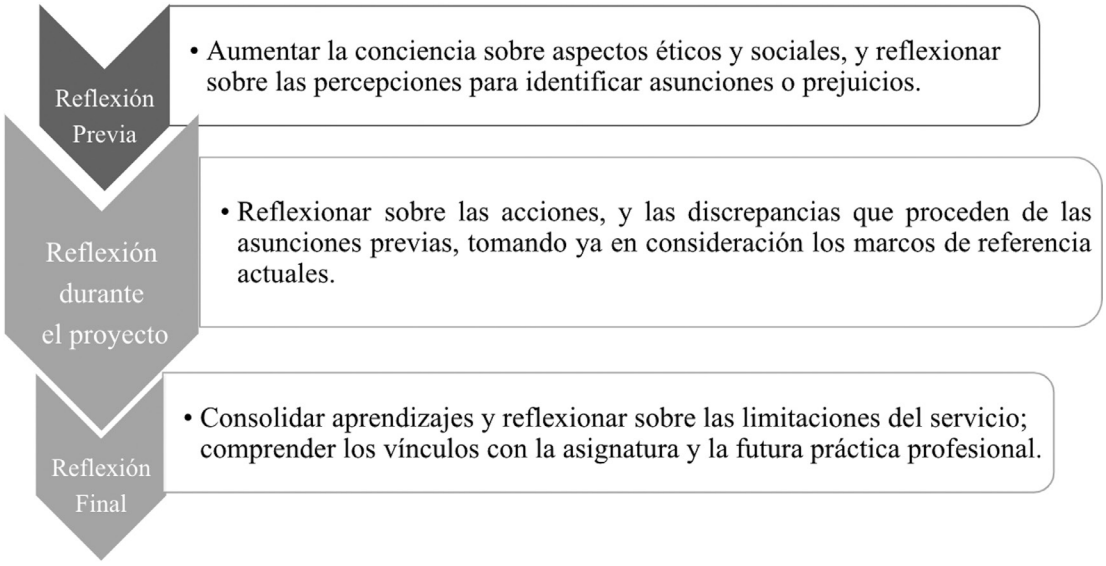
3.2.4. Reflexión

La reflexión antes y a lo largo de todo el proceso es un elemento clave para que este tipo de proyectos tenga los efectos deseados en el estudiantado (Waldner et al., 2012). En proyectos totalmente virtuales, la reflexión, tiene mayor importancia para que el estudiantado conecte el proyecto con el aprendizaje académico y cívico (Weisman, 2021); el equipo docente debe guiarla para que sea realmente significativa (Yusof et al., 2018), y para que incluya observaciones sobre las relación entre las actividades y los contenidos de la asignatura (Guthrie & McCracken, 2014).

La reflexión previa al servicio debe diseñarse con el objetivo de aumentar la conciencia y el pensamiento crítico mediante el análisis de las percepciones del estudiantado (Eyler, 2002). Por ese motivo, se recomienda facilitar, antes del servicio, debates y reflexiones sobre cuestiones éticas y sociales (Early & Lasker, 2018).

Durante el servicio, la deliberación permite a los estudiantes enfrentarse a las posibles discrepancias de asunciones previas. Por último, la reflexión, una vez termina el servicio a la comunidad, examina la comprensión de los vínculos con la asignatura e identifica problemáticas por solucionar (Eyler, 2002).

Figura 5. Consideraciones del proceso reflexivo durante proyectos de APSv.



Fuente: elaboración propia.

El *ePortfolio* puede ser una herramienta eficaz para llevar a cabo este proceso de reflexión, para reflejar las percepciones y la comprensión del estudiantado de sus habilidades, motivaciones, y cómo entienden el mundo que los rodea (Springfield et al., 2015).

3.2.5. Evaluación

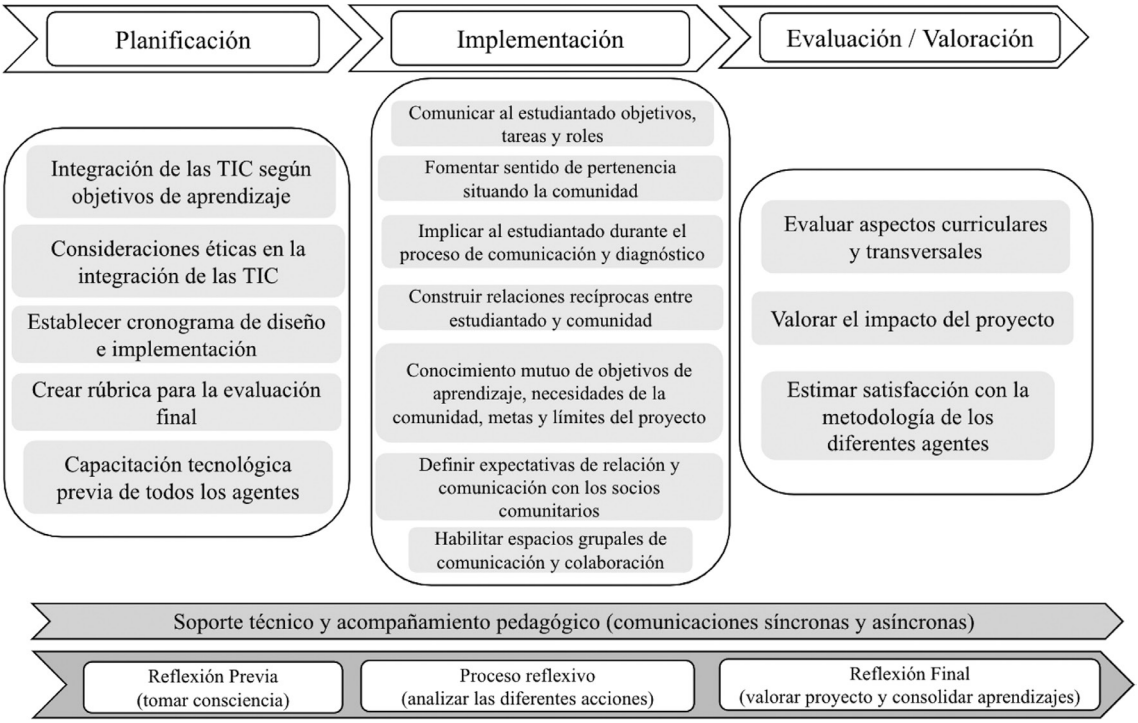
Acerca de la evaluación en APSv, deben considerarse qué aspectos se van a estimar con relación al aprendizaje curricular y transversal del estudiantado.

Tal y como ya identificó Faulconer (2020), la mayor parte de la literatura científica sobre aprendizaje-servicio virtual sigue sin especificar cómo se evalúa al estudiantado en sus actividades, así como en la consecución de los objetivos de los proyectos. Tal y como indican García-Gutiérrez et al. (2016), la evaluación y medida

de los aprendizajes se presentan como una de las principales dificultades en este tipo de metodologías, en especial la valoración de competencias respecto al aprendizaje cívico y el compromiso ético.

En este sentido, las rúbricas son la herramienta más utilizada para evaluar la adquisición de competencias (Helms et al., 2015; Springfield et al., 2015); una vez confeccionado un tipo de rúbrica, puede adaptarse agregando categorías específicas para cada proyecto y sus objetivos académicos (Helms et al., 2015). Asimismo, con el fin de mejorar los proyectos y las relaciones con los socios comunitarios, es recomendable que estas también evalúen su impacto; las herramientas de recopilación y análisis de datos en línea, como el formulario de Google en línea, el portafolio electrónico, etc., se pueden usar para llevar a cabo las evaluaciones (Salam et al., 2019).

Figura 6. Consideraciones instruccionales en el Aprendizaje-servicio virtual.



Fuente: elaboración propia.

3.3. ¿Existen otras metodologías participativas que pueden dar alcance para la aplicación del ApSv en Educación Superior a distancia?

En los criterios de elegibilidad, se determinó incluir artículos con otras variantes metodológicas (ver Tabla 3). Por medio del análisis de los estudios, podemos observar que los artículos escritos en lengua española designan la metodología utilizada como aprendizaje-servicio virtual (n=6). Es importante mencionar que, durante el proceso de selección, se encontraron diversas investigaciones donde se aludía a esta terminología (n=8), pero el proyecto se llevaba a cabo de forma presencial. Por lo tanto, el adjetivo *virtual,* se utiliza tanto para proyectos híbridos, como para aquellos totalmente virtuales.

En el caso de las investigaciones escritas en lengua inglesa, se observan diferentes terminologías para identificar el aprendizaje-servicio aplicado de forma totalmente virtual; la forma de denominarlo más utilizada en los artículos analizados es: *e-Service Learning* (n=8). En este caso, ocurre lo mismo que en los artículos en español, se descartaron diversas investigaciones que no llevaban a cabo la metodología completamente a distancia (n=15). Por lo tanto, se observa que esta nomenclatura se utiliza para proyectos híbridos y completamente virtuales. Por el contrario, la denominación *Extreme e-Service Learning* (n=1), ha sido acuñada específicamente para denominar el aprendizaje-servicio que ocurre de forma totalmente virtual (Waldner et al., 2012). Lo mismo ocurre con *Remote Service-learning o Remote Community Engagement* (n=1), utilizadas de forma indistinta en uno de los artículos para describir el aprendizaje-servicio que ocurre de forma remota.

Además, se han observado en los artículos seleccionados otras metodologías de participación comunitaria como el *Community-engaged Service-learning* (n=1) donde la atención recae en el compromiso cívico y

comunitario y, por lo tanto, la definición pone el énfasis en el involucramiento del estudiantado con la comunidad (Vetter, 2014). La variante *Engaged e-Learning* (n=1), basada en el *Aprendizaje Transformativo* de Mezirow (Springfield et al., 2015), atribuye mucha importancia a desarrollar experiencias significativas mediante el servicio, que, acompañadas de reflexión crítica, puedan lograr los objetivos de aprendizaje.

Por último, uno de los estudios utiliza el término *Online Critical Service-Learning* aludiendo a una modalidad de aprendizaje-servicio totalmente virtual basada en el modelo de *Aprendizaje-servicio Crítico* de Mitchell (Derreth & Wear, 2021). Este modelo pone su atención en evitar que el servicio a la comunidad se lleve a cabo desde posiciones de jerarquía y caridad, promoviendo colaboraciones equitativas basadas en relaciones auténticas, con el objetivo de fomentar la redistribución del poder.

Por todo lo anterior, podemos concluir que, pese a la variedad de términos existentes, no hay grandes diferencias metodológicas o conceptuales, y que se trata de diferencias léxicas.

Tabla 4. Variantes terminológicas del aprendizaje-servicio virtual.

Terminología y referencias	**Consideraciones instruccionales**
Aprendizaje-servicio virtual	Proyectos de Aprendizaje-servicio híbridos o totalmente virtuales
e-Service Learning	Aprendizaje-servicio híbrido o completamente virtual
Extreme e-Service Learning / Remote Community Engagement	Proyectos de Aprendizaje-servicio totalmente virtual
Community-engaged Service-learning	Aprendizaje-servicio, presencial, híbrido y totalmente virtual, con énfasis en la implicación del estudiantado con la comunidad
Engaged e-Learning	Aprendizaje-servicio, híbrido o totalmente virtual, con acento en crear experiencias significativas de servicio para integrar los objetivos de aprendizaje
Online Critical Service-Learning	Aprendizaje-servicio, híbrido o virtual, que fomente relaciones bidireccionales entre estudiantado y comunidad

Fuente: elaboración propia.

3.4. ¿Qué experiencias surgen a raíz de la implementación de la docencia remota de emergencia como consecuencia de la Covid-19?

A raíz de la docencia remota de emergencia, ha habido un aumento considerable de las publicaciones en relación con el APSv (ver Figura 3). Es importante puntualizar que, si se incluyeran todos los artículos publicados sobre la temática en los últimos dos años, la tendencia sería más notable. De hecho, distintas revistas han dedicado un número a recoger experiencias de aprendizaje-servicio, mediadas por las tecnologías digitales, durante la Covid-19 (EDUTEC; RIDAS; RIED entre otras). Sin embargo, aunque se decidió incluir esta pregunta de investigación con la expectativa de poder encontrar propuestas conceptuales e instruccionales en las experiencias llevadas a cabo durante el tiempo de la pandemia, la mayoría de los artículos revisados no mencionaban aspectos conceptuales y/o metodológicos.

A diferencia de las experiencias que se planifican desde el principio y se diseñan para llevarse a cabo de forma totalmente virtual, la enseñanza remota de emergencia es un cambio temporal de la forma en que se imparte la docencia debido a circunstancias de crisis (Barbour et al., 2020; García-Peñalvo et al., 2020). Esta rápida transición a la enseñanza y el aprendizaje remotos, vividos durante la Covid-19, tuvo como consecuencia que el profesorado pusiera mayor énfasis en la salud y la seguridad del estudiantado que en el diseño y la calidad de la docencia (Hodges et al., 2020).

3.5. ¿Qué desafíos y futuras líneas de investigación en torno al desarrollo del APSv, en contextos de Educación Superior a distancia, se plantean en los estudios analizados?

Partiendo de la evidencia existente, surge la necesidad de seguir investigando sobre soportes tecnológicos para la aplicación de las estrategias metodológicas. En especial, durante la fase de reflexión y en concreto para la reflexión colaborativa y su evaluación (Salam et al., 2019). Asimismo, existen pocos estudios que muestren los efectos del APSv en el alumnado, por lo que es importante seguir investigando sobre este aspecto, así como analizar su compromiso con el proceso de aprendizaje y las colaboraciones que se dan (Marcus et al., 2020; Stefaniak, 2020). En este sentido, se recomienda recopilar datos adicionales una vez finalizado el proyecto

(encuesta detallada, grupos focales o entrevistas) para investigar en profundidad las percepciones y respuestas del estudiantado (Becnel & Moeller, 2017). Además, investigaciones futuras deberían centrarse en observar las subdimensiones de las competencias transversales, evaluando el efecto de APSv en ítems específicos. Así como analizar los resultados de aprendizaje en el trabajo en equipo (Bourelle, 2014; Salam et al., 2019).

Se evidencia la necesidad de seguir investigando las dinámicas y relaciones entre estudiantado y comunidad, con el objetivo final de que los proyectos promuevan impactos bidireccionales (Guthrie & McCracken, 2014). Asimismo, la evidencia sugiere una mayor exploración sobre las percepciones, valoraciones y beneficios del APSv para los socios comunitarios (Faulconer, 2020).

Por último, la mayoría de los artículos analizados son revisiones sistemáticas y estudios de caso donde se evalúa la efectividad de las propuestas metodológicas mediante métodos cualitativos. Al respecto, se sugiere llevar a cabo investigaciones utilizando métodos mixtos, con un número mayor de participantes y a lo largo de un periodo de tiempo más extenso (Marcus et al., 2020). Por último, se recomienda analizar cómo se desarrolla el APSv en diferentes disciplinas y poblaciones estudiantiles (Becnel & Moeller, 2017).

4. Conclusiones

Tras el análisis de los datos cualitativos hallados en la revisión de los artículos, se presentan las principales conclusiones encontradas.

La observación de la literatura sobre la temática arroja un aumento significativo de las publicaciones sobre aprendizaje-servicio virtual, en ambas lenguas, español e inglés. Esto se ve acentuado en los últimos años, como consecuencia de la docencia remota de emergencia. No obstante, no se ha encontrado un marco conceptual o metodológico común para el desarrollo del APSv. Sin embargo, por medio del análisis de las diversas publicaciones se logran identificar diferentes estrategias instruccionales comunes en el desarrollo del APSv. Una de las consideraciones más importantes es el hecho de integrar la tecnología teniendo en cuenta que es un aspecto pedagógico y, por lo tanto, su uso debe tener una función educativa. Asimismo, la evidencia muestra la importancia de acompañar todo el proyecto de un proceso reflexivo que genere consciencia en el estudiantado y le permita conectar el servicio con las competencias curriculares y transversales. Por último, es esencial proporcionar soporte técnico y seguimiento pedagógico para obtener los resultados esperados.

Con relación a la metodología, a lo largo de los diferentes manuscritos, se identifican diversas variantes terminológicas del aprendizaje-servicio virtual, tanto en lengua inglesa como en española. Sin embargo, los distintos términos no muestran diferencias metodológicas o conceptuales significativas. Con respecto a las aportaciones de la docencia remota de emergencia, podemos observar que la conjetura social que involucró su aplicación pudo conllevar una ausencia de planificación en el diseño instruccional. Esto podría justificar que en la mayoría de las publicaciones que describen proyectos en ese periodo, no se especifican los alcances conceptuales o metodológicos utilizados.

Con relación a las limitaciones de la investigación, esta revisión sistemática examinó estudios en siete bases de datos electrónicas, en inglés y español, que habían pasado por un proceso de revisión por pares. Sin embargo, el acceso a algunas fuentes de información fue una restricción ya que algunos artículos no estaban en acceso abierto. Otro limitante del estudio, propio de las revisiones sistemáticas, son las restricciones que generan los objetivos de investigación; la muestra seleccionada una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión fue relativamente pequeña (n=24), lo que podría impactar en la consistencia de los resultados; con relación a la estrategia de búsqueda, se seleccionaron diversas palabras claves que arrojaron una gran cantidad de resultados preliminares. De todas formas, las palabras clave escogidas podrían haber condicionado el tipo de resultados obtenidos.

Para finalizar, por medio de los resultados de este estudio, se espera proporcionar una mejor comprensión de los factores asociados a la práctica exitosa del aprendizaje-servicio virtual.

Contribución de las autoras

María Méndez Cañón: Conceptualización, Metodología, Investigación, Curación de datos, Análisis formal, Validación, Visualización, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.
Adriana Ornellas-Rios-da Silva: Conceptualización, Metodología, Validación, Supervisión, Redacción – revisión y edición.

Amalia Susana Creus-Quinteros: Conceptualización, Metodología, Validación, Supervisión, Redacción – revisión y edición.

Referencias

Amundarain, M. G. (2014). *El aprendizaje-servicio (A-S) en la Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU): En el camino hacia su institucionalización* [UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)].

Barbour, M., LaBonte, R., Kelly, K., Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, M. (2020). Understanding Pandemic Pedagogy: Differences Between Emergency Remote, Remote, and Online Teaching. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31848.70401

Becnel, K., & Moeller, R. A. (2017). Community-embedded learning experiences: Putting the pedagogy of service-learning to work in online courses. *Open Learning*, *32*(1), 56-65. https://doi.org/10.1080/02680513.2016.1265443

Bourelle, T. (2014). Adapting Service-Learning into the Online Technical Communication Classroom: A Framework and Model. *Technical Communication Quarterly*, *23*(4), 247-264. https://doi.org/10.1080/10572252.2014.941782

Bringle, R. G., & Clayton, P. H. (2020). Integrating Service Learning and Digital Technologies: Examining the Challenge and the Promise. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *23*(1), 43-65. https://doi.org/10.5944/ried.23.1.25386

Bruffee, K. A. (1987). The Art of Collaborative Learning. *Change: The Magazine of Higher Learning*, *19*(2), 42–47. https://doi.org/10.1080/00091383.1987.9939136

Campo Cano, L. (2014). Aprendizaje-servicio y educación superior. Una rúbrica para evaluar la calidad de proyectos [Ph.D. Thesis, Universitat de Barcelona]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. http://www.tdx.cat/handle/10803/277560

Carabantes Alarcón, D., Ancochea Soto, E., Arias Astray, A., Dupont Sfez, S., Iglesias Recuero, S., Manjón-Cabeza Olmeda, A., Martín Martín, J. O., Montero, J., Romero Ruiz del Portal, F., San Andrés Moya, M., Sastre Castillo, M. Á., & Tirado Fernández, F. (2018, junio 30). *Aprendizaje Servicio e Innovación Social desde la Universidad* [Info:eu-repo/semantics/pimcd]. https://eprints.ucm.es/id/eprint/48392/

Cárdenas Gutiérrez, A. R. (2019). Reseña del libro Guía para la institucionalización del aprendizaje-servicio en la universidad por M. Á. Santos Rego y M. Lorenzo Moledo. *Edetania: estudios y propuestas socio-educativas*, *55*, 274-276.

Carvajal, H. O., Higuera, P. A., & McIlrath, L. (2019). Aprendizaje-servicio en la educación superior: Once perspectivas de un movimiento global. *Bordón. Revista De Pedagogía*, *71*(3). https://doi.org/10.13042/Bordon.2019.03.0001

Corrales Gaitero, C., Andrade Zapata, J. S., Corrales Gaitero, C., & Andrade Zapata, J. S. (2021). La institucionalización del Aprendizaje-Servicio como camino para la Universidad socialmente responsable. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, *47*(4), 109-126. https://doi.org/10.4067/S0718-07052021000400109

CRUE. (2015). Institucionalización del Aprendizaje-Servicio como estrategia docente dentro del marco de la Responsabilidad Social de la Universidad para la promoción de la sostenibilidad en la Universidad. Recuperado de http://goo.gl/4yexzc

Culcasi, I., Romano, L., & Cinque, M. (2021). Aprendizaje-Servicio Virtual 100% online. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (78), 180–195. https://doi.org/10.21556/edutec.2021.78.2255

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1980). Self-determination theory: When mind mediates behavior. *The Journal of mind and Behavior, 1*(1), 33–43.

Derreth, R. T., & Wear, M. P. (2021). Critical Online Service-Learning Pedagogy: Justice in Science Education. *Journal of Microbiology & Biology Education*, *22*(1). https://doi.org/10.1128/jmbe.v22i1.2537

Eagly, A. (2009). The His and Hers of Prosocial Behavior: An Examination of the Social Psychology of Gender. *The American psychologist*, *64*, 644-658. https://doi.org/10.1037/0003-066X.64.8.644

Early, J., & Lasker, G. A. (2018). Strengthening Communities of Inquiry Online and Offline: Exploring the Benefits and Challenges of Including Service-Learning in a Fully Online Women's Global Health Course. *Pedagogy in Health Promotion*, *4*(3), 218-226. https://doi.org/10.1177/2373379917730843

Escofet, A. (2020). Aprendizaje-servicio y tecnologías digitales: ¿una relación posible? *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *23*(1), 169–182. https://doi.org/10.5944/ried.23.1.24680

Eyler, J. (2002). Reflection: Linking Service and Learning-Linking Students and Communities. *Journal of Social Issues*, *58*(3), 517-534. https://doi.org/10.1111/1540-4560.00274

Faulconer, E. (2020). eService-Learning: A Decade of Research in Undergraduate Online Service–learning. *American Journal of Distance Education*, *35*(2), 100–117. https://doi.org/10.1080/08923647.2020.1849941

Fernández-Prados, J. S., & Lozano-Díaz, A. (2021). Origen, historia e institucionalización del Aprendizaje-Servicio. En D. Mayor Paredes & A. Granero Andújar (Eds.), *Aprendizaje-Servicio en la universidad. Un dispositivo orientado a la mejora de los procesos formativos y la realidad social* (pp. 39–53). Octaedro.

García-Gutiérrez, J., & Ruiz-Corbella, M. (2022). *Aprendizaje-servicio virtual: Marco teórico y propuestas de acción innovadoras*. Narcea Ediciones.

García-Gutiérrez, J., Ruiz-Corbella, M., & Armentia, A. (2016). Cuando la comunidad se expande: ciudadanía global y aprendizaje-servicio virtual. *Educación y diversidad. Revista interuniversitaria de investigación sobre discapacidad e interculturalidad*, *10*, 63-75.

García-Gutierrez, J., Ruiz-Corbella, M., & Armentia, A. del P. (2017). Developing Civic Engagement in Distance Higher Education: A Case Study of Virtual Service-Learning (vSL) Programme in Spain. *Open Praxis, 9(2),* 2. https://doi.org/10.5944/openpraxis.9.2.578

García-Gutiérrez, J., Ruiz-Corbella, M., & Manjarrés Riesco, Á. (2021). Virtual Service-Learning in Higher Education. A Theoretical Framework for Enhancing its Development. *Frontiers in Education*, *5*, 630804. https://doi.org/10.3389/feduc.2020.630804

García-Peñalvo, F. J. (2022). Developing robust state-of-the-art reports: Systematic Literature Reviews. *Education in the Knowledge Society, 23*, e28600. https://doi.org/10.14201/eks.28600

García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V., & Grande-de-Prado, M. (2020). Online Assessment in Higher Education in the Time of COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, 21, 12. https://doi.org/10.14201/eks.23013

Garrison, D. R., & Arbaugh, J. B. (2007). Researching the community of inquiry framework: Review, issues, and future directions. *The Internet and Higher Education, 10*(3), 157–172. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2007.04.001

Germain, M.-L. (2019). Benefits of e-Service-Learning and e-Consulting. In M.-L. Germain (Ed.), *Integrating Service-Learning and Consulting in Distance Education* (pp. 155–175). Emerald Publishing Limited. https://doi.org/10.1108/978-1-78769-409-520191011

Gómez-Gómez, M., Hijón-Neira, R., Santacruz-Valencia, L., & Pérez-Marín, D. (2022). Impact of the Emergency Remote Teaching and Learning Process on Digital Competence and Mood in Teacher Training. *Education in the Knowledge Society, 23*, e27037. https://doi.org/10.14201/eks.27037

Greenleaf, J., & Goertzen, B. (2021). Student Learning Outcomes Associated with eService-Learning: A Case Study. *Journal of Leadership Education, 20*(4), 107-123. https://doi.org/10.12806/V20/I4/R8

Guthrie, K. L., & McCracken, H. (2014). Reflection: The importance of making meaning in e-service-learning courses. *Journal of Computing in Higher Education*, *26*(3), 238-252. https://doi.org/10.1007/s12528-014-9087-9

Helms, M. M., Rutti, R. M., Hervani, A. A., LaBonte, J., & Sarkarat, S. (2015). Implementing and Evaluating Online Service Learning Projects. *Journal of Education for Business*, *90*(7), 369-378. https://doi.org/10.1080/08832323.2015.1074150

Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). The difference between emergency remote teaching and online learning. *Educause Review*. https://bit.ly/3b0Nzx7

Latorre, B. Z., Pérez, V. G., & Calandín, J. G. (2019). La Dimensión Ética y Ciudadana del Aprendizaje Servicio: Una apuesta por su institucionalización en la Educación Superior. *Revista Complutense de Educación*, *30*(1), 1. https://doi.org/10.5209/RCED.55443

Lucas Mangas, S. (2021). *Aprendizaje-servicio en la universidad: Desarrollo de proyectos emprendedores socialmente responsables con la comunidad*. Dykinson.

Maddrell, J. (2014). Service-learning instructional design considerations. *Journal of Computing in Higher Education, 26*(3), 213–226. https://doi.org/10.1007/s12528-014-9085-y

Marcus, V. B., Atan, N., Mohd Yusof, S., & Tahir, L. (2020). A Systematic Review of e-Service Learning in Higher Education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, *14*, 4. https://doi.org/10.3991/ijim.v14i06.13395

Martínez, M. (2008). *Aprendizaje Servicio y responsabilidad social de las Universidades*. Octaedro.

Mezirow, J. (2018). Transformative learning theory. In K. Illeris (Ed.), *Contemporary Theories of Learning. Learning Theorists … In Their Own Words* (2nd ed.). Routledge.

Ministerio de Educación y Cultura. (2011, octubre). *La responsabilidad social de la universidad y el desarrollo sostenible.* https://d66z.short.gy/QJ7Eig

Mitchell, T. D. (2015). Using a Critical Service-Learning Approach to Facilitate Civic Identity Development. *Theory Into Practice, 54*(1), 20–28. https://doi.org/10.1080/00405841.2015.977657

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, *372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Paz-Lourido, B., & de-Benito, B. (2021). Editorial del número especial: El Aprendizaje-Servicio en el Entorno de las Tecnologías Digitales. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (78), 1-7. https://doi.org/10.21556/edutec.2021.78.2317

Rodriguez Gallego, M. R. (2014). El Aprendizaje-Servicio como estrategia metodológica en la Universidad. *Revista Complutense de Educación*, *25*(1), 95-113. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2014.v25.n1.41157

Rubio, L., & Escofet, A. (Eds.) (2017). *Aprendizaje-servicio (ApS): Claves para su desarrollo en la Universidad*. Octaedro.

Salam, M., Awang Iskandar, D. N., Ibrahim, D. H. A., & Farooq, M. S. (2019). Technology integration in service-learning pedagogy: A holistic framework. *Telematics and Informatics*, *38*, 257-273. https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.02.002

Sandy, M. G., & Franco, Z. E. (2014). Grounding Service-Learning in the Digital Age: Exploring a Virtual Sense of Geographic Place Through Online Collaborative Mapping and Mixed Media. *Journal of Higher Education Outreach and Engagement*, *18*(4), 4.

Sotelino Losada, A., Mella Núñez, Í., & Varela Portela, C. (2020). Aprendizaje-servicio, TIC y conocimiento compartido para promover la reflexión en red. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria*, *17*(34), 19-30. https://doi.org/10.29197/cpu.v17i34.393

Springfield, E., Gwozdek, A., & Smiler, A. P. (2015). Transformation Rubric for Engaged Learning: A Tool and Method for Measuring Life-Changing Experiences. International *Journal of EPortfolio*, *5*(1), 63-74.

Stefaniak, J. (2020). A Systems View of Supporting the Transfer of Learning through E-Service-Learning Experiences in Real-World Contexts. *TechTrends*, *64*(4), 561-569. https://doi.org/10.1007/s11528-020-00487-3

Stefaniak, J., Maddrell, J., Earnshaw, Y., & Hale, P. (2018). The Evolution of Designing E-Service-Learning Projects: A Look at the Development of Instructional Designers. *International Journal of Designs for Learning*, *9*(1), 122-134. https://doi.org/10.14434/ijdl.v9i1.23298

Tapia Sasot, M. R. (2020). Un itinerario digital para el aprendizaje-servicio ubicuo. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 23(1),* 111-128. https://doi.org/10.5944/ried.23.1.25389

Tejedor, S., Cervi, L., Tusa, F., & Parola, A. (2020). Educación en tiempos de pandemia: Reflexiones de alumnos y profesores sobre la enseñanza virtual universitaria en España, Italia y Ecuador. *Revista Latina*, (78), 19-40. https://doi.org/10.4185/RLCS-2020-1466

Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, *8*(1), 45. https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45

Vetter, M. A. (2014). Archive 2.0: What Composition Students and Academic Libraries Can Gain from Digital-Collaborative Pedagogies. *Composition Studies*, *42*(1), 35-53.

Waldner, L. S., Widener, M. C., & McGorry, S. Y. (2012). E-Service Learning: The Evolution of Service-Learning to Engage a Growing Online Student Population. *Journal of Higher Education Outreach and Engagement*, *16*(2), 2.

Weisman, M. (2021). Remote Community Engagement in the Time of COVID-19, a Surging Racial Justice Movement, Wildfires, and an Election Year. *Higher Learning Research Communications*, *11*. https://doi.org/10.18870/hlrc.v11i0.1225

Yusof, A., Atan, N., Harun, J., & Doulatabadi, M. (2018). Towards A Conceptual Framework for Service-Learning in Online Learning Environment*. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bandung, Indonesia* (pp. 2893-2902).

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

Impact of augmented reality on learning motivation in primary and secondary education: systematic and meta-analytical review

Impacto de la realidad aumentada en la motivación para el aprendizaje en Educación Primaria y Secundaria: revisión sistemática y metaanalítica

José Gabriel Soriano-Sánchez[a(*)], David Jiménez-Vázquez[b], Sylvia Sastre-Riba[c]

[a] *Universidad de Jaén, Jaén, España.*
https://orcid.org/0000-0002-3780-0189 gsoriano@ujaen.es
[b] *Universidad de Jaén, Jaén, España.*
https://orcid.org/0000-0002-2837-339X dvazquez@ujaen.es
[c] *Universidad de La Rioja, La Rioja, España.*
https://orcid.org/0000-0003-2432-5005 Silvia.sastre@unirioja.es

ARTICLE INFO

Keywords
Education, meta-analysis, motivation, augmented reality, ICT.

ABSTRACT

The incorporation of information and communication technologies (ICT) in education has facilitated the arrival of innovative didactic resources, such as augmented reality, which stands out for its ability to integrate virtual and real elements. This study aimed to explore and synthesize the effect of using augmented reality on motivation for learning among students in primary and secondary education stages. For this systematic and meta-analytical review, PRISMA guidelines were followed, using the Scopus and Web of Science databases as data sources. A total of eleven documents were analyzed to measure the motivation variable. The results indicated a favorable effect across the interventions on the four components of motivation for learning ($Z = 10.15$; $p < .00001$; $I^2 = 0$). These findings suggest that experimenting with augmented reality tools in the classroom motivates students at both educational stages to acquire new knowledge. In conclusion, the use of augmented reality has a positive influence on motivation for learning among primary and secondary students, and its implementation is therefore recommended.

Palabras clave
Educación, metaanálisis, motivación, realidad aumentada, TIC.

RESUMEN

La incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación ha facilitado la llegada de recursos didácticos innovadores, como la realidad aumentada, que destaca por su habilidad para integrar elementos virtuales y reales. El objetivo del presente estudio consistió en explorar y sintetizar el efecto que posee la utilización de la realidad aumentada sobre la motivación para el aprendizaje en el alumnado en las etapas educativas de Educación Primaria y Secundaria. Para la realización de esta revisión sistemática y metaanalítica se siguieron las directrices PRISMA, tomando como fuente de datos las bases de datos Scopus y Web of Science. Un total de once documentos fueron analizados en torno a la medición de la variable motivación. Los resultados indicaron un efecto favorable sobre el conjunto de intervenciones en los cuatro componentes de la motivación para el aprendizaje ($Z = 10.15$; $p < 0.00001$; $I^2 = 0$). Estos resultados indican que la experimentación en el aula con el uso de herramientas de realidad aumentada motiva al alumnado de ambas etapas educativas hacia nuevos conocimientos. En conclusión, el uso de la realidad aumentada influye positivamente sobre la motivación para el aprendizaje en los estudiantes de Educación Primaria y Secundaria, por lo que se recomienda su implementación.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 02/09/2024. Revisado, 13/03/2025. Aceptado, 25/04/2025. Publicado, 31/12/2025.
e-ISSN: 2444-8729

1. Introduction

In recent years, society has undergone profound transformations that have impacted both the social and educational spheres (Ho et al., 2024). The incorporation of information and communication technologies (ICT) has revolutionized education, promoting a more active and innovative learning experience (Garzon & Inga, 2023). These tools have facilitated new forms of interaction and collaboration, allowing students and teachers to explore more dynamic and personalized teaching methodologies (Shakirova et al., 2024). In this way, education becomes a space where creativity and participation are essential for the comprehensive development of students (Liu et al., 2023).

Educational institutions must adopt holistic and contemporary pedagogical approaches that integrate competency-based learning, aiming to foster active citizenship (Pavlou & Castro-Varela, 2024). This involves equipping students with functional skills in digital media (Sáez-López et al., 2019). The integration of technological resources in classrooms has made the teaching-learning process more dynamic, fostering active learning (Erbas & Demirer, 2019). Consequently, the education system must update its tools to make content more accessible and engaging, addressing the needs of new generations (Moreno-Guerrero et al., 2020). In addition to improving comprehension, this approach encourages curiosity and interest in learning (Ciloglu & Ustun, 2023; Lampropoulos & Kinshuk, 2024).

Among emerging technologies, augmented reality (AR) has gained a prominent role in the educational field (Bölek et al., 2022), offering immersive learning experiences through mobile devices (Triviño-Tarradas et al., 2022). Its implementation enables the development of meaningful, interactive, and contextualized learning (Simón-Sánchez & Fernández-Sánchez, 2023). Although its initial applications date back to the 1990s, its popularity has recently increased due to cost reductions and improvements in the equipment required for its application (Osborne & Mavers, 2019).

Since AR is a relatively recent concept, it is essential to define it precisely. Some authors, such as Sahin and Yilmaz (2020), describe it as an interactive platform that combines virtual elements with the real world. Others, such as López-García et al. (2019), consider it an emerging technology that enhances visual perception through computational processes capable of transforming and rendering graphics in real-time.

It is important to distinguish AR from virtual reality (VR), as although both relate to virtual environments, they have distinct characteristics (Lytvynova & Soroko, 2023). While AR overlays digital information onto the physical environment, VR immerses the user in a wholly digital environment, allowing the simulation of situations that are difficult to reproduce in real life (Bork et al., 2019). AR is characterized by (a) the integration of real and virtual 3D elements, (b) real-time interaction, and (c) an immersive user experience (Phon et al., 2019). Both technologies have the potential to transform education, but their application must align with pedagogical objectives to ensure effective access to knowledge (Lin et al., 2021).

Teachers and the broader educational community greatly benefit from the possibilities that technology offers (McBain et al., 2022). Understanding the potential of AR applied to education at all levels is essential to fully leverage its advantages (Aygün & Çelik, 2024). Several authors have highlighted the multiple benefits that AR can bring to the educational field, including increased immersion, interactivity, and personalized learning, factors that enhance students' understanding and motivation (Flores-Bascuñana et al., 2020):

- *Interactivity*: It enables students to engage dynamically with content, promoting active learning.
- *Visualization of abstract concepts*: It facilitates the understanding of complex concepts by enabling the visualization of information in 3D.
- *Motivation and engagement*: Visual and technological elements capture students' attention, increasing their motivation to learn.
- *Personalized learning*: It adapts to different learning styles, allowing students to progress at their own pace and explore topics of interest. Authors such as Wang and Huang (2025) note that personalized learning is an educational approach that tailors the content, methods, and pace of instruction to the individual needs, interests, and abilities of each student.
- *Promotion of collaborative work*: It encourages group work and develops social skills among students. Mobile-assisted collaborative learning refers to the practice of meaning-making by groups of individuals in the context of a joint activity mediated through mobile computing (Ke & Hsu, 2015).
- *Access to additional resources*: It provides instant access to a wide range of information and multimedia resources, enriching the educational process.
- *Development of technological skills*: Its use helps students develop essential digital competencies for their future.

- *Simulation of practical experiences*: It simulates practical situations without the risks associated with the real world.
- *Divergent thinking*: The use of apps that incorporate AR promotes more reflective thinking.
- *Educational inclusion*: It adapts to the specific educational needs of each student. Ainscow (2025) defines inclusive education as an educational philosophy that promotes the transformation of the education system to address the needs of all students.

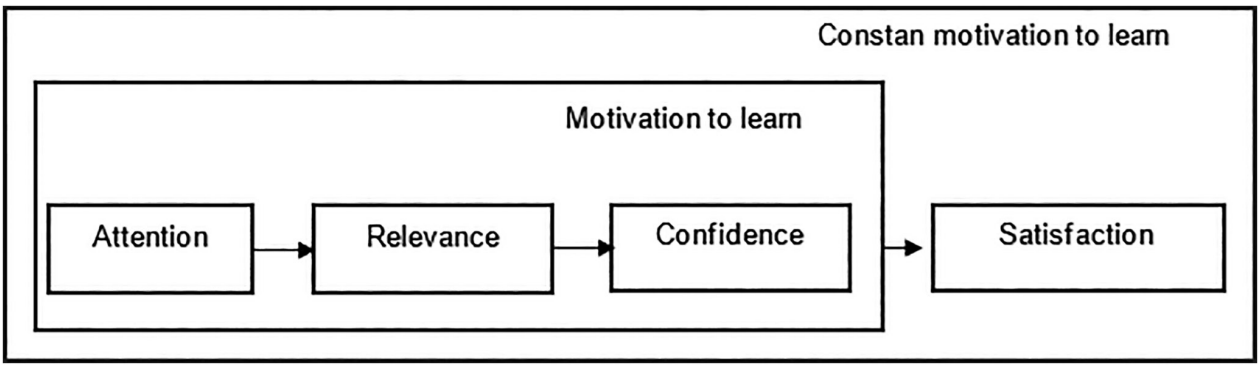
When evaluating the advantages of AR in education, its potential to transform the teaching-learning process into a more engaging and practical complementary experience becomes evident (Henssen et al., 2020). These studies have identified how AR provides a more immersive and participatory learning experience, making it a complementary tool that enhances educational effectiveness. The advantages mentioned refer to the positive aspects of AR, such as increased immersion, participation, and personalization, which contribute to making learning more effective and engaging. However, it is also crucial to consider the limitations that this technology presents, as documented in the scientific literature. Among these limitations, the following stand out (Muñoz-Cristóbal et al., 2015; Prieto, 2025):

- *Technical difficulties*: Its implementation may be interrupted by technical issues, causing frustration for users.
- *Need for detailed guides*: Clear guidelines are required; without proper guidance, users may struggle to interact effectively.
- Prior knowledge of the content and tools is crucial for their appropriate use, necessitating that students come prepared with relevant information. That is, they must have previous experience (Wang et al., 2024).

In the educational context, the implementation of activities using AR is considered an effective tool for activating positive emotions in students and enhancing their motivation, which in turn improves the outcomes of the teaching-learning process (Redondo et al., 2020). Therefore, motivation becomes a central element, as its increase leads to greater engagement, cooperation, and interest in subjects (Rueda et al., 2023), as well as higher levels of satisfaction and attention, enriching the content (Bölek et al., 2021). According to Keller (1983), motivation is related to the magnitude and direction of behavior, influencing individuals' choices regarding their experiences and goals, as well as the effort they dedicate to achieving them. It is influenced by both internal and external factors, where individuals respond within their specific context through perceptions and reflections. Other authors, such as Cheng (2017), suggest that motivation is an internal state that drives action and manifests in students' willingness to participate in class activities, as well as their reasons for doing so.

Among the main tools for measuring the motivation generated in learning is the *Instructional Material Motivational Survey* (IMMS), created by Keller (2010), based on the *ARCS Model*, which consists of the following components: Attention (this is the category or prerequisite condition for producing learning); Relevance (this category requires that students clearly understand the applicability and usefulness of what they are learning); Confidence (this relates to success and perseverance, as the combination of these two factors leads to achieving a goal); Satisfaction (this focuses on using strategies that help students feel good about the results obtained in relation to the effort put in) (Keller, 1983).

Figure 1. ARCS Model (Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction).



Note. Taken from Keller (1983).

The ARCS Model by Keller (2010) is related to other motivational models, such as the Self-Determination Theory by Deci and Ryan (2000) and the Expectancy-Value Theory by Eccles and Wigfield (2002), as it integrates key dimensions for understanding motivation in educational contexts. While Self-Determination Theory emphasizes the fulfillment of basic needs (autonomy, competence, and relatedness) to foster intrinsic motivation, the ARCS Model translates these principles into concrete pedagogical strategies: capturing attention, establishing relevance, strengthening confidence, and promoting satisfaction. Similarly, the Expectancy-Value Theory emphasizes the impact of success expectations and the evaluation of content on motivation, aspects reflected in the confidence and relevance components of the ARCS Model. This theoretical convergence positions the ARCS Model as a practical and validated tool for designing educational interventions that enhance student engagement and performance (Deci & Ryan, 2000; Eccles & Wigfield, 2002; Keller, 1983).

Currently, there are numerous systematic review studies on the influence of ICT in education (Sijimol, 2024), and although less frequently, AR is also addressed. In this regard, Soriano-Sánchez and Jiménez-Vázquez (2023) highlight in their work that AR is an innovative resource that stimulates cognitive skills and fosters student inclusion, thereby increasing their motivation and academic performance. These findings underscore the transformative potential of AR in education and emphasize the importance of continuing to investigate its applications and benefits across diverse student populations through data analysis (Ábalos-Aguilera et al., 2024). To this end, meta-analyses provide the highest level of scientific evidence by supporting the development and review of scientific literature, combining individual results on the same research question to estimate the typical or average effect (Myung, 2023).

However, despite the points mentioned above, to date, no study has conducted a systematic review or meta-analysis that examines these aspects in an integrated manner, creating a gap in knowledge regarding the impact of Augmented Reality (AR) on students' learning motivation in Primary and Secondary Education, based on the ARCS Model.

1.1. The present study

The objective of this study is to explore and synthesize the effect of using AR on students' motivation for learning in Primary and Secondary Education. The following questions are posed:

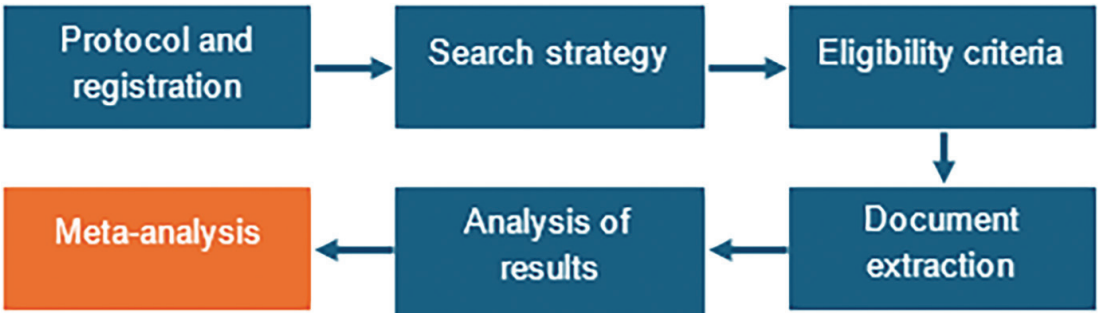
Question 1. Is the motivation for learning among students using AR significantly more positive in Primary and Secondary Education compared to those who do not use AR technologies?
Question 2. Does a longer duration of intervention using AR lead to better motivation outcomes in Primary and Secondary Education?
Question 3. Does the set of interventions using AR to enhance learning motivation show low heterogeneity?

2. Method

2.1. Sources of Information and Search Strategy

The present research is based on a systematic review of scientific literature. The guidelines proposed by the PRISMA statement (Page et al., 2021) have been followed for its implementation (Figure 2).

Figure 2. Summary of the steps to be taken in the systematic review with meta-analysis (PRISMA Statement).



The searches were conducted in July 2024 in the Web of Science (WoS) and Scopus databases, part of the Elsevier group. These electronic resources were selected because they are the most prestigious scientific databases, which include the well-known impact indexes SCImago Journal Rank (SJR) and Journal Citation Reports (JCR), respectively. The search filter used included works published in English and Spanish, as well as open-access studies. The search formula used was as follows: ((("*augmented reality*") AND ("*motivation*" OR "*Instructional Material Motivational Survey*" OR "*IMMS*") AND ("*Primary** *Education*" OR "*Elementary** *Education*" OR "*Secondary** *Education*" OR "*High** *School*"))). The search was conducted across all fields of these databases.

The results obtained from each database were as follows: 147 in Web of Science and 141 in Scopus. Subsequently, the inclusion and exclusion criteria were defined (Table 1).

Table 1. Inclusion and exclusion criteria.

Inclusion criteria	Exclusion criteria
a) Empirical studies b) Studies that include treatment with control and experimental groups c) Studies that include means and standard deviations of the control and experimental groups d) The variable to be measured is motivation	a) Restricted access to publication b) Duplicate studies c) Conference proceedings, book chapters, or books d) Theoretical studies, reviews, case studies, or cross-sectional studies e) Language other than Spanish or English f) Studies that do not assess motivation using the IMMS instrument g) Irrelevant to the study topic h) Lack of sufficient information for the meta-analysis

Note. IMMS = Instructional Material Motivational Survey.

2.2. Data selection and collection procedure

The three researchers (JGSS, DJV, and SSR) independently reviewed the titles and abstracts of the identified records. They obtained and read the full texts of the preselected records. However, where there was any controversy, a comprehensive reading of the full text was conducted in order to apply the remaining established conceptual and methodological criteria. Information from the records that met the eligibility criteria was extracted into a database.

The search formula used yielded a total of 288 documents (147 in Web of Science and 141 in Scopus). Regarding the exclusion criteria, a total of 277 documents were discarded according to the established exclusion criteria, as follows: a total of 2 studies were excluded for being restricted access, in accordance with exclusion criterion a; 86 studies were excluded based on exclusion criterion b; 54 studies were excluded according to exclusion criterion c; 67 studies were excluded based on exclusion criterion d; 4 studies were excluded according to exclusion criterion e, which corresponded to 1 study published in Turkish and Portuguese, respectively, and 2 in Korean; 11 studies were excluded based on exclusion criterion f; 41 studies were excluded according to exclusion criterion g; and finally, 9 studies were excluded due to lack of results for inclusion in the meta-analysis, in accordance with exclusion criterion g.

The flowchart outlines the process followed and the scrutiny of the scientific articles, leading to the formation of the final sample (Figure 3). Ultimately, 11 studies met the eligibility criteria and were selected for review.

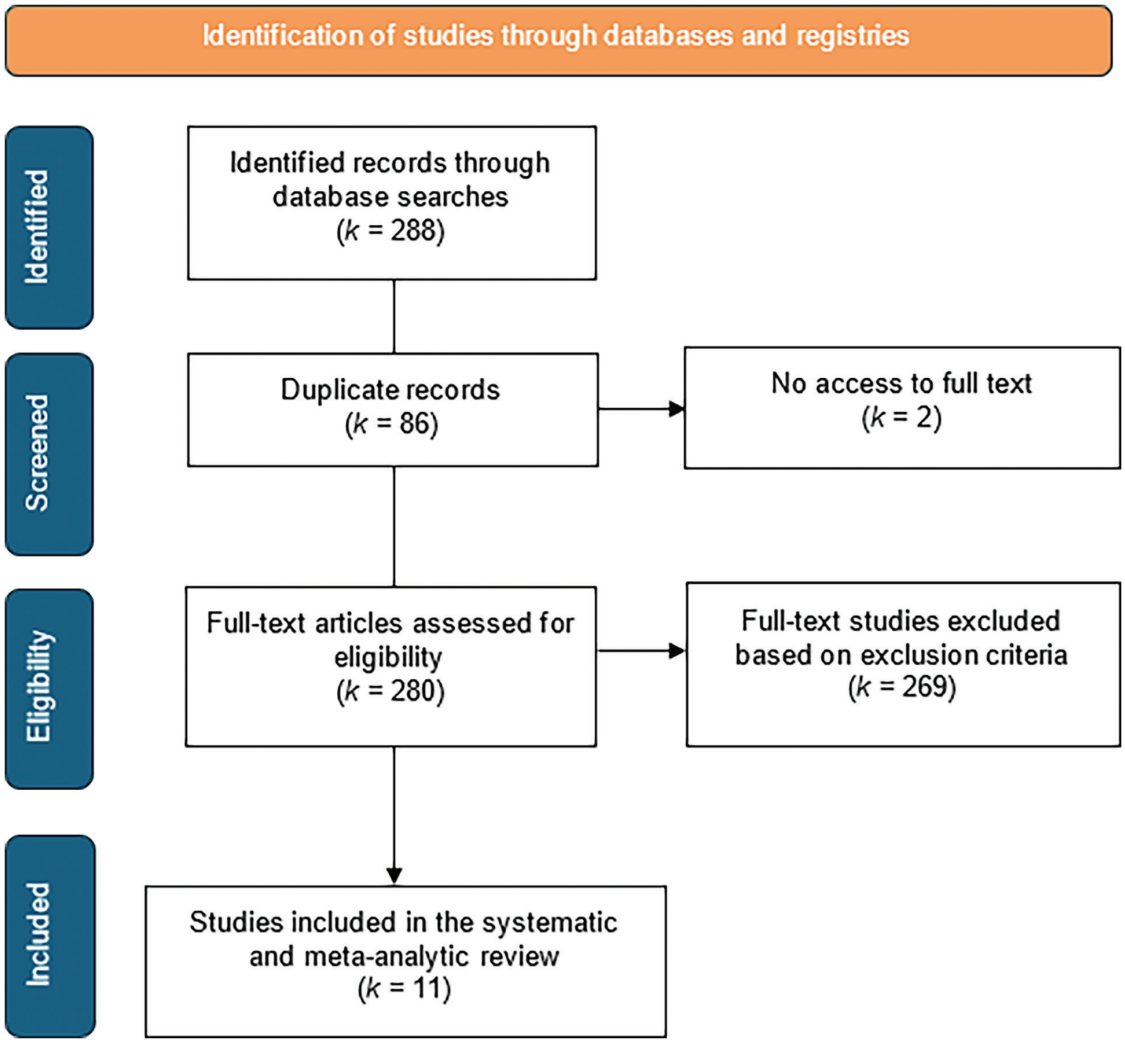
2.3. Data extraction

For data extraction, a form was designed that included information on the established inclusion criteria. These were coded following the subsequent process: (1) author(s); (2) year of publication; (3) study objective; (4) location; (5) educational stage; (6) study design; (7) participants in each group (experimental and control); (8) age range/mean age; and (9) treatment and intervention duration. With the help of this form, the most relevant quantitative and qualitative data from each of the studies were extracted. This process was carried out by the three authors, ensuring maximum reliability in information collection and resolving any controversies through a second reading of the document.

2.4. Data analysis: meta-analysis

First, the option for Intervention Review was selected to test the effectiveness of the interventions, following a *random-effects model*. The meta-analysis was conducted using the *Cochrane Review Manager* (RevMan) statistical

Figure 3. Filtering of articles from the systematic review according to the PRISMA flow (Page et al., 2021).



Source: own elaboration (2022).

software, version 5.4 (Copenhagen) (The Cochrane Collaboration, 2014), to assess the heterogeneity of the studies, effect size, data quality, etc. (Sánchez-Meca & Ato, 1989), providing a high level of evidence regarding the effectiveness of the interventions. To analyze the data, the standardized mean difference statistical method for random effects was used, as there were differences in the means of the included studies. The direction of effect sizes is considered favorable if the result indicates an improvement across the set of interventions, with significance observed through the p statistic, where the effectiveness of the set of interventions is deemed significant if $p < 0.05$. Finally, regarding heterogeneity, it is considered high if $I^2 \geq 75\%$, moderate from 50 to 75%, and low when $I^2 \leq 25\%$ (Higgins et al., 2003).

2.5. Risk of bias assessment

The risk of bias was assessed by analyzing the distribution of points in the graphs obtained from the funnel plot, following the guidelines established by Higgins et al. (2011), which suggest that an asymmetric distribution of points could indicate publication bias or methodological issues in the included studies. To ensure objectivity and accuracy in the assessment, the two researchers independently evaluated the risk of bias. Any discrepancies were resolved through a consensus meeting, thereby ensuring a thorough and precise evaluation of the risk of bias. This approach not only enhances the reliability of the analysis but also minimizes potential subjective influences in the evaluation of bias.

3. Results

The search formula and the established inclusion and exclusion criteria yielded a total of 11 studies for systematic and meta-analytic review. The most relevant qualitative results of this research are presented below.

3.1. Descriptive analysis of the selected studies

Firstly, all the studies shared a common objective of analyzing the motivation for learning through the use of AR among primary or secondary education students. Regarding the educational stage, $k = 4$ studies focused on primary education (Chen et al., 2016; Chiang et al., 2014; Hsieh, 2021; Lai et al., 2019), while $k = 7$ investigations addressed secondary education (Amores-Valencia et al., 2023; Blanca et al., 2020; Lin et al., 2021; Liu et al., 2023; Uriarte-Portillo, Blanca, et al., 2023; Uriarte-Portillo, Zatarain-Cabada, et al., 2023; Yu et al., 2022).

On the other hand, regarding the sample, it ranged from $N = 11$ (Hsieh, 2021) to $N = 162$ participants (Amores-Valencia et al., 2023). A total of $N = 404$ adolescents participated in the experimental group, and 512 in the control group. In terms of age, the studies by Chiang et al. (2014) and Hsieh (2021) reported that the children's ages ranged from 9 to 10 years, whereas the study by Amores-Valencia et al. (2023) reported that the participants' ages ranged from 14 to 17 years. All studies included both boys and girls, although some did not specify the exact number for each gender (Blanca et al., 2020; Chen et al., 2016; Chiang et al., 2014; Lin et al., 2021; Lai et al., 2019; Yu et al., 2022).

Regarding the year of publication, the oldest study was conducted in 2014 by Chiang et al. (2014), just four years after the creation of the IMMS instrument. In contrast, the topic of study has generated more publications over the years. Specifically, the last year saw the highest number of publications compared to previous years, with a total of $k = 4$ studies (Amores-Valencia et al., 2023; Liu et al., 2023; Uriarte-Portillo, Blanca, et al., 2023; Uriarte-Portillo, Zatarain-Cabada, et al., 2023).

In terms of publication location, $k = 5$ studies were published in Taiwan (Chen et al., 2016; Chiang et al., 2014; Hsieh, 2021; Lin et al., 2021; Lai et al., 2019), followed by Mexico with $k = 3$ publications (Blanca et al., 2020; Uriarte-Portillo, Blanca, et al., 2023; Uriarte-Portillo, Zatarain-Cabada, et al., 2023), and China, which had $k = 2$ publications (Liu et al., 2023; Yu et al., 2022), and finally Spain with $k = 1$ study (Amores-Valencia et al., 2023). Regarding the language of publication, all studies were published in English ($k = 11$).

Finally, in relation to the intervention time, it was the study carried out by Chen et al. (2016) which carried out a longer intervention time, since the use of AR to acquire and promote motivation for learning was throughout the course, compared to the study by Uriarte-Portillo, Blanca, et al. (2023) which, in this case, only took a total of 20 minutes (Table 2).

3.2. Synthesis of the evidence found

In Primary Education, Chen et al. (2016) designed the CMAR system, integrating AR with concept maps in the subject of Environmental Science. Students in the experimental group achieved better results than those in the other groups. Other authors, such as Chiang et al. (2014), found that using AR through mobile devices to explore animals and plants enhances students' motivation and learning. In this regard, Lai et al. (2019) indicated that the AR-based science learning system, grounded in the principle of multimedia learning contiguity, promotes scientific learning among students. Additionally, the use of picture books through the development of the AR Oyster learning system, which utilizes Unity software, enables the comprehension of digital content, including texts, images, graphics, sound effects, narration, and subtitles. This interaction with 3D models using multitouch gestures stimulates students' interest (Hsieh, 2021).

In relation to Secondary Education, the study conducted by Amores-Valencia et al. (2023) revealed that students using AR through the app *ComputAR* exhibited higher motivation, showing a strong interest in integrating this technology into the learning process. Furthermore, AR technology can be utilized as an effective learning environment to help secondary school students from both public and private institutions practice basic principles of Geometry (Blanca et al., 2020). On the other hand, Lin et al. (2021) found that students in the experimental group used the board game "Get Ahead in Medical Knowledge," which is based on scaffolding and competency. This approach allowed them to achieve greater motivation to learn, positively impacting their academic performance. Liu et al. (2023) utilized the *ArAtom software* for mobile devices and tablets, which incorporated a combination of various external representations, including texts, animations, images, and 3D

Table 2. Synthesis of the studies included in a systematic and meta-analytical review on the use of augmented reality on learning motivation in Primary and Secondary Education.

Author(s)	Year of publication	Objective of the study	Place	Educational stage	Study design	Participants in each group (n)		Age range	Treatment (intervention time)
						1	2		
Amores-Valencia et al.	2023	To analyze the influence of AR on the motivation of students at this stage, taking into account gender and previous experience with information and communication technologies	Spain	b	Instructional	159 (33.33% girls and 66.67 boys)	162 (33.33% girls and 66.67 boys)	14-17 years	AR through the ComputAR mobile app (11 sessions of 60 minutes each)
Blanca et al.	2020	Exploring the impact of AR on the motivation of Mexican public and private school students	Mexico	b	Factorial	47 (both genders but not specified)	46 (both genders but not specified)	13-15 years	AR via mobile app to ARGeo (1 session of 50 minutes)
Chen et al.	2016	To compare the effectiveness of the concept mapping AR learning material (CMAR) developed here with that of the AR learning material	Taiwan	a	Experimental	36 (both genders but not specified)	35 (both genders but not specified)	11-12 years	Mobile AR based on concept mapping (Throughout the course)
Chiang et al.	2014	Propose a mobile AR approach to conduct inquiry-based learning activities	Taiwan	a	Experimental	28 (both genders but not specified)	29 (both genders but not specified)	9-10 years	Traditional mobile AR (120 minutes)
Hsieh	2021	Propose the AR Oyster Learning System (AROLS) that integrates mobile AR with a teaching strategy for mobile education	Taiwan	a	Experimental	11 (6 boys and 5 girls)	11 (5 boys and 6 girls)	9-10 years	Traditional mobile AR (80 minutes)
Lai et al.	2019	Develop a science learning system using AR based on the contiguity principle of multimedia learning to promote students' science learning	Taiwan	a	Experimental	23 (both genders but not specified)	23 (both genders but not specified)	10-11 years	Traditional Mobile AR (180 minutes)

Table 2. Synthesis of the studies included in the systematic and meta-analytical review on the use of augmented reality on learning motivation in Primary and Secondary Education (Cont.).

Author(s)	Year of publication	Objective of the study	Place	Educational stage	Study design	Participantes in each group (n)		Age range	Treatment (intervention time)
						1	2		
Lin et al.	2021	Introducing a board game board game that assimilates AR into health education	Taiwan	b	Experimental	27 (both genders but not specified)	25 (both genders but not specified)	15-16 years	Traditional Mobile AR (45 minutes)
Liu et al.	2023	Investigate the effectiveness of ArAtom on students' knowledge acquisition, learning motivation and perception of technology	Chinese	b	Experimental	47 (25 girls and 22 boys)	56 (26 girls and 30 boys)	13-15 years	Traditional Mobile AR (5 weeks with a total of 6 hours)
Uriarte-Portillo, Blanca, et al.	2023	To explore the learning effectiveness and motivational impact of using an ITS with an AR interface to practice basic principles of Geometry	Mexico	b	Quasi-experimental	25 (13 girls and 12 boys)	24 (11 girls and 13 boys)	13-15 years	AR mobile app ReAQ (20 minutes in total)
Uriarte-Portillo, Zatarain-Cabada, et al.	2023	Comparing motivation and learning outcomes of high school students in two educational settings: in the classroom and at home	Mexico	b	Factorial	53 (12 girls and 13 boys)	53 (11 girls and 13 boys)	13-15 years	Traditional Mobile AR (2 sessions of 60 minutes each)
Yu et al.	2022	To explore how different experimental conditions (AR and non-AR) may affect the learning performance and motivation of students with different levels of learning anxiety in the discipline of Physics	Chinese	b	Experimental	48 (both genders but not specified)	48 (both genders but not specified)	14-16 years	AR mobile app MagAR (3 weeks: one session per week of 40, 40 and 25 minutes, respectively)

Note: a = Primary Education; b = Secondary Education; 1 = Experimental group; 2 = Control group; AR = Augmented Reality.

models, enabling students to enhance their knowledge in Chemistry. In this regard, Uriarte-Portillo, Zatarain-Cabada et al. (2023) also report that the use of AR enables the practice of basic concepts.

Meanwhile, Yu et al. (2022) developed a mobile application based on Keller's ARCS model (1983) to promote student motivation for learning, named "MagAR." This application increased student attention and ensured that the laboratory experience had real-life implications for the students. Additionally, its use fosters motivation to learn about Geometry (Uriarte-Portillo, Blanca, et al., 2023).

3.3. Summary of meta-analytic results

The meta-analytic findings on the use of AR for motivation in primary education, with a total of $k = 4$ studies, selected a total of 98 participants for the experimental group and the control group, respectively (Table 3). Regarding the four components of motivation (attention, relevance, confidence, and satisfaction), the results indicated low heterogeneity ($I^2 = 0\%$) in all cases, with a significant effect ($p < 0.00001$). In relation to secondary education, the results reported that the interventions ($k = 7$), with a total of $N = 406$ participants in the experimental group and $N = 414$ in the control group had a significant effect ($p < 0.00001$). Specifically, regarding the components of motivation for learning, the results were as follows: for attention, the effect size was $Z = 3.92$, with homogeneity of $I^2 = 94\%$; for relevance ($Z = 2.70$; $I^2 = 89\%$); for confidence ($Z = 3.83$; $I^2 = 83\%$); and for satisfaction ($Z = 4.80$; $I^2 = 87\%$). In this regard, the high heterogeneity in the analyzed variables indicates that the included studies show significant differences in their results. This suggests that there are variations concerning the set of studies considered for these variables.

Table 3. Meta-analysis on motivation in primary and secondary education.

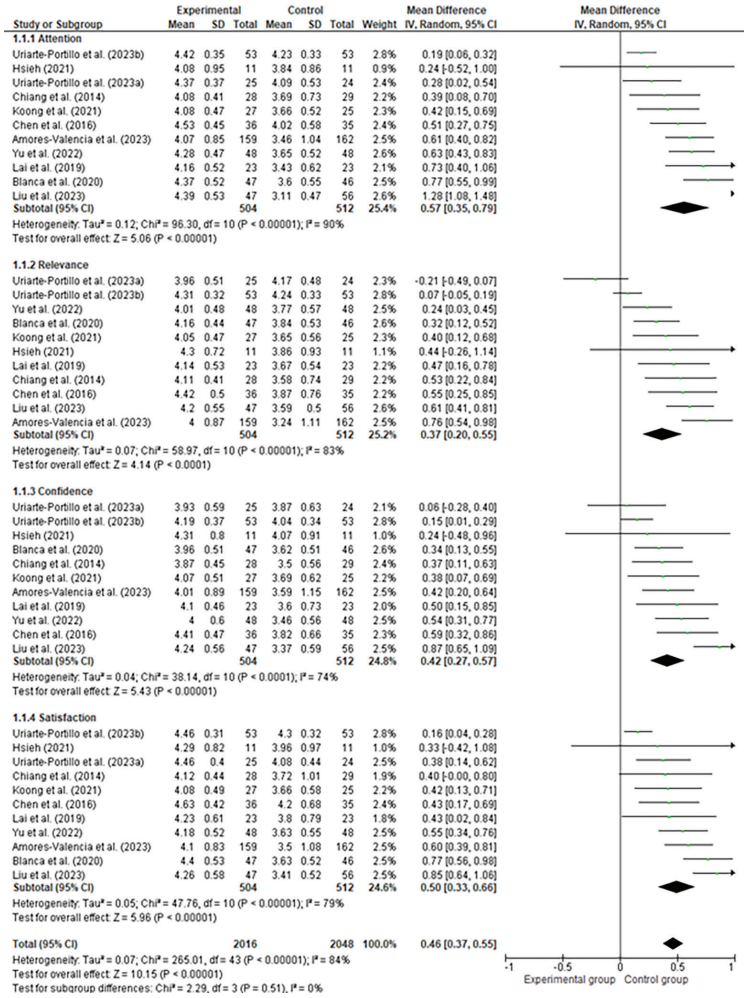
Results	Motivation component	k	SMD	95% confidence interval		Significance (p)	Heterogeneity	
				Lower limit	Upper limit		Z	I^2 (%)
Primary Education	Attention	4	0.52	0.36	0.68	<0.00001	6.30	0%
	Relevance	4	0.51	0.34	0.68	<0.00001	5.87	0%
	Confidence	4	0.53	0.33	0.74	<0.00001	5.10	0%
	Satisfaction	4	0.42	0.23	0.61	<0.00001	4.35	0%
Secondary Education	Attention	7	0.60	0.30	0.90	<0.00001	3.92	94%
	Relevance	7	0.31	0.09	0.54	<0.00001	2.70	89%
	Confidence	7	0.40	0.19	0.60	<0.00001	3.83	83%
	Satisfaction	7	0.53	0.31	0.75	<0.00001	4.80	87%

Below is the forest plot of the effect size of the set of interventions carried out in Primary and Secondary Education regarding the influence of AR use on the different components of motivation for learning (Figure 4). In this regard, the meta-analytic results reported the following findings concerning the four components of motivation: for attention, a significant effect was observed across all interventions ($Z = 5.06$; $p < 0.00001$), although heterogeneity was high at $I^2 = 90\%$; for relevance ($Z = 4.14$; $p < 0.00001$) with heterogeneity at $I^2 = 83\%$; for confidence ($Z = 5.43$; $p < 0.00001$) with heterogeneity at $I^2 = 74\%$; and for satisfaction ($Z = 5.96$; $p < 0.00001$) with heterogeneity at $I^2 = 79\%$. However, regarding the overall subgroups, a favorable effect was found ($Z = 10.15$; $p < 0.00001$; $I^2 = 0\%$), indicating that statistical data showed no differences between subgroups (Chi2 = 2.29; df = 3; $p = .051$; $I^2 = 0\%$).

3.4. Risk of bias of the included studies

Once the studies for the meta-analysis were selected, the reliability of the results was assessed by evaluating the risk of bias using the *Cochrane risk of bias* assessment tool. The *funnel plot* (a graph that checks for publication bias) allows us to observe the results of the risk of bias in the studied psychological parameters (Figure 5). The inspection of the distribution of points in the figure illustrates how each component of motivation for learning

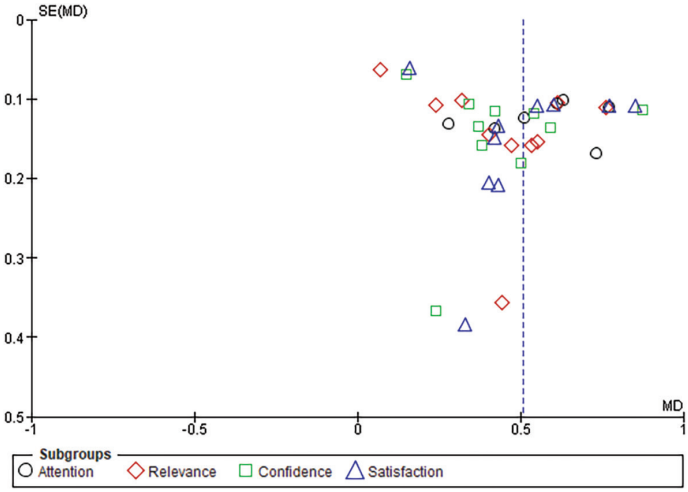
Figure 4. Forest plot of the effect size of the set of interventions.



Note. Tau^2 = estimation of the variance of effect sizes; Chi^2 = existence of heterogeneity; df = overall indicator of effect size on the results of a meta-analysis; p = statistically significant heterogeneity; green dots = effect size of each study; black diamond for each variable = effect size of the set of studies; final black diamond = subgroup effect size; all studies used the IMMS instrument (Keller, 2010).

(attention, relevance, confidence, and satisfaction) is represented. Thus, it was found that the study conducted by Hsieh (2021) presented the highest risk of bias in each of the evaluated domains.

Figure 5. Overall risk of bias.



4. Discussion

The results obtained have allowed us to address the objective outlined in this research. The review of various studies suggests that the application of AR is a trend to consider in the current educational landscape, particularly at the primary and Secondary Education stages. In fact, this is a topic whose experimentation in classrooms is on the rise, as demonstrated by the diachronic production of the examined articles, most of which were published in 2023. The use of AR is recommended as an alternative in learning activities to increase students' motivation in Primary Education schools (Lai et al., 2019) and in Secondary Education institutions (Liu et al., 2023; Uriarte-Portillo, Zatarain-Cabada, et al., 2023). This means that when applied appropriately, this technology has a positive impact and supports the quality of teaching (Aygün & Çelik, 2024), thereby optimizing learning (Shakirova et al., 2024).

In response to the first question posed, the meta-analysis report indicates that students who engaged in activities using AR have increased their motivation to learn new content compared to those who did not, thus supporting the first hypothesis. Regarding the second research question, the results from the set of interventions suggest that the duration of the intervention does not influence the outcomes. In this regard, the study conducted by Uriarte-Portillo, Blanca, et al. (2023) carries more weight than the other studies. Specifically, its duration was two sessions of sixty minutes, whereas the study conducted by Amores-Valencia et al. (2023) consisted of eleven sessions of sixty minutes and did not present the most significant weight; therefore, the second hypothesis is rejected. On the other hand, in response to the third question proposed, the heterogeneity of the set of interventions has been low, thus affirming the third hypothesis. This suggests that the use of AR in Primary or Secondary Education has a favorable effect on students' motivation for learning.

Regarding the risk of bias, the study by Hsieh (2021) presents the highest risk of bias. In this context, one of the most significant findings was that the study conducted by Hsieh (2021) presented the highest risk of bias in each of the evaluated domains. This finding emphasizes the importance of thoroughly evaluating each study before including it in the meta-analysis, as a study with a high risk of bias can significantly alter the overall results, especially if it occupies a prominent position within the set of studies. Hsieh's study (2021) presents inconsistencies or deficiencies in its design, participant selection (Soriano-Sánchez et al., 2020), or data analysis, which could have unduly influenced the final results. This could justify paying special attention when interpreting the effects of motivation for learning in the different studied domains.

Our results show that the use of AR in Primary and Secondary Education enhances students' motivation towards learning. Furthermore, as reported by Ciloglu and Ustun (2023) and Cheng et al. (2017), its application is suggested to promote socialization, attention, comprehension, self-efficacy, learning, and language development. This indicates a significant improvement in the teaching and learning process when employing more creative and innovative methodologies (Lin et al., 2021; Rueda et al., 2023).

Based on a review of studies, it is considered that the relevance of using AR in the educational field lies in the possibilities it offers to provide real-time digital information, enrich content, and make learning more interactive and participatory (Sáez-López et al., 2019). In fact, in Primary Education, it fosters a greater attitude towards learning and improves comprehension of various content (Phon et al., 2019). The same is true in Secondary Education, as it has been observed that the use of AR facilitates the achievement of curricular objectives by improving outcomes (Fidan & Tuncel, 2019).

However, despite the results obtained, this study is not without limitations. The main limitation may lie in the databases used for the document search, as Web of Science and Scopus were employed. Therefore, studies published in other electronic resources may have been inadvertently omitted. Another limitation is the risk of bias present in some domains of the analyzed variables regarding the Secondary Education stage.

This research highlights the potential of AR to enhance motivation in the learning of Primary and Secondary Education students. AR enables the personalization of teaching by adapting content to each student's needs, providing a practical framework for teachers to integrate this technology into their pedagogical methods, and making learning more interactive and engaging. Educational institutions can utilize these findings to train teachers in the effective use of AR, thereby creating activities that foster active and participatory learning. AR facilitates the understanding of complex concepts and fosters students' intrinsic motivation, thereby improving academic outcomes. Additionally, its implementation supports educational inclusion by addressing different learning styles and individual needs. By integrating AR into classrooms, institutions can promote a culture of technological innovation and prepare students for the challenges of the 21st century, developing essential digital skills. In summary, this research offers a practical guide for leveraging AR to enhance the educational experience, making it more interactive, inclusive, and aligned with current educational demands.

For future lines of research, it would be interesting for new systematic reviews and meta-analytic studies to analyze the potential impact of AR on motivation for learning in Early Childhood Education or higher education. To this end, it is recommended that future meta-analytic research include studies that have used the same assessment instrument to measure a specific variable, thereby minimizing bias as much as possible. Likewise, an increase in the number of studies regarding the stage of secondary education and the variables analyzed is suggested in order to compare the risk of bias in relation to this study.

Ultimately, this study demonstrates the potential of using AR to foster motivation for learning among Primary and Secondary Education students. Its implementation could create collaborative, active, and personalized learning experiences, while also promoting and enhancing students' cognitive and socio-emotional development.

5. Conclusions

This study highlights the positive impact of AR on students' learning motivation in primary and secondary education. Therefore, its implementation is recommended to personalize teaching and ensure the quality of educational responses. It presents itself as an effective alternative for improving content acquisition and academic performance.

Based on the analyzed studies, it is concluded that with just two implementation sessions, there would be an increase in motivation towards learning and in achieving previously established curricular objectives. Furthermore, its use develops media competencies as well as social, cognitive, and emotional skills among students.

In summary, it is advisable to adopt AR as a standard learning approach in primary and secondary education, given its innovative nature and the multiple benefits it offers due to its interactive nature, immediacy, and ability to motivate students. Additionally, it stands out as a valuable tool for promoting universal learning design.

Authors' contribution

Conceptualization: JGSS, DJV, SSR; Data Curation: JGSS, DJV, SSR; Formal Analysis: JGSS, DJV, SSR; Methodology: JGSS, DJV, SSR; Software: JGSS; Supervision: JGSS, SSR; Validation: JGSS, DJV; Original Draft Writing: JGSS, DJV, SSR; Review and Editing: JGSS.

References

Ábalos-Aguilera, F., Romero-Rodríguez, L. M., & Bernal, C. (2024). TIC, motivación y rendimiento académico en educación primaria: meta-análisis, revisión de literatura y estado de la cuestión. *Education in the Knowledge Society, 25*, e31799. https://doi.org/10.14201/eks.31799

Ainscow, M. (2025). *Un giro inclusivo a la equidad*. Narcea Ediciones.

Amores-Valencia, A., Burgos, D., & Branch-Bedoya, J. W. (2023). The influence of augmented reality (AR) on the motivation of high school students. *Electronics, 12*, 4715. https://doi.org/10.3390/electronics12224715

Aygün, E. B., & Çelik, S. (2024). A Systematic review of augmented reality-supported flipped classrooms studies. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1-15. https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2358459

Blanca, M., Uriarte, A., Zatarain, R., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education, 145,* 1–9. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734

Bölek, K. A., De Jong, G., & Henssen, D. (2021). The effectiveness of the use of augmented reality in anatomy education: a systematic review and meta-analysis. *Scientific reports, 11*(1), 15292. https://doi.org/10.1038/s41598-021-94721-4

Bölek, K. A., De Jong, G., Van der Zee, C. E. E. M., van Cappellen, A. M., & Henssen, D. J. H. A. (2022). Mixed-methods exploration of students' motivation in using augmented reality in neuroanatomy education with prosected specimens. *Anatomical Sciences Education, 15*, 839-849. https://doi.org/10.1002/ase.2116

Bork, F., Stratmann, L., Enssle, S., Eck, U., Navab, N., Waschke, J., & Kugelmann, D. (2019). The benefits of an augmented reality magic mirror system for integrated radiology teaching in gross anatomy. *Anatomical Sciences Education, 12*(6), 585–598. https://doi.org/10.1002/ase.1864

Chen, C. H., Chou, Y. Y., & Huang, C. H. (2016). An augmented-reality-based concept map to support mobile learning for science. *The Asia-Pacific Education Researcher, 25*(4), 567–578. https://doi.org/10.1007/s40299-016-0284-3

Cheng, K. H. (2017). Reading an augmented reality book: an exploration of learners' cognitive load, motivation, and attitudes. *Australasian Journal of Educational Technology, 33*, 53–69. https://doi.org/10.14742/ajet.2820

Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H., & Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society, 17*(4), 352–365. http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.352

Ciloglu, T., & Ustun, A. B. (2023). The effects of mobile AR-based Biology learning experience on students' motivation, self-efficacy, and attitudes in online learning. *Journal of science education and technology, 32*(3), 309–337. https://doi.org/10.1007/s10956-023-10030-7

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry, 11*(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology, 53*, 109–132. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153

Erbas, C., & Demirer, V. (2019). The effects of augmented reality on students' academic achievement and motivation in a biology course. *Journal of Computer Assisted Learning, 35*, 450–458. https://doi.org/10.1111/jcal.12350

Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem-based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers and Education, 142*, 103635. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635

Flores-Bascuñana, M., Diago, P. D., Villena-Taranilla, R., & Yáñez, D. F. (2020). On augmented reality for the learning of 3D-geometric contents: A preliminary exploratory study with 6-grade primary students. *Education Sciences, 10*(1), 4. https://doi.org/10.3390/educsci10010004

Garzon, P., & Inga, E. (2023). Advancing primary education through active teaching methods and ICT for increasing knowledge. *Sustainability, 15*, 9551. https://doi.org/10.3390/su15129551

Henssen, D. J. H. A., van den Heuvel, L., De Jong, G., Vorstenbosch, M. A. T. M., van Cappellen van Walsum, A.-M., Van den Hurk, M. M., Kooloos, J. G. M., & Bartels, R. H. M. A. (2020). Neuroanatomy Learning: Augmented Reality vs. Cross-Sections. *Anatomical Sciences Education, 13*(3), 353–365. https://doi.org/10.1002/ase.1912

Higgins, J. P. T., Altman, D. G., Gotzsche, P. C., Juni, P., Moher, D., Oxman, A. D., Savović, J., Schulz, K. F., Weeks, L., Sterne, J. A. C., & Cochrane Bias Methods Group (2011). The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *British Medical Journal, 343*, d5928. https://doi.10.1136/bmj.d5928

Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *British Medical Journal*, 327, 557–560. https://doi.10.1136/bmj.327.7414.557

Ho, K. K. W., Ye, S., Chiu, D. K. W., & Sekiguchi, T. (2024). Digital transformation in remote learning and work—an externality of the COVID-19 pandemic. *IEEE Internet Computing, 28*(1), 10-17. https://doi.org/10.1109/MIC.2023.3332887

Hsieh, M. C. (2021). Development and application of an augmented reality oyster learning system for primary marine education. *Electronics, 10*, 2818. https://doi.org/10.3390/electronics10222818

Ke, F., & Hsu, Y. C. (2015). Mobile augmented-reality artifact creation as a component of mobile computer-supported collaborative learning. *The Internet and Higher Education, 26*, 33-41. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.04.003

Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C.M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status* (pp. 386–434). Routledge.

Keller, J. M. (2010). *Motivational design for learning and performance*. Springer.

Lai, A. F., Chih-Hung, C., & Gon-Yi, L. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology, 50*(1), 232–47. https://doi.org/10.1111/bjet.12716

Lampropoulos, G., & Kinshuk (2024). Virtual reality and gamification in education: a systematic review. *Educational Technology Research and Development, 72*, 1691-1785. https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3

Lin, H. C. K., Lin, Y. H., Wang, T. H., Su, L. K., & Huang, Y. M. (2021). Effects of incorporating augmented reality into a board game for high school students' learning motivation and acceptance in health education. *Sustainability*, 13(6), 3333. https://doi.org/10.3390/su13063333

Liu, Q., Ma, J., Yu, S., & Xu, S. (2023). Effects of an augmented reality-based chemistry experiential application on student knowledge gains, learning motivation, and technology perception. *Journal of Science Education and Technology, 32*, 153-167. https://doi.org/10.1007/s10956-022-10014-z

López-García, A., Miralles-Martínez, P., & Maquilón, J. (2019). Design, application and effectiveness of an innovative augmented reality teaching proposal through 3P model. *Applied Sciences, 9*(24), 5426. https://doi.org/10.3390/app9245426

Lytvynova, S. H., & Soroko, N. V. (2023). International in an educational environment with virtual and augmented reality. *Information Technologies and Learning Tools, 98*(6), 13–30. https://doi.org/10.33407/itlt.v98i6.5433

McBain, K. A., Habib, R., Laggis, G., Quaiattini, A., Ventura, N. M., & Noel, G. P. J. C. (2022). Scoping review: the use of augmented reality in clinical anatomical education and its assessment tools. *Anatomical Sciences Education, 15*(4), 765–796. https://doi.org/10.1002/ase.2155

Moreno-Guerrero, A. J., Alonso, S., Ramos, M., Campos-Soto, M. N., & Gómez, G. (2020). Augmented reality as a resource for improving learning in the physical education classroom. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*, 3637. https://doi.org/10.3390/ijerph17103637

Muñoz-Cristóbal, J. A., Jorrin-Abellán, I. M., Asensio-Pérez, J. I., Martínez-Mones, A., Prieto, L. P., & Dimitriadis, Y. (2015). Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments: A study in primary education. *Learning Technologies, IEEE Transactions on Learning, 8*(1), 83–97. https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2370634

Myung, S. K. (2023). How to review and assess a systematic review and meta-analysis article: a methodological study (secondary publication). *Journal of Educational Evaluation for Health Professions, 20*, 24. https://doi.org/10.3352/jeehp.2023.20.24

Osborne, M., & Mavers, S. (2019). Integrating augmented reality in training and industrial applications. *Eighth International Conference on Educational Innovation Through Technology*, *Biloxi, MS, USA, 2019* (pp. 142–146). https://doi.org/10.1109/EITT.2019.00035

Prieto, J. M. (2025). Revisión sistemática sobre aprendizaje colaborativo mediante realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta [Systematic review about collaborative learning in virtual reality, augmented reality and mixed reality]. *Teoría De La Educación. Revista Interuniversitaria, 37*(1), 151–186. https://doi.org/10.14201/teri.31921

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, Article n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pavlou, V., & Castro-Varela, A. (2024). E-Learning canvases: navigating the confluence of online arts education and sustainable pedagogies in teacher education. *Sustainability, 16*, 1741. https://doi.org/10.3390/su16051741

Phon, D. N. A. L. E., Rahman, M. H. A., Utama, N. I., Ali, M. B., Halim, N. D. A., & Kasim, S. (2019). The effect of augmented reality on spatial visualization ability of elementary school students. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 9*(2), 624-629. https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.5.4971

Redondo, B., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A., & Sánchez Ruiz, R. (2020). Integration of augmented reality in the teaching of English as a foreign language in early childhood education. *Early Childhood Education Journal, 48*(2), 147–155. https://doi.org/10.1007/s10643-019-00999-5

Rueda, A., Cruz, P. A., & Ramos, J. A. (2023). Applications of virtual and augmented reality technology to teaching and research in construction and its graphic expression. *Sustainability, 15*, 9628. https://doi.org/10.3390/su15129628

Sáez-López, J. M., Sevillano-García, M. L., & Pascual-Sevillano, M. A. (2019). Application of the ubiquitous game with augmented reality in primary education. *Comunicar, 27*(61), 66–76. https://doi.org/10.3916/C61-2019-06

Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of augmented reality technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers and Education, 144*, 103710. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710

Sánchez-Meca, J., & Ato, M. (1989). Tratado de psicología general I: historia, teoría y método. En Arnau y H. Carpintero (Eds.), *Meta-análisis: Una alternativa metodológica a las revisiones tradicionales de la investigación* (pp. 617–669). Alhambra.

Shakirova, N., Berechikidze, I., & Gafyatullina, E. (2024). The effects of immersive AR technology on the environmental literacy, intrinsic motivation, and cognitive load of high school students. *Education and Information Technologies, 29*, 9121–9138. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12144-2

Sijimol, C. G. (2024). Critical review on the impact of ICT among undergraduate students. *International Journal of Business Data Communications and Networking, 19*(1), 1–18. https://doi.org/10.4018/IJBDCN.341805

Simón-Sánchez, M. T., & Fernández-Sánchez, M. R. (2023). Emerging technologies for a digital education project: a systematic review on augmented reality and cultural-historical heritage. *Education in the Knowledge Society, 24*, e30613. https://doi.org/10.14201/eks.30613

Soriano-Sánchez, J. G., & Jiménez-Vázquez, D. J. (2023). The advantages of using augmented reality as a pedagogical teaching resource. *Revista Innova Educación, 5*(2), 7–28. https://doi.org/10.35622/j.rie.2023.02.001

Soriano-Sánchez, J. G., Pérez-Fuentes, M. C., Molero-Jurado, M. M., Gázquez, J. J., Tortosa, B. M., & González, A. (2020). Beneficios de las intervenciones basadas en la atención plena para el tratamiento de síntomas ansiosos en niños y adolescentes: Metaanálisis [Benefits of mindfulness-based symptoms for the treatment of anxious symptoms in children and adolescents: Meta-analysis]. *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud, 11*(1), 42-53. https://doi.org/10.23923/j.rips.2020.01.034

The Cochrane Collaboration (2014). *Review Manager (RevMan) [Computer program]. Version 5.3.5*. The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, Copenhagen. https://training.cochrane.org/online-learning/core-software

Triviño-Tarradas, P., Mohedo-Gatón, A., Hidalgo, R. E., Mesas-Carrascosa1, F. J., & Carranza-Cañadas, P. (2022). Preliminary results of the impact of 3D-visualization resources in the area of graphic expression on the motivation of university students. *Virtual Reality, 26*, 963–978. https://doi.org/10.1007/s10055-021-00606-2

Uriarte-Portillo, A., Blanca, M., Zatarain-Cabada, R., & González-Barrón, L. M. (2023). Comparison of using an augmented reality learning tool at home and in a classroom regarding motivation and learning outcomes. *Multimodal Technologies and Interaction, 7*, 23. https://doi.org/10.3390/mti7030023

Uriarte-Portillo, A., Zatarain-Cabada, R., Barrón-Estrada, M. L., Blanca, M., & González-Barrón, L. M. (2023b). Intelligent augmented reality for learning geometry. *Information, 14*, 245. https://doi.org/10.3390/info14040245

Wang, D., & Huang, X. (2025). Transforming education through artificial intelligence and immersive technologies: enhancing learning experiences. *Interactive Learning Environments*, *33*(7), 4546-4565. https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2465451

Wang, F., Zhang, Z., Li, L., & Long, S. (2024). Virtual reality and augmented reality in artistic expression: a comprehensive study of innovative technologies. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 15*(3), 2024. https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150365

Yu, S., Liu, Q., Ma, J., Le, H., & Ba, S. (2022). Applying augmented reality to enhance physics laboratory experience: Does learning anxiety matter? *Interactive Learning Environments, 31*(10), 6952–6967. https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2057547

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Artificial intelligence in primary education: systematic review (2000-2024)

La inteligencia artificial en educación primaria: una revisión sistemática (2000-2024)

Odiel Estrada-Molina[a(*)], Jose Luis Ruiz Zapatero[b], Pilar Rodrigo Lacueva[c], Jimmy Manuel Zambrano-Acosta[d], Leonardo Fabricio Chica Chica[e]

[a] *Universidad de Valladolid, Soria, España*
https://orcid.org/0000-0002-0918-418X odiel.estrada@uva.es
[b] *Universidad de Valladolid, Soria, España*
https://orcid.org/0000-0001-5229-2867 joseluis.ruiz.zapatero@uva.es
[c] *Universidad de Valladolid, Soria, España*
https://orcid.org/0009-0003-1778-3785 pilar.rodrigo@uva.es
[d] *Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador*
https://orcid.org/0000-0001-9620-1963 jimmy.zambrano@utm.edu.ec
[e] *Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador*
https://orcid.org/0000-0002-4060-2802 leonardo.chica@utm.edu.ec

ARTICLE INFO

Keywords
artificial intelligence, primary education, teacher education, state-of-the-art reviews.

ABSTRACT

The integration of artificial intelligence (AI) into primary education has gained significant attention due to its potential to transform teaching and learning. However, its implementation lacks a solid empirical foundation to validate its pedagogical benefits at this stage of education. Existing research remains limited, raising critical questions about how AI can be effectively and pedagogically integrated into primary education. In this context, the objective of this article is to analyze the current state of research on AI in primary education, identifying trends, challenges, and significant gaps in scientific literature. A systematic review of the literature published between 2000 and April 2024 was conducted in accordance with the PRISMA protocol. The review included 15 studies sourced from WoS, Scopus, and Dialnet databases, selected based on rigorous quality and relevance criteria. Data were analyzed using tools such as VOSViewer to explore methodological, pedagogical, and bibliometric dimensions. The findings reveal a limited body of academic work focused on areas such as AI literacy, curriculum design, and technological applications. However, most studies are descriptive and exploratory, lacking experimental research to assess the actual impact of AI on learning outcomes. This review underscores the urgent need for empirical studies and the promotion of collaboration among educators, researchers, and policymakers to develop inclusive, ethical, and evidence-based curricula. Such efforts are critical to fully harnessing the educational potential of AI in primary education.

Palabras clave
inteligencia artificial, educación primaria, formación docente, revisiones del estado del arte.

RESUMEN

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación primaria ha despertado un gran interés debido a su potencial para transformar la enseñanza y el aprendizaje. Sin embargo, su implementación carece de una base empírica sólida que valide sus beneficios pedagógicos en esta etapa educativa. La investigación existente sigue siendo limitada, lo que plantea interrogantes fundamentales sobre cómo integrar la IA de manera efectiva y pedagógica en la educación primaria. En este contexto, el objetivo de este artículo es analizar el estado actual de la investigación sobre la IA en la educación primaria, identificando tendencias, desafíos y vacíos significativos en la literatura científica. Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura publicada entre 2000 y abril de 2024, siguiendo el protocolo PRISMA. La revisión incluyó 15 estudios extraídos de las bases de datos WoS, Scopus y Dialnet, seleccionados según rigurosos criterios de calidad y relevancia. Los datos fueron analizados mediante herramientas como

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 24/11/2024. Revisado, 15/02/2025. Aceptado, 22/02/2025. Publicado, 31/12/2025.
e-ISSN: 2444-8729

VOSViewer para explorar dimensiones metodológicas, pedagógicas y bibliométricas. Los hallazgos revelan una producción académica limitada centrada en áreas como la alfabetización en IA, el diseño curricular y las aplicaciones tecnológicas. No obstante, la mayoría de los estudios son descriptivos y exploratorios, con una carencia de investigaciones experimentales que evalúen el impacto real de la IA en los resultados de aprendizaje. Esta revisión subraya la necesidad urgente de estudios empíricos y de la promoción de la colaboración entre educadores, investigadores y responsables de políticas para desarrollar currículos inclusivos, éticos y basados en evidencia. Dichos esfuerzos son fundamentales para aprovechar plenamente el potencial educativo de la IA en la educación primaria.

1. Introduction

Artificial intelligence (AI) has emerged as one of the most transformative technologies of the 21st century, impacting various sectors, including education. In primary education, AI offers the potential to reshape traditional teaching methods, providing personalized learning experiences, enhancing student engagement, and automating administrative tasks. The growing integration of AI in educational contexts underscores the importance of early exposure to AI literacy, enabling young students to develop a comprehensive understanding of how these technologies work. However, despite its increasing relevance, research into the practical applications of AI in primary education remains limited. Most studies have focused on higher education and secondary school settings, leaving a significant gap in empirical data regarding AI's efficacy at the elementary level.

As AI technologies continue to evolve, educational researchers and policymakers must critically examine how best to integrate AI into primary education curricula. The development of AI literacy programs tailored for younger learners is crucial, as it can foster computational thinking, creativity, and problem-solving skills from an early age. Additionally, teaching AI concepts to primary students may help reduce the digital divide, ensuring that all students are equipped with essential knowledge in a technology-driven world. However, challenges such as teacher preparedness, accessibility of AI tools, and ethical considerations surrounding data privacy and algorithmic bias must be addressed. This article presents a systematic review that explores the current state of AI implementation in primary education, analyzing existing studies to identify best practices and highlight key areas for future research.

Among the many definitions of AI, it is commonly understood as a combination of mathematical and computational algorithms designed to create systems with human-like capabilities (Russell & Norvig, 1994; Vicente-Yagüe-Jara et al., 2023). Within the educational context, AI has been applied to various emerging educational proposals (Bowen, 2024; Gavrilas et al., 2024; Sabzalieva & Valentini, 2023) for primary, secondary, and higher education (Ng et al., 2021, 2023)

Several theoretical studies have examined the application of AI in early education. An initial exploratory study (Su & Yang, 2022) highlighted the importance of integrating AI into early education, particularly in relation to key concepts and the efficient introduction of these concepts within the learning process. A similar analysis applies to primary education, where, according to Combéfis (2023), AI literacy should be fostered through the following activities: programming activities using App Inventor, learning about machine learning, game-based learning, computational thinking competitions, and workshops. In this context, Iris Heung (2023) proposed that, in the primary education context, designing an AI-centered curriculum should include basic concepts, technologies, applications, and social, ethical, and environmental implications. Therefore, factors such as digital leadership and literacy become indispensable (Cheng & Wang, 2023; Zhao et al., 2022) in collaborative curriculum design (Dai et al., 2023).

From the few published theoretical studies, three main lines of thought about literacy can be inferred: 1) to know and understand the basic techniques, concepts and tools of AI (Lin et al., 2021); 2) to use and apply AI to solve problems (Vazhayil et al., 2019); and 3) to evaluate and create AI to develop scientific and computational thought based on scientific research (Han et al., 2018).

In a general sense, promoting AI literacy in early education involves utilizing hardware-based learning devices such as robotics, sensors, and Arduino computers, as well as software for basic programming, AI systems like expert systems, automated learning, and chatbots, or even unplugged activities that do not require computers (Kaspersen et al., 2021). Additionally, diverse pedagogic approaches based on project-based learning and game activities (Kaspersen et al., 2021) are essential, along with the creation of educational content (Rodríguez-García et al., 2021). These studies explore and reflect on the use of AI in early education (elementary and primary), but they lack the empirical knowledge needed to confirm its effectiveness in educational settings.

1.1. Preliminary systematic review of the use of AI in primary education

During the search using the Web of Science (WoS), Scopus, Dialnet, and ERIC databases, as well as the Google Scholar search engine, only six studies were identified (Table 1) that describe, albeit superficially, the use of AI in primary education and, in a similar case, elementary education (Su et al., 2023).

Table 1. Localized Systematic Reviews

Article	Period	Analyzed articles	Databases
(Su et al., 2023)	2016-2022	16	WoS, EBSCO, IEEE, ACM, Scopus and Google Scholar
(Cao & Li, 2023)	Articles published before October 26th 2022	35	Scopus, EBSCO, WoS, ProQuest, PubMed y PsycINFO
(Martínez-Comesaña et al., 2023)	2010-2023	9	ACM Digital Library, Elsevier (ScienceDirect), IEEE Xplore Digital Library, Springer, Taylor and Francis, and Wiley Online Library
(Forero-Corba & Negre Bennasar, 2023)	2021-2023	55	WoS and Scopus
(Ojeda-Bazaran et al., 2021)	2016-2021	64	Scopus, WoS, IEEE Xplore, ACM Digital library, Springer Link and, ScienceDirect
(Kim, 2021)	No data	145	Research Foundation of South Korea

Source: Own elaboration (2024).

Interestingly, only one study focused on primary education (Kim, 2021), but it was only a local analysis (South Korea). The other articles analyze a few studies from this stage but focus more on elementary education (Su et al., 2023), secondary education (Martínez-Comesaña et al., 2023), and secondary education along with higher education (Forero-Corba & Negre Bennasar, 2023). Meanwhile, others conduct a comprehensive analysis of all education levels (Ojeda-Bazaran et al., 2021).

From the analyzed studies, the following conclusions are drawn:

- The paper by Su et al. (2023) is the first study related to AI in elementary education. Some key ideas include the following: 1) the use of AI tools and platforms such as PopBots, the Jibo robot, the Cozmo robot from Anki, Amazon's Alexa, and Google's teachable machine to foster the understanding of basic AI concepts in children; and 2) the importance of improving tools, educational methods, and training for teachers in AI literacy.
- The research undertaken by Cao & Li (2023) does not focus on AI because it analyzes educational technologies in a general sense from the perspective of digital wellness. It explores definitions, assessments, and interventions to guarantee balanced and healthy use of technologies. Research reveals the lack of consensus about the definition of digital wellness and the effective measurements used to assess it.
- On the other hand, Martínez-Comesaña et al. (2023) highlighted the use of natural language processing and neurological networks to improve academic performance. The study highlights the specific applications of AI in evaluating students in primary and secondary education, as well as the creation of learning activities using robots.
- Other studies, such as that from Forero-Corba & Negre Bennasar (2023), highlight the use of AI-based technologies to assess academic performance, diversify teaching practices, and integrate them into the curriculum. The authors emphasize the importance of AI literacy among teachers.
- A conference paper by Ojeda-Bazaran et al. (2021) provides general insights that could be further developed through detailed research. The authors state that the topics taught to children include educational robotics, block programming, theory workshops on AI, and machine learning code design. Furthermore, the primary teaching and learning methodologies are centered on project-based learning and research. The tools most commonly used are Scratch, Google Teachable, and LEGO.
- Finally, Kim (2021) carried out a generic analysis of digital literacy (including AI) within the South Korean context and justified educational policies. The documentation is scarce and local-only.

These reviews both measure the impact of AI in elementary and primary education. They highlight persistent challenges such as 1) accessibility and equality in the use of technology; 2) adaptability and personalization

of algorithms according to learning styles; 3) creating transparent policies to protect the personal information of the students; 4) designing ground-breaking teaching techniques; and 5) promoting techno-pedagogical and edu-communicative training for teachers. Confronting these challenges requires a collaborative approach among educators, researchers, technology developers, and policymakers to ensure that AI is used effectively and ethically to enhance primary education.

This preliminary literature review confirms that a systematic review analyzing the empirical experience of AI use in primary education has not yet been conducted.

1.2. Objectives and research questions

This study aimed to analyze, through a systematic review, studies related to AI in primary education, focusing on literacy, curriculum design, and the use of AI-based technologies. For this goal, the literature (2000-2/4/2024) available from WoS, Scopus, and Dialnet was reviewed.

Based on the identified objective and theoretical gaps, the following questions were formulated to be addressed.

Question 1: ¿What are the topics explored in educational research? It was answered through the bibliometric dimension (networks and their clusters via VOSviewer).

Question 2: What are the methodologies that were used (research and instruments), and what is their reach? It was answered through the methodological dimension.

Question 3: What are the main results of the research regarding the implementation of AI in primary education? It was answered through the pedagogical dimension.

2. Methodology

The current PRISMA statement and quantitative procedure (Page et al., 2021) were used to ensure the validity of the study (Hammersley, 2020).

2.1. Search string and strategies. Inclusion and exclusion criteria

Due to the limited scientific literature, articles were selected from peer-reviewed journals to ensure their quality and reliability. The search period ranged from 2000 to 2024, ending on April 2, 2024. The selection criteria allowed us to obtain articles from the last 23 years. Mendeley was used to obtain the articles, generate references, and delete duplicates.

The search protocol involved the use of Scopus, DialNet, and WoS (all their databases), considering the availability of more than 3000 journals across these databases.

The Boolean search centered around the string “artificial intelligence” OR “AI” yielded generic results; thus, it was necessary to select those that focused on AI. Afterward, the results were filtered according to the search string “Primary education” OR “elementary school” OR “grade school” OR “grammar school” to obtain the papers related to the study. The final search string was (“Artificial intelligence ” OR “Artificial intelligence literacy” OR “Artificial intelligence curricula” OR “technologies based on artificial intelligence”) AND (“Primary education” OR “elementary school” OR “grade school” OR ” OR “grammar school”), with the inclusion and exclusion criteria shown in Table 2.

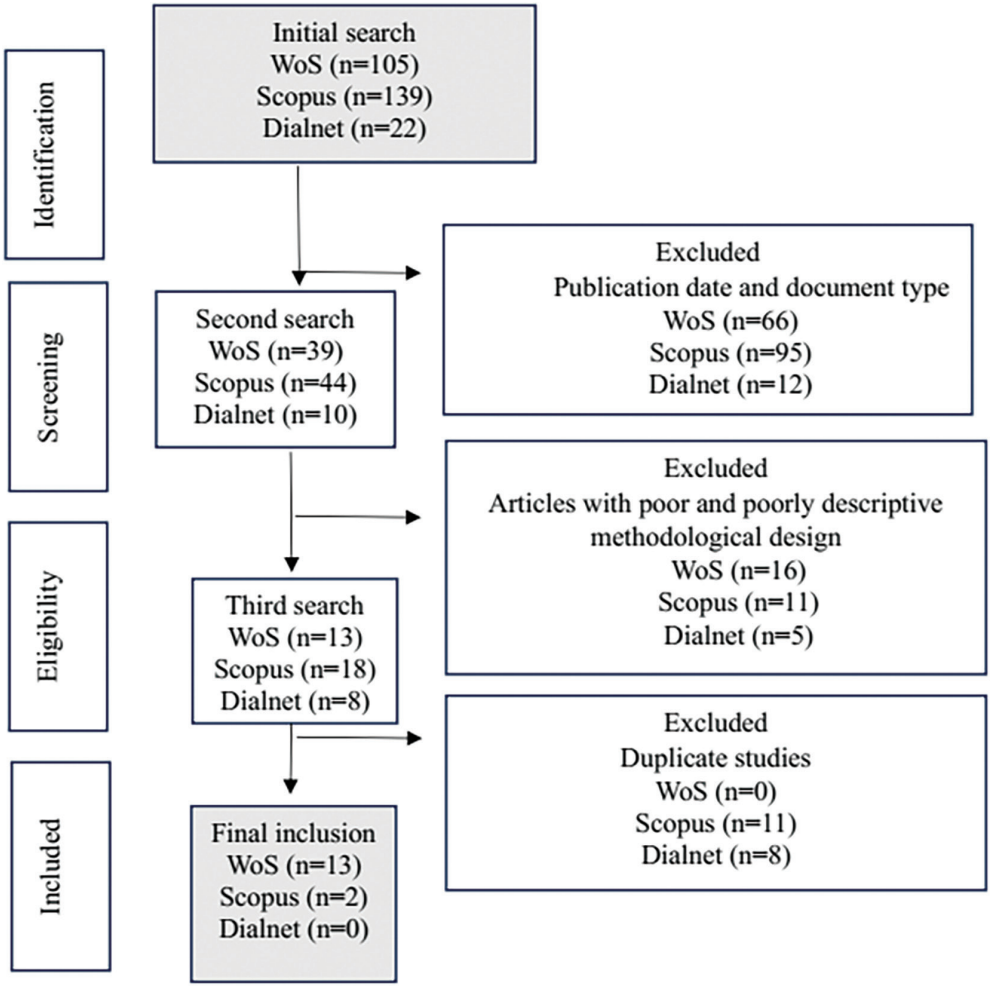
Table 2. Inclusion and exclusion criteria

Inclusion criteria	**Exclusion criteria**
• Scientific articles published on indexed journals on Scopus, Dialnet and WoS	• Conference reports, books, reports not peer-reviewed and with not enough information on the topic
• The studies must be related with AI in Primary education	• Articles that did not described the methodological design enough
• Published in English or Spanish	
• Publication period 2000-2024 the day the search began being April 2nd 2024	

2.2. Codification and Data Analysis

The research started with the objective and the research questions. The 15 articles resulting from the application of the PRISMA protocol (Figure 1) were analyzed using the comparative method proposed by Glaser (1965), which has been employed in similar systematic reviews (Ng et al., 2021). Each study was codified, and metadata (title, summary, keywords, main results, methodological design, and conclusions) were obtained and analyzed in depth (Table 3).

Figure 1. PRISMA diagram



Source: Own elaboration.

Table 3. Quality assessment criteria

Questions	Criteria
Q1	Is the study focused on Primary Education?
Q2	Is the research objective stated?
Q3	Are instruments applied? Are they validated?
Q4	Is the type of study determined?
Q5	Does the study contribute to Education or focus on computational aspects?
Q6	Are the results properly collected and analyzed?
Q7	Are the limitations of the study stated?
Q8	Are the pedagogical and educational implications declared?

Each researcher analyzed the articles separately and then compared their observations; if discrepancies arose, they were duly discussed and addressed. The kappa de Fleiss (0.89) coefficient was used to ensure reliability (Tang et al., 2015). The Fleiss kappa technique was preferred over Cohen's kappa since more than two evaluators participated. Table 4 presents the percentages obtained for each question in the selected studies, following the application of the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) protocol.

The different metadata were paired to facilitate examination in VoSViewer.

Table 4. Results of the quality assessment

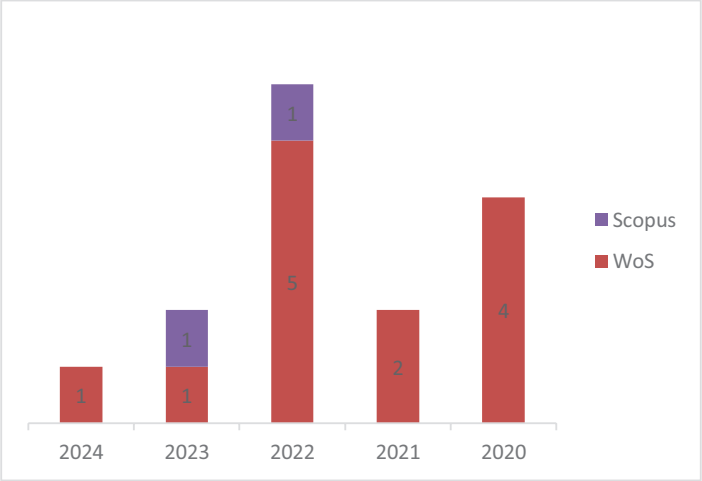
Study	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
(Dai et al., 2024)	0.89	0.97	0.95	0.96	0.97	0.93	0.90	0.91
(Dai et al., 2023)	0.89	0.94	0.95	0.95	0.96	0.93	0.92	0.91
(Masneri et al., 2023)	0.89	0.86	0.89	0.86	0.89	0.90	0.91	0.91
(Cheng & Wang, 2023)	0.86	0.87	0.86	0.85	0.86	0.85	0.85	0.89
(Huang, 2022)	0.86	0.87	0.86	0.84	0.86	0.86	0.85	0.87
(Pardamean et al., 2022)	0.90	0.91	0.86	0.92	0.95	0.86	0.87	0.89
(Shi & Rao, 2022)	0.86	0.95	0.89	0.87	0.86	0.89	0.86	0.90
(Zhao et al., 2022)	0.9	0.86	0.89	0.86	0.89	0.96	0.86	0.89
(Mertala et al., 2022)	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.84	0.86	0.87
(Kim, 2021)	0.95	0.86	0.89	0.90	0.91	0.93	0.90	0.91
(Miranda Veiga & Valente de Andrade, 2021)	0.89	0.86	0.87	0.91	0.87	0.86	0.86	0.86
(Sun-Ho et al., 2020)	0.90	0.86	0.86	0.86	0.9	0.86	0.86	0.9
(Jeon et al., 2020)	0.90	0.86	0.9	0.86	0.86	0.9	0.9	0.95
(Hyun, 2020)	0.88	0.86	0.91	0.95	0.86	0.9	0.86	0.86
(Dai et al., 2020)	00.95	0.86	0.88	0.86	0.86	0.95	0.86	0.88

3. Results

3.1. General bibliometric indicators

Low academic productivity is evident, as only 15 articles met the criteria (Figure 2). The countries (Figure 3) that stand out in this area are China (Dai et al., 2023, 2024; Huang, 2022; Shi & Rao, 2022; Zhao et al., 2022) and Australia (Cheng & Wang, 2023; Dai et al., 2023, 2024) and, to a lesser extent, Spain, Portugal, and Indonesia.

Figure 2. Academic publications—no duplicates—(n=15)



Source: Own elaboration.

Figure 3. Geographic Data



Source: Own elaboration.

3.2. Bibliometric dimension (Question 1)

Fifty-six keywords were identified; however, logical terms were excluded to avoid altering the networks, such as artificial intelligence, primary education, and students, resulting in a total of seven networks (Figure 4).

Figure 4. Secondary clusters

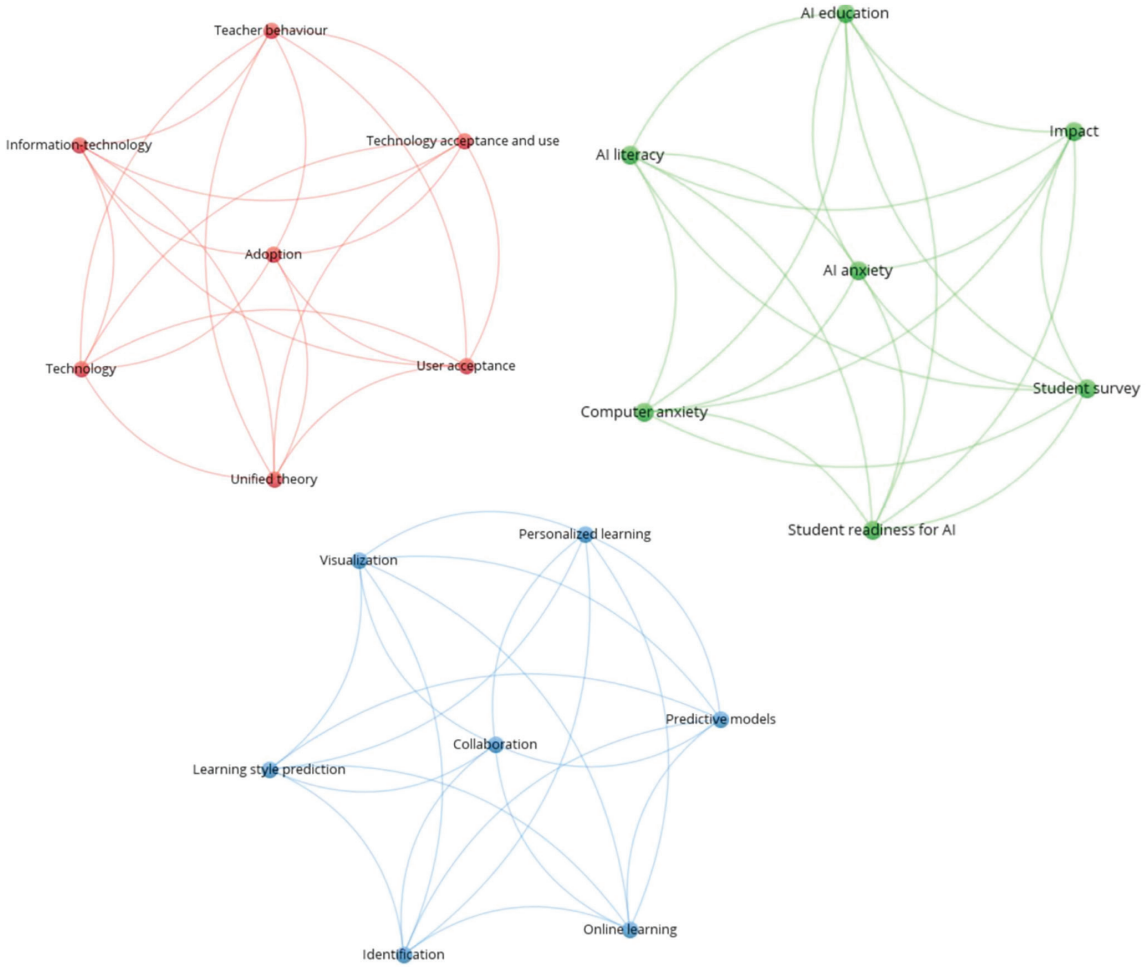


Source: Own elaboration.

The first cluster (red) highlights the importance of technological adoption and AI literacy (Miranda Veiga & Valente de Andrade, 2021; Zhao et al., 2022). Similarly, the second cluster (green) centers on AI literacy from the perspective of technological anxiety, which can hinder the learning experience (Dai et al., 2020). Moreover, the third cluster is related to the use of AI for prediction and for personalized learning. (Pardamean et al. 2022).

Regarding the fewer clusters (Figure 4) (yellow network, from left to right), the creation of an AI-based study plan is notable (Dai et al., 2023). Similarly, the curriculum (violet network) introduces the use of technological resources for curriculum assessment (Huang, 2022). The third network (orange) investigates AI literacy and its relationship to sustainability (Zhao et al., 2022), while the fourth network examines the development of educational resources for learning the fundamental concepts of AI and augmented reality (Masneri et al., 2023). Only one consistent network was detected by VoSViewer: the first network (color red, Figure 5). The regularity of this network stems from technology acceptance and literacy among both the teacher and student bodies (Dai et al., 2020; Huang, 2022; Miranda Veiga & Valente de Andrade, 2021; Shi & Rao, 2022; Zhao et al., 2022).

Figure 5. Main clusters



Source: Own elaboration.

3.3. Methodological dimension (Question 2)

The studies (Table 5) lack experimentation; thus, they are insufficient to confirm the pedagogical advantages of introducing AI in primary education. They are primarily descriptive (Dai et al., 2023; Hyun, 2020; Jeon et al., 2020; Masneri et al., 2023; Miranda Veiga & Valente de Andrade, 2021; Pardamean et al., 2022; Shi & Rao, 2022; Sun-Ho et al., 2020; Zhao et al., 2022) and exploratory (Cheng & Wang, 2023; Huang, 2022; Mertala et al., 2022). There is only one explanatory study (Dai et al., 2024), one review (Kim, 2021), and one ethnographic study (Dai et al., 2023).

Table 5. Methodological analysis of 15 studies

Study	Instruments	Main subject
(Dai et al. 2024)	Drawing test Assessment rates Focus group interviews	Understanding of complex AI concepts
(Dai et al. 2023)	Interviews and ethnographic observations	Collaborative curriculum development
(Masneri et al. 2023)	Questionnaire to teachers	Interoperable architecture design
(Cheng & Wang, 2023)	Questionnaire	Digital leadership
(Huang 2022)	Delphi method	Science education
(Pardamean et al. 2022)	Model's performance test. Learning performance Test t	Prediction of learning styles
(Shi & Rao, 2022)	Questionnaire	STEAM teaching system based on a back-propagation neural network model
(Zhao et al., 2022)	Survey	AI Literacy
(Mertala et al., 2022)	Survey	Students' conceptions in relation to AI
(Kim 2021)	Articles published in the South Korea Research Foundation Modeling technique	AI literacy
(Miranda Veiga & Valente de Andrade, 2021)	Model "Unified Theory of Acceptance and Use of Technology" (UTAUT) Questionnaire	AI Literacy
(Sun-Ho et al. 2020)	Surveys	Teaching English through chatbots
(Jeon et al., 2020)	Satisfaction surveys and analysis of teacher needs	AI training program for primary school teachers
(Hyun, 2020)	Survey to teachers	AI Literacy
(Dai et al. 2020)	Questionnaire	Measure students' readiness to learn about AI

3.4. Pedagogical dimension (Question 3)

The analysis of studies on the teaching of AI in primary education reveals several key trends and limitations in the current research. First, the importance of pedagogical approaches and AI literacy is highlighted. A notable example is the study by Dai et al. (2024), which demonstrated that using analogies to teach AI significantly enhances students' understanding compared with conventional methods. However, this study is limited in its representativeness, as it was conducted in a specific region of China, which may reduce the generalizability of the results. Additionally, while data were collected through tests and interviews, a more direct and continuous observation of learning dynamics could have provided a deeper understanding of how students interact with the material and grasp AI concepts.

Another study by Dai et al. (2023) focused on creating an AI curriculum in collaboration with universities and implementing it in a primary school in the metropolitan area of Beijing. Despite these efforts, the study does not assess the effectiveness of the curriculum and fails to analyze students' experiences with it, limiting its scope in terms of educational impact.

With respect to technological development and applications, the work of Masneri et al. (2023) is relevant, as they designed an interoperable architecture for augmented reality applications aimed at teachers. However, the lack of practical application in teaching makes it difficult to evaluate its educational impact. Similarly, Shi and Rao (2022) developed a teaching system with high accuracy in improving student performance, but the study is too brief to provide a thorough pedagogical analysis.

Teacher training and AI literacy are also key areas of research interest. Cheng and Wang (2023) emphasize that digital leadership is essential for successfully integrating AI in primary schools, based on a survey conducted with principals and teachers in Hong Kong. Zhao et al. (2022) emphasized the need to design AI training programs for teachers, highlighting their importance for practical application in classrooms. Studies such as those by Jeon et al. (2020) and Hyun (2020) focus on enhancing AI literacy among teachers through training programs. However, both primarily rely on descriptive analysis and participant opinions, with limited evaluation of training effectiveness.

In terms of student perceptions and understanding of AI, the study by Mertala et al. (2022) explored Finnish children's preconceptions about AI, revealing fascinating insights. However, the generalizability of the results is limited due to the small sample size.

Overall, several studies present everyday observations and limitations. For example, Huang (2022) employed the Delphi method to evaluate AI-based mobile applications in STEM classes; however, the study was more analytical than empirical in nature. Kim (2021) conducted a limited review of AI literacy in South Korean curricula, focusing on the relationship between technological literacy and AI literacy. Miranda Veiga and Valente de Andrade (2021) provide a comprehensive overview of teachers' acceptance of technologies, including AI, highlighting the need for increased investment in technology, training, and educational support. Sun-Ho et al. (2020) analyzed the use of AI chatbots in English-language learning, but their study was primarily descriptive and did not establish causal relationships.

In conclusion, while interest in AI education in primary schools is increasing, more robust empirical research is needed to validate the educational benefits and explore the practical applications of AI in teaching and learning environments. Most current research focuses on teacher training and curriculum design, with fewer studies directly assessing the impact of AI on student learning outcomes.

4. Discussion and conclusions

The objective was to analyze, through a systematic review, studies related to AI in primary education that focused on literacy, curriculum design, and the use of AI-based technology. In addressing the first research question, three possible trends can be identified, despite the low volume of academic production:

- *AI literacy* (Dai et al., 2020; Huang, 2022; Miranda Veiga & Valente de Andrade, 2021; Shi & Rao, 2022; Zhao et al., 2022) is a growing area of interest, which is consistent with recent systematic reviews (Su & Yang, 2022; Su et al., 2023). There is an increasing educational and political focus on training teachers in digital competencies to understand AI concepts and utilize technological tools to develop students' digital skills, critical and computational thinking, ethical education, and algorithmic problem-solving. However, there is a notable lack of guidance on how to effectively integrate AI into early education (Su & Yang, 2022).
- With respect to *curriculum development and the introduction of new technological resources* (Dai et al., 2023, 2024; Huang, 2022; Masneri et al., 2023; Sun-Ho et al., 2020), the limited research to date has not yet determined which content and competencies should be included in primary education curricula in relation to AI. This gap may be due to the cost of technologies, tools, and educational resources, as well as the theoretical and practical knowledge deficit among teachers and administrators concerning the opportunities presented by AI literacy and its relationship with digital and algorithmic skills in students. The few experiments conducted have focused on proposals such as introducing AI concepts, understanding binary numbers and pixels, and exploring automated reasoning related to algorithms (Dai et al., 2023; Lin et al., 2021).
- *Prediction and personalized learning* based on monitored learning models have been less frequently addressed (Bajaj & Sharma, 2018; Pardamean et al., 2022). To achieve this, various learning style indicators and models are used. Although the AI models demonstrate good computational performance, there is a lack of pedagogical experimentation, resulting in a lack of empirical evidence of their educational effectiveness.

In response to the second research question, the scarcity of experimental and mixed-method studies makes it difficult to generalize findings. This may be due to the novelty of AI in primary education, the need for teacher training, and the diverse technical skills and resources required for its implementation. Although exploratory and descriptive studies offer some insights into how AI can be applied in primary education, it is essential to conduct controlled and longitudinal experimental studies to evaluate its impact on learning accurately.

From a pedagogical perspective, as discussed in the third research question, the analysis suggests that AI literacy (for both teachers and students) has the potential to help develop critical and computational thinking, logical reasoning, digital skills, collaborative learning, creativity, and ethical awareness in primary students. However, the current research indicates that the full potential of AI in education has not yet been realized. Future research should focus on refining curriculum designs and developing comprehensive, longitudinal studies to explore the long-term impact of AI literacy on students' cognitive and ethical development.

The lack of pedagogical experience in this field can be attributed to several factors. AI is a relatively new and constantly evolving field, and many educators and education systems are still becoming familiar with its applications and integration into the school curriculum. AI-based teaching requires access to pertinent technologies, resources, and trained teachers, which are not yet universally available. Additionally, primary education systems often prioritize traditional skills, such as reading, writing, and mathematics, which means that AI cannot yet become a priority. The absence of specific professional training programs further limits its application in classrooms.

Despite these challenges, AI literacy is gaining recognition, and pedagogical experiences will likely increase alongside technological advancements. However, current educational experiences related to AI in primary education are scarce. The lack of experimentation, small sample sizes, and insufficient pedagogical analysis limit the generalization of findings and hamper the validity and applicability of results. Thus, this systematic review provides an exploratory overview of the current academic publications. Despite positive perceptions among students and teachers regarding the implementation of AI in the curriculum, it is essential to conduct more in-depth pedagogical analyses to assess its effectiveness.

4.1. Key Messages

Rising interest in AI literacy has led to increasing educational and political support for its incorporation into primary education, despite the scarcity of systematic reviews on the subject. While studies indicate positive perceptions among students, teachers, and administrators regarding the use of AI in primary education, there is a notable lack of empirical evidence validating its pedagogical impact. Current research suffers from methodological gaps, with most studies being descriptive or exploratory, underscoring the need for more rigorous, controlled, and longitudinal studies to evaluate the effectiveness of AI-based educational interventions. There is a pressing need to develop comprehensive AI-centered curricula that encompass basic AI concepts, applications, and the ethical, social, and environmental implications of AI, as efforts in this direction are currently minimal and inconsistent. The effective integration of AI in primary education requires digital leadership and extensive teacher training, with studies suggesting that teachers need both theoretical knowledge and practical skills in AI to incorporate it effectively into their teaching practices. AI-based educational tools, such as robots, programming platforms, and AI-driven learning applications, show potential for enhancing learning experiences; yet, their practical application in classrooms remains limited and under-researched. Furthermore, teaching students about the ethical use of AI and fostering responsible attitudes toward technology are essential, including understanding privacy concerns and the broader societal impact of AI.

4.2. Principal contributions

This systematic review of the literature from 2000 to April 2, 2024, examines studies on AI in primary education using databases such as Web of Science, Scopus, and Dialnet, and applies the PRISMA protocol for rigorous selection and analysis. Key research trends identified include AI literacy, curriculum development, and personalized learning models, with notable geographical contributions from countries such as China and Australia.

One of the primary contributions of this review is the identification of critical gaps in empirical research on AI literacy in primary education. While much of the existing literature explores AI's potential across various educational levels, this study highlights the lack of robust experimental designs specifically tailored to the primary education context. By focusing on this stage, the review sheds light on the unique needs and challenges that educators and students face, particularly in terms of teacher training and the development of age-appropriate AI curricula. Furthermore, the study stresses the importance of integrating AI literacy with broader educational goals, including creativity, ethical reasoning, and problem-solving. The findings provide a foundation for future research aimed at developing and implementing AI-based interventions that can enhance both teaching practices and student outcomes.

Using both qualitative and quantitative analysis methods, including tools such as VoSViewer, this research identifies key networks and clusters within the literature, offering a comprehensive overview of the field. It underscores the need for more empirical research, especially experimental studies, to better evaluate the educational impact of AI in primary settings. The current literature lacks sufficient studies that measure the effectiveness of AI interventions in these environments.

The findings also suggest that collaborative efforts between educators, researchers, policymakers, and technology developers are crucial for creating effective and ethical AI education strategies. These collaborations should address pressing issues such as accessibility, teacher training, and curriculum integration. Additionally, the review proposes future research directions, including the exploration of specific technologies and algorithms used in primary education, as well as expanding the search to other databases to corroborate and enhance the current findings.

4.3. Limitations and lines of research

This study examined the recent scientific literature available in WoS, Scopus, and Dialnet. However, it is recommended to expand the search to other databases such as ERIC, ACM Digital Library, and IEEE Xplore to locate additional studies that could corroborate or expand the findings. One key area for future research is the analysis of technologies and algorithms used in early childhood and primary education, which would help identify emerging trends and inform curriculum development.

Additionally, although expanding the analysis to include specific details about the courses, types of educational institutions, or student characteristics in the 15 studies examined would provide further insights, this was not the primary objective of the systematic review. The study was designed to analyze broader research trends, pedagogical applications, and methodological gaps in the integration of AI in primary education. Many of the selected studies did not provide detailed descriptions of these aspects, making it challenging to extract consistent and comparable data. Furthermore, variations in educational policies, institutional frameworks, and curricular designs across different countries introduce significant heterogeneity, which limits the generalizability of such an analysis. Future studies could address this gap by conducting meta-analyses or comparative research that systematically categorize and evaluate these variables more effectively better to understand their role in AI implementation in primary education.

The integration of artificial intelligence in primary education presents significant opportunities but also notable challenges. While AI literacy is increasingly recognized as a critical skill for future generations, the current state of research reveals gaps, particularly in empirical studies that assess the effectiveness of AI interventions in educational settings. This review highlights the need for more comprehensive research that not only explores AI's theoretical potential but also evaluates its practical application in classrooms. Key issues, such as teacher training, accessibility, and data privacy, must be addressed to ensure equitable and effective implementation of AI. As AI evolves, collaboration among policymakers, educators, and researchers will be essential in developing curricula that foster technical skills, critical thinking, creativity, and ethical awareness. Without adequate teacher training and well-designed curricula, the full benefits of AI in education will remain unrealized.

In future research, it will be essential to conduct action-based studies in classrooms that allow for a practical and concrete evaluation of how AI literacy proposals are implemented and what outcomes they generate, both in pedagogical and ethical terms. These studies would provide valuable insights into the real-world application of AI education, identifying best practices and potential challenges in different learning environments.

In summary, the successful integration of AI in primary education depends on creating a balanced curriculum and equipping educators with the necessary skills and knowledge. The collaboration of educational institutions, policymakers, and AI experts will be critical in ensuring that AI literacy becomes an integral part of primary education, preparing young learners for a future where technology plays an increasingly central role.

Authors' contribution

Odiel Estrada-Molina: Conceptualization, Data curation, Research, Methodology, Supervision, Validation, Visualization, Writing—original draft, Writing—review and editing.
Jose Luis Ruiz Zapatero: Conceptualization, Data curation, Research, Software, Supervision, Validation, Writing—original draft, Writing—review and editing.
Pilar Rodrigo Lacueva: Data curation, Research, Software, Validation, Writing—original draft, Writing—review and editing.
Jimmy Manuel Zambrano-Acosta: Data curation, Research, Validation, Writing—original draft, Writing—review and editing.
Leonardo Fabricio Chica Chica: Formal analysis, Research, Validation, Writing—original draft, Writing—review and editing.

Acknowledgments

This research is the result of the teaching innovation project *Enfoque interdisciplinar, tecno-pedagógico y fomento de la cultura de emprendimiento para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje* (2024-2025), conducted at the University of Valladolid and funded by the Centro de Enseñanza Online, Formación e Innovación Docente (VirtUVa) of the same institution.

References

Bajaj, R., & Sharma, V. (2018). Smart Education with artificial intelligence-based determination of learning styles. *Procedia Computer Science, 132*, 834–842. https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.095

Bowen, J. A. (2024). *Teaching with AI*. Johns Hopkins University Press. https://doi.org/10.56021/9781421449227

Cao, S., & Li, H. (2023). A Scoping Review of Digital Well-Being in Early Childhood: Definitions, Measurements, Contributors, and Interventions. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20*(4), 3510. https://doi.org/10.3390/ijerph20043510

Cheng, E. C. K., & Wang, T. (2023). Leading digital transformation and eliminating barriers for teachers to incorporate artificial intelligence in basic education in Hong Kong. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5*, 100171. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100171

Combéfis, S. (2023). Artificial Intelligence in Primary and Secondary Education: a Review of Educational Activities Development. In J.-P. Pellet & G. Parriaux (Eds.), *16th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, ISSEP 2023 Local Proceedings* (pp. 3–13). Alpen-Adria Universität Klagenfurt.

Dai, Y., Chai, C.-S., Lin, P.-Y., Jong, M. S.-Y., Guo, Y., & Qin, J. (2020). Promoting Students' Well-Being by Developing Their Readiness for the Artificial Intelligence Age. *Sustainability*, *12*(16), 6597. https://doi.org/10.3390/su12166597

Dai, Y., Lin, Z., Liu, A., Dai, D., & Wang, W. (2024). Effect of an Analogy-Based Approach of Artificial Intelligence Pedagogy in Upper Primary Schools. *Journal of Educational Computing Research*, *61*(8), 159–186. https://doi.org/10.1177/07356331231201342

Dai, Y., Liu, A., Qin, J., Guo, Y., Jong, M. S., Chai, C., & Lin, Z. (2023). Collaborative construction of artificial intelligence curriculum in primary schools. *Journal of Engineering Education*, *112*(1), 23–42. https://doi.org/10.1002/jee.20503

Forero-Corba, W., & Negre Bennasar, F. (2023). Técnicas y aplicaciones del Machine Learning e Inteligencia Artificial en educación: una revisión sistemática. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *27*(1), 209–253. https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37491

Gavrilas, L., Kotsis, K. T., & Papanikolaou, M.-S. (2024). Assessing teacher readiness for educational robotics integration in primary and preschool education. *Education 3-13*, 1–17. https://doi.org/10.1080/03004279.2023.2300699

Hammersley, M. (2020). Reflections on the Methodological Approach of Systematic Reviews. In O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond, & K. Buntins (Eds.), *Systematic Reviews in Educational Research* (pp. 23–39). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7

Han, X., Hu, F., Xiong, G., Liu, X., Gong, X., Niu, X., Shi, W., & Wang, X. (2018). Design of AI + Curriculum for Primary and Secondary Schools in Qingdao. *2018 Chinese Automation Congress (CAC)*, 4135–4140. IEEE https://doi.org/10.1109/CAC.2018.8623310

Huang, X. (2022). Application of artificial intelligence APP in quality evaluation of primary school science education. *Educational Studies*, *50*(6), 1215–1235. https://doi.org/10.1080/03055698.2022.2066462

Hyun, L. C. (2020). Analysis of Concerns in Artificial Intelligence Education for Elementary School Teachers. *Journal of Korean Practical Arts Education*, *26*(4), 1–20. https://doi.org/10.29113/skpaer.2020.26.4.001

Iris Heung, Y. (2023). Design of Artificial Intelligence (AI) Education for Primary Schools: Arts-based Approach. In A. Kaban & A. Stachowicz-Stanusch (Eds.), *Empowering Education: Exploring the Potential of Artificial Intelligence* (pp. 65–90). ISTES BOOKS.

Jeon, I.-S., Jun, S.-J., & Song, K.-S. (2020). Teacher Training Program and Analysis of Teacher's Demands to Strengthen Artificial Intelligence Education. *Journal of The Korean Association of Information Education*, *24*(4), 279–289. https://doi.org/10.14352/jkaie.2020.24.4.279

Kaspersen, M. H., Bilstrup, K.-E. K., & Petersen, M. G. (2021). The Machine Learning Machine: A Tangible User Interface for Teaching Machine Learning. *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 1–12. https://doi.org/10.1145/3430524.3440638

Kim, S. (2021). Research Trends in Elementary and Secondary School Artificial Intelligence Education Using Topic Modeling and Problems in Technology Education. *Korean Technology Education Association*, *21*(1), 106–124. https://doi.org/10.34138/KJTE.2021.21.1.106

Lin, P.-Y., Chai, C.-S., Jong, M. S.-Y., Dai, Y., Guo, Y., & Qin, J. (2021). Modeling the structural relationship among primary students' motivation to learn artificial intelligence. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*, 100006. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100006

Martínez-Comesaña, M., Rigueira-Díaz, X., Larrañaga-Janeiro, A., Martínez-Torres, J., Ocarranza-Prado, I., & Kreibel, D. (2023). Impact of artificial intelligence on assessment methods in primary and secondary education: Systematic literature review. *Revista de Psicodidáctica (English Ed.)*, *28*(2), 93–103. https://doi.org/10.1016/j.psicoe.2023.06.002

Masneri, S., Domínguez, A., Sanz, M., Zorrilla, M., Larrañaga, M., & Arruarte, A. (2023). cleAR: an interoperable architecture for multiuser AR-based school curricula. *Virtual Reality*, *27*(3), 1813–1825. https://doi.org/10.1007/s10055-023-00764-5

Mertala, P., Fagerlund, J., & Calderon, O. (2022). Finnish 5th and 6th grade students' prepre-instructional conceptions of artificial intelligence (AI) and their implications for AI literacy education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *3*, 100095. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100095

Miranda Veiga, F. J., & Valente de Andrade, A. M. (2021). Critical Success Factors in Accepting Technology in the Classroom. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, *16*(18), 4. https://doi.org/10.3991/ijet.v16i18.23159

Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., & Chu, S. K. W. (2023). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Education and Information Technologies*, *28*(7), 8445–8501. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*, 100041. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041

Ojeda-Bazaran, M.-J., Chamba-Eras, L., Coronel-Romero, E., Labanda-Jaramillo, M., Conde-Zhingre, L., Irene-Robalino, D., Fierro-Saltos, W., Orellana-Malla, A., Romero-Flores, M., Cueva-Alvarado, G., Chamba-Eras, I., & Erreyes-Pinzon, D. (2021). State of the Art of Teaching-Learning of Artificial Intelligence at Early Ages. *2021 XVI Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, (pp. 165–172). https://doi.org/10.1109/LACLO54177.2021.00024

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, Article n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pardamean, B., Suparyanto, T., Cenggoro, T. W., Sudigyo, D., & Anugrahana, A. (2022). AI-Based Learning Style Prediction in Online Learning for Primary Education. *IEEE Access*, *10*, 35725–35735. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3160177

Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M., & Robles, G. (2021). Evaluation of an Online Intervention to Teach Artificial Intelligence with LearningML to 10-16-Year-Old Students. *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, (pp. 177–183). ACM. https://doi.org/10.1145/3408877.3432393

Russell, S., & Norvig, P. (1994). *Artificial Intelligence. A Modern Approach* (Third Edition). Prentice Hall.

Sabzalieva, E., & Valentini, A. (2023). *ChatGPT and Artificial Intelligence in Higher Education*. UNESCO.

Shi, Y., & Rao, L. (2022). Construction of STEAM Graded Teaching System Using Backpropagation Neural Network Model under Ability Orientation. *Scientific Programming, 2022*(1), 7792943. https://doi.org/10.1155/2022/7792943

Su, J., Ng, D. T. K., & Chu, S. K. W. (2023). Artificial Intelligence (AI) Literacy in Early Childhood Education: The Challenges and Opportunities. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *4*, 100124. https://doi.org/10.1016/J.CAEAI.2023.100124

Su, J., & Yang, W. (2022). Artificial intelligence in early childhood education: A scoping review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 3*, 100049. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100049

Sun-Ho, H., No, G., Yoon Tecnam, Sak, L., Eun-Jin, O., Choi, S.-K., & Oh-Woog, K. (2020). The Necessity of Using Dialog-Based Technology in Elementary English Education. *Korean Journal of Elementary Education*, *31*, 173–186.

Tang, W., Hu, J., Zhang, H., Wu, P., & He, H. (2015). Kappa coefficient: a popular measure of rater agreement. *Shanghai Archives of Psychiatry*, *27*(1), 62–67.

Vazhayil, A., Shetty, R., Bhavani, R. R., & Akshay, N. (2019). Focusing on Teacher Education to Introduce AI in Schools: Perspectives and Illustrative Findings. *2019 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education (T4E)*, 71–77. https://doi.org/10.1109/T4E.2019.00021

Vicente-Yagüe-Jara, M. I., López-Martínez, O., Navarro-Navarro, V., & Cuéllar-Santiago, F. (2023). Writing, creativity, and artificial intelligence. ChatGPT in the university context. *Comunicar*, *31*(77). https://doi.org/10.3916/C77-2023-04

Zhao, L., Wu, X., & Luo, H. (2022). Developing AI Literacy for Primary and Middle School Teachers in China: Based on a Structural Equation Modeling Analysis. *Sustainability*, *14*(21), 14549. https://doi.org/10.3390/su142114549

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Predicting university dropout using machine learning: Applications based on multidisciplinary databases

Prediciendo el abandono universitario utilizando técnicas de aprendizaje automático: Aplicaciones sobre bases de datos multidisciplinarias

Mauricio Barramuño-Medina[a], Pablo Valdés-Badilla[b], José Luis Saavedra-Lucero[c], Germán Gálvez-García[d], Relmu Gedda-Muñoz[e(*)]

[a] *Kinesiology program, Faculty of Health Sciences, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile,*
https://orcid.org/0000-0002-0961-2869 mauricio.barramuno@uautonoma.cl
[b] *Department of Physical Activity Sciences, Faculty of Education Science, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile; and Sport Trainer program, School of Education, Universidad Viña del Mar, Viña del Mar, Chile*
https://orcid.org/0000-0002-3948-8280 pvaldes@ucm.cl
[c] *Academic Vice-rectory, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile*
https://orcid.org/0000-0001-8120-7510 jose.saavedra@uautonoma.cl
[d] *Departamento de Psicología Experimental, Psicobiología y Metodología de Ciencias del Comportamiento, Universidad de Salamanca, Salamanca, España; and Departamento de Psicología, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile*
https://orcid.org/0000-0001-7390-4180 germangalvezgarcia@usal.es
[e] *Sociology Department, Universitat Autonoma de Barcelona, Bellaterra 08193, Barcelona, España; and Academic Vice-rectory, Universidad Autónoma de Chile, Chile*
https://orcid.org/0000-0002-9747-3220 relmu.gedda@uautonoma.cl

ARTICLE INFO

Keywords
student dropout; students; higher education; prediction, machine learning; data mining.

ABSTRACT

Student dropout constitutes a challenge for higher education institutions due to, among other reasons, the diversity of students' social, educational, and economic backgrounds, as well as the disciplines and academic degrees in which they enrol, resulting in a wide variability in educational trajectories. The study aimed to develop a predictive model of university dropout among students enrolled in various programs, utilising machine learning. An online questionnaire and academic records were used to obtain ten variables previously identified as relevant to the studied phenomenon, and classifiers were trained through supervised machine learning procedures. The sample consisted of 946 students from seven different academic disciplines at a university in Chile. The primary outcomes indicate that a model based on the RUSboosted Trees classifier presented the best performance in predicting dropout in higher education, successfully recognising 90% of dropout students. Several previous studies have predicted student dropout using machine learning, but typically on samples of students belonging to the same programmes. This study presents a predictive model that identifies future dropouts even under multidisciplinary conditions within their original programmes.

Palabras clave
deserción estudiantil; estudiantes; educación superior; predicción; aprendizaje automático; minería de datos.

RESUMEN

La deserción estudiantil constituye un desafío para las instituciones de Educación Superior debido, entre otras razones, a la diversidad de los estudiantes en cuanto a su origen social, educativo y económico, así como a las disciplinas y grados académicos en los que se matriculan, produciendo una amplia variabilidad en las trayectorias educativas. El objetivo de este estudio fue desarrollar un modelo predictivo para el abandono universitario en estudiantes pertenecientes a diferentes titulaciones, basado en machine learning. Se utilizaron un cuestionario *online* y los expedientes académicos del estudiantado para obtener diez variables previamente identificadas como relevantes para el fenómeno estudiado y se entrenaron clasificadores mediante procedimientos de

(*) Corresponding author / Autor de correspondencia.

Recibido, 08/10/2023. Revisado, 31/03/2024. Aceptado, 06/08/2024. Publicado, 19/12/2025.
e-ISSN: 2444-8729

aprendizaje automático supervisado. La muestra incluyó 946 estudiantes pertenecientes a siete áreas de conocimiento en una universidad de Chile. Los principales resultados indican que un modelo basado en el clasificador RUSboosted Trees presentó el mejor desempeño para la predicción de la deserción en Educación Superior, reconociendo exitosamente al 90% de las y los estudiantes desertores. Varios estudios previos han enfrentado la tarea de proporcionar herramientas para la predicción de la deserción estudiantil utilizando aprendizaje automático, pero generalmente sobre muestras de estudiantes pertenecientes a las mismas titulaciones o áreas del conocimiento. Este estudio proporciona un modelo predictivo que identifica a los futuros estudiantes desertores, incluso en condiciones de multidisciplinariedad dentro de sus programas de origen.

1. INTRODUCTION

Higher education (HE) systems worldwide have experienced a progressive increase in enrolment, diversification of institutions, transformation of their structures, as well as a series of pedagogical and curricular adjustments to adapt to a highly dynamic environment (OECD, 2020, 2023). In Chile, HE has faced a similar situation in recent years, with the variability of university entrance profiles presenting the most significant challenges for institutions (Gedda-Muñoz & Carrasco-Bahamonde, 2023; Santelices et al., 2021; Teixeira et al., 2017). With the increase in coverage and access to HE, associated phenomena have emerged that require evaluation, such as student dropout and the implementation of strategies to prevent HE students from dropping out (Aulck & West, 2017; Braxton, 2019; Gedda-Muñoz & Villagrán, 2020; Larroucau, 2016).

Dropout in HE refers to the process of leaving a study program prematurely, voluntarily, or forcibly, which prevents the student from obtaining a degree (Braxton, 2019; Tinto, 1975, 2022), considering a lapse of at least three years to rule out the possibility of the student returning to HE (SIES, 2019).

University dropout entails family and social costs that justify the adoption of public and institutional policies aimed at reducing abandonment rates and increasing students' graduation prospects. Tinto (1975, 2022) is one of the scholars who initially contributed to understanding student attrition, conceptualising it as a process of abandonment influenced by internal and external circumstances. Moreover, other studies have meticulously examined university dropout to comprehend and address this phenomenon (Aulck & West, 2017; Braxton, 2019; Donoso & Schiefelbein, 2007; Himmel, 2002). Analysing the different approaches to dropout, three groups of explanatory factors emerge: sociodemographic, individual, and institutional. Sociodemographic factors, such as students' family socioeconomic status, country of origin, residential area (urban or rural), and parental education level, have been described in previous research (Barramuño et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kuz & Morales, 2023; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Siri, 2015). Concerning individual factors, gender and age, students' high school academic backgrounds, and scores on university admission tests, as well as university academic performance measured by grade point average, credits, or passed and failed courses, have been identified (Abu-Oda & El-Halees, 2015; Barramuño et al., 2022; Berens et al., 2018; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kemper et al., 2020; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Siri, 2015). Additionally, factors related to student engagement, academic self-concept, motivation, and study habits have been explored (Cancino-Marchant et al., 2022; Christou et al., 2023; Eegdeman, Cornelisz, van Klaveren et al., 2022; Gedda-Muñoz & Villagrán, 2020; Palacios et al., 2021; Parra-Sánchez et al., 2023).

Regarding institutional factors, previous studies on university dropout have primarily described variables such as funding modalities available to students, including scholarships or loans, the existence of special access, levelling, or academic support programs, degree duration, and curriculum completion requirements, among others (Barramuño et al., 2022; Beer & Lawson, 2016; Christou et al., 2023; Heredia et al., 2015; Himmel, 2002; Kemper et al., 2020; Kuz & Morales, 2023; Larroucau, 2016; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Santelices et al., 2021; Siri, 2015). However, it is important to note that none of these factors, whether sociodemographic, individual, or institutional, operate in isolation. Various pieces of evidence indicate the influence and interaction among these different levels, highlighting the complexity and interdependence of students' educational trajectories (Bourdieu & Passeron, 2019; Reay, 2004, 2022; Soto-Hernández, 2016). Research on university dropout has sought to provide evidence to reduce educational attrition and promote successful educational trajectories, as individuals who do not complete their studies diminish their social mobility prospects and miss out on acquiring key competencies for future employability (Kuz & Morales, 2023; Larroucau, 2016), leading to negative social and economic impacts for governments, HE institutions, and students' families (Aulck & West, 2017; Beer & Lawson, 2016).

Furthermore, studies employing machine learning to predict student attrition dynamics have highlighted Decision Tree (Abu-Oda & El-Halees, 2015; Barramuño et al., 2022; Christou et al., 2023; Kemper et al., 2020; Kuz & Morales, 2023; Limsathitwong et al., 2018; Miranda & Guzmán, 2017; Ortiz-Lozano et al., 2018; Palacios

et al., 2021; Sani et al., 2020; Wan Yaacob et al., 2020), Artificial Neural Networks (Kuz & Morales, 2023; Miranda & Guzmán, 2017; Sani et al., 2020; Siri, 2015; Wan Yaacob et al., 2020), Support Vector Machine (Christou et al., 2023; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Liang et al., 2016; Palacios et al., 2021) and K-Nearest Neighbour (Barramuño et al., 2022; Palacios et al., 2021; Wan Yaacob et al., 2020) as the most commonly used classifiers with higher effectiveness rates (Fahd et al., 2021; Parra-Sánchez et al., 2023). They have also reported that variables related to students' academic performance, assessed by grade point average and semester grades, as well as the number of failed courses or exams, exhibit greater predictive capacity than other sociodemographic (socioeconomic status, parental education level) and institutional variables (funding type, special access and academic support programs). In this regard, academic performance, measured by students' grades, contributes to greater predictive capacity as it reflects the outcome of multiple interacting factors, including personal, relational, social, and institutional factors (Garbanzo Vargas, 2012; Zwick, 2012).

In Chile, public policies have promoted student retention in HE, which has made it possible to implement accompaniment strategies that foster the permanence of students in the educational system (Aljohani, 2016; Pitman et al., 2014). Although various actions and programs that aim at reducing dropouts have been introduced, the outcomes are far from significant: only 3% in the last ten years for Chilean first-year HE students (SIES, 2023). The first-year dropout rate for Chilean university students is around 20% (SIES, 2023), a percentage that increases to 31% in the second year of study (CNED, 2022) and reaches levels between 36% and 46% at the end of the third year (Himmel, 2002; OFD-CIAE, 2021). These facts reflect the need to propose new information strategies and remedial programs to help reduce dropout rates among university students.

The inclusion of new technologies, especially the use of strategies based on computational tools such as machine learning, has emerged, which is used for the recognition of information patterns using large databases, aiming to generate predictive models (Cuji Chacha et al., 2020; Dutt, 2015; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kuz & Morales, 2023), allowing the identification of risk factors, which serve as input to undertake anticipatory actions. In addition, these databases are constantly updated, which provides validity and reliability to the information, making institutional data repositories beneficial sources for models based on machine learning. Previous studies using machine learning have reported predictive models of university dropout with accuracy levels ranging from 70% to 98% (Parra-Sánchez et al., 2023; Sani et al., 2020). These results vary depending on the type of classifier, the procedures employed, and the variables used. On the other hand, the predictive models proposed by previous studies have the limitation of having homogeneous samples, i.e., set in degrees belonging to the same area of knowledge, such as computer science and informatics (Abu-Oda & El-Halees, 2015; Limsathitwong et al., 2018; Wan Yaacob et al., 2020), engineering (Miranda & Guzmán, 2017; Ortiz-Lozano et al., 2018), applied sciences (Berens et al., 2018), or health sciences (Barramuño et al., 2022; Siri, 2015). Data homogeneity hinders the transferability of models to other programs or institutions, as it is uncertain whether the results obtained in an engineering degree can be reliably extrapolated to architecture or design.

On the other hand, the studies carried out present the accuracy or precision of their models as an indicator of quality and predictive capability, but only sometimes emphasise other equally essential measures such as F-score or sensitivity (Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022). To interpret the effectiveness of a predictive model, special attention must be paid to the nature of the phenomenon being explained and to the metrics that best achieve this task.

In this context, proposing predictive models that are representative and applicable to students from different degrees and faculties could be an opportunity for academics and management staff to make more accurate and contextualised decisions about students, helping them in their curricular progress and educational trajectory. The following study questions were raised: (i) What is the most effective machine learning classifier for identifying higher education students at risk of dropout using multidisciplinary databases? Once the classifier is identified, it could be established: (ii) What is the most effective specific predictive model for identifying higher education students at risk of dropout using multidisciplinary databases? Accordingly, this study aims to develop a multidisciplinary predictive model of dropout risk among higher education students using machine learning.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Participants

The sample was selected under an accidental nonprobability criterion and initially consisted of 1,374 students (73.9% female and 26.1% male) from a private university in Chile. An accidental non-probabilistic

criterion was chosen because there was a need to complement existing databases. Although the students' university academic records were available, it was recognised that certain variables relevant to the dropout phenomenon, such as the educational level of the mother and father, were absent. Consequently, a voluntary survey was conducted among students. Subsequently, upon merging both datasets (university academic records and the survey data), following inclusion criteria were applied: (i) being 18 years old or older without distinction of gender; (ii) being a regular student with an active enrolment, along with the following exclusion criteria: (i) students in the graduation process; and (ii) students who answered the instrument partly. Finally, after data processing and filtering, the sample consisted of 946 students (700 females and 246 males) with a mean age of 23.2 ±3.2 years. In Tables 2 and 3, you can find sample characterisation.

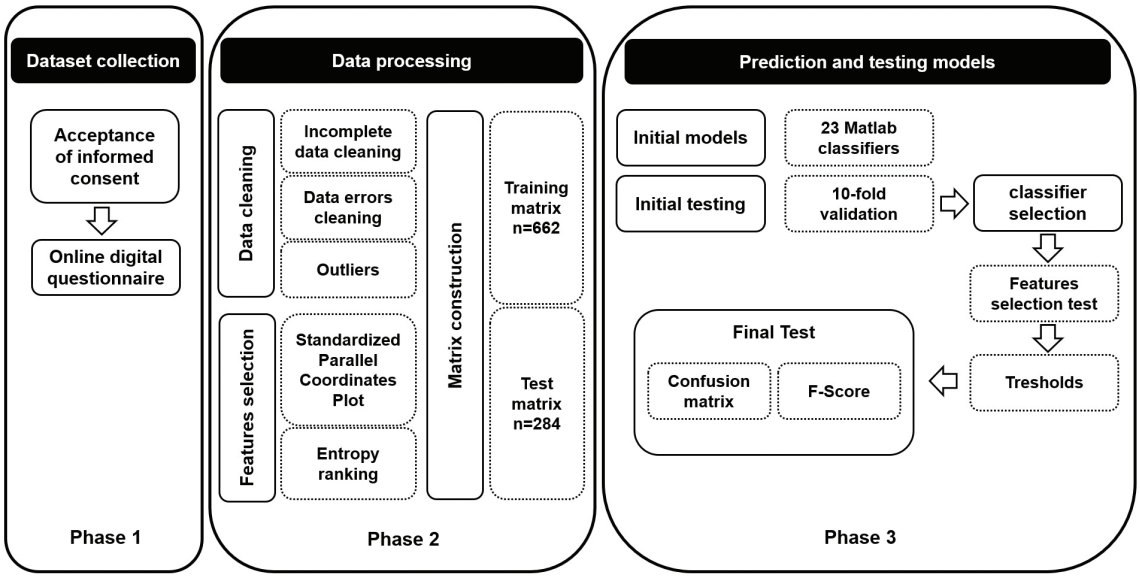
The assessed students were informed of the study's aim, scope, and implications, and provided informed consent that authorises the use of the information for scientific purposes. The research protocol was developed in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the Scientific Ethical Committee (n°120-18) of the Universidad Autónoma de Chile.

2.2. Dataset collection

The dataset collection process consisted of a voluntary and self-administered online questionnaire, along with explicit informed consent, and the capture of academic and sociodemographic information from the academic records databases.

The stages involved in performing the collection, data processing, analysis, prediction, and testing of models are illustrated in Figure 1.

Figure 1. Stages of data collection and processing procedures, analysis, prediction and testing models.



2.3. Variables used in the study

The variable selection was based on the literature review findings, paying particular attention to ensure that they were similar to those recorded in the universities' administrative databases, following the recommendations of studies employing machine learning in the university context (Berens et al., 2018; Fahd et al., 2021; Kemper et al., 2020; Kuz & Morales, 2023; Parra-Sánchez et al., 2023)—this proposal aimed to develop a predictive model using machine learning that other institutions could utilise. The highlighted variables were the mother's educational level, father's educational level, age, gender, school origin, years to initiate HE (after secondary school), financing type, number of subjects failed, grade point average, and number of subjects enrolled per year.

The variables regarding the educational level of the mother and father were obtained through the online questionnaire, while the age, gender, type of school, years to enter university, tuition financing type, number of

subjects failed, grade point average, number of subjects enrolled per year, and student dropout variables were obtained from the university. The academic record is compiled from information gathered during the diagnostic and induction processes at the beginning of the first year of study (entrance to the university). It is periodically complemented according to the curricular and academic progress of the students. In Table 1 are the variables used in this study, along with previous research that has recommended their use.

Table 1. Variables used in this study and in previous research.

Variable	Previous studies
Grade point average	(Abu-Oda & El-Halees, 2015; Barramuño et al., 2022; Berens et al., 2018; Christou et al., 2023; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kemper et al., 2020; Kuz & Morales, 2023; Limsathitwong et al., 2018; Miranda & Guzmán, 2017; Ortiz-Lozano et al., 2018; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Siri, 2015; Wan Yaacob et al., 2020)
Gender	(Abu-Oda & El-Halees, 2015; Barramuño et al., 2022; Berens et al., 2018; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kemper et al., 2020; Kuz & Morales, 2023; Ortiz-Lozano et al., 2018; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Siri, 2015; Wan Yaacob et al., 2020)
Age	(Barramuño et al., 2022; Berens et al., 2018; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kemper et al., 2020; Kuz & Morales, 2023; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Siri, 2015)
Tuition funding	(Barramuño et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kuz & Morales, 2023; Miranda & Guzmán, 2017; Sani et al., 2020; Siri, 2015)
Number of subjects failed	(Barramuño et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kemper et al., 2020; Palacios et al., 2021)
Mother's education level	(Barramuño et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kuz & Morales, 2023; Siri, 2015)
Father's education level	(Barramuño et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kuz & Morales, 2023; Siri, 2015)
Secondary School	(Barramuño et al., 2022; Miranda & Guzmán, 2017; Ortiz-Lozano et al., 2018; Palacios et al., 2021)
Number of subjects enrolled per year	(Abu-Oda & El-Halees, 2015; Barramuño et al., 2022; Heredia et al., 2015)
Years to university entrance	(Berens et al., 2018; Christou et al., 2023; Miranda & Guzmán, 2017)

To estimate student dropout, students enrolled in the same academic period as those participating in this study and who did not enrol again in the following year were used as a parameter, excluding those who had begun their graduation process.

Below is a characterisation of the study variables according to the faculty to which the students belong. Table 2 shows the percentage distribution of the categorical variables. Table 3 shows the mean and standard deviation of the numerical variables, differentiated by academic status.

Table 2. Characterisation of the sample on categorical variables.

Variable	Category	% ARC[a] (n=21)	% BA (n=84)	% EDU (n=102)	% ENG (n=60)	% HEA (n=448)	% LAW (n=53)	% SOC (n=178)	Overall (n=946)
Academic status	Dropouts (n=36)	19.0	4.8	1.0	3.3	4.7	1.9	1.7	3.8
	No dropouts (n=910)	81.0	95.2	99.0	96.7	95.3	98.1	98.3	96.2
Gender	Female (n=700)	38.1	64.3	75.5	40.0	83.9	62.3	71.9	74.0
	Male (n=246)	61.9	35.7	24.5	60.0	16.1	37.7	28.1	26.0
Mother's educational level	Up to complete high school (n=589)	81.0	66.7	82.4	65.0	56.7	47.1	64.1	62.3
	Up to technical degree (n=216)	14.3	20.2	8.8	21.7	25.9	32.0	23.1	22.8
	Up to complete university degree (n=128)	4.8	11.9	8.8	10.0	15.6	18.9	12.3	13.5
	Postgraduate (n=8)	-	-	-	1.7	1.1	1.9	0.6	0.8

(*continued*)

Table 2. Characterisation of the sample on categorical variables. (*continued*)

Variable	Category	% ARC[a] (n=21)	% BA (n=84)	% EDU (n=102)	% ENG (n=60)	% HEA (n=448)	% LAW (n=53)	% SOC (n=178)	Overall (n=946)
Father's educational level	Up to complete high school (n=547)	85.8	63.0	76.4	55.0	51.4	49.1	61.3	57.8
	Up to technical degree (n=178)	9.5	19.1	11.8	18.3	22.1	17.0	16.3	18.8
	Up to complete university degree (n=144)	4.8	10.7	5.9	11.7	18.6	26.4	13.5	15.2
	Postgraduate (n=17)	-	-	1.0	3.3	1.8	1.9	2.8	1.8
Type of school	Public (n=252)	42.9	21.4	42.2	25.0	22.8	34.0	26.4	26.6
	Charter (n=663)	57.1	77.4	56.9	71.7	72.3	64.2	71.3	70.1
	Private (n=24)	-	1.2	-	1.7	4.0	1.9	1.7	2.5
	Delegated administration (n=7)	-	-	1.0	1.7	0.9	-	0.6	0.7
Tuition funding type	No gratuity (n=280)	14.3	20.2	20.6	15.0	39.1	17.0	25.4	29.5
	With gratuity (n=666)	85.7	79.8	79.4	85.0	60.9	83.0	74.6	70.5

[a] ARC= Architecture, Construction and Environment; BA= Business and administration; EDU= Education; ENG= Engineering; HEA= Health Sciences; LAW=Law; SOC= Social Sciences and Humanities.

Table 3. Characterisation of the sample on numeric variables.

Variable	Category	ARC[a] (n=21)	BA (n=84)	EDU (n=102)	ENG (n=60)	HEA (n=448)	LAW (n=53)	SOC (n=178)	Overall Mean	Overall Sd
Age (years)	Dropout (n=36)	26.5	23.0	24.0	25.5	24.6	22.0	22.7	24.4	3.0
	No-dropout (n=910)	22.2	22.3	24.0	21.7	23.4	23.1	22.9	23.1	3.2
Years to initiate higher education	Dropout (n=36)	1.8	2.8	3.0	3.5	3.0	2.0	1.3	2.7	1.8
	No-dropout (n=910)	2.1	2.3	3.4	2.1	2.8	2.7	2.8	2.7	2.6
Number of subjects enrolled per year	Dropout (n=36)	8.8	9.3	11.0	10.0	7.6	12.0	9.7	8.6	2.7
	No-dropout (n=910)	11.7	11.1	11.8	9.9	9.2	10.9	10.3	10.1	3.4
Number of subjects failed	Dropout (n=36)	4.5	5.0	1.0	2.5	1.6	2.0	1.3	2.4	2.6
	No-dropout (n=910)	1.2	0.7	0.4	1.4	0.3	0.8	0.2	0.5	1.1
Grade point average [b]	Dropout (n=36)	3.3	3.1	4.6	4.5	4.3	4.0	3.9	4.0	1.2
	No-dropout (n=910)	5.0	5.1	5.7	4.6	5.4	5.1	5.6	5.4	0.7

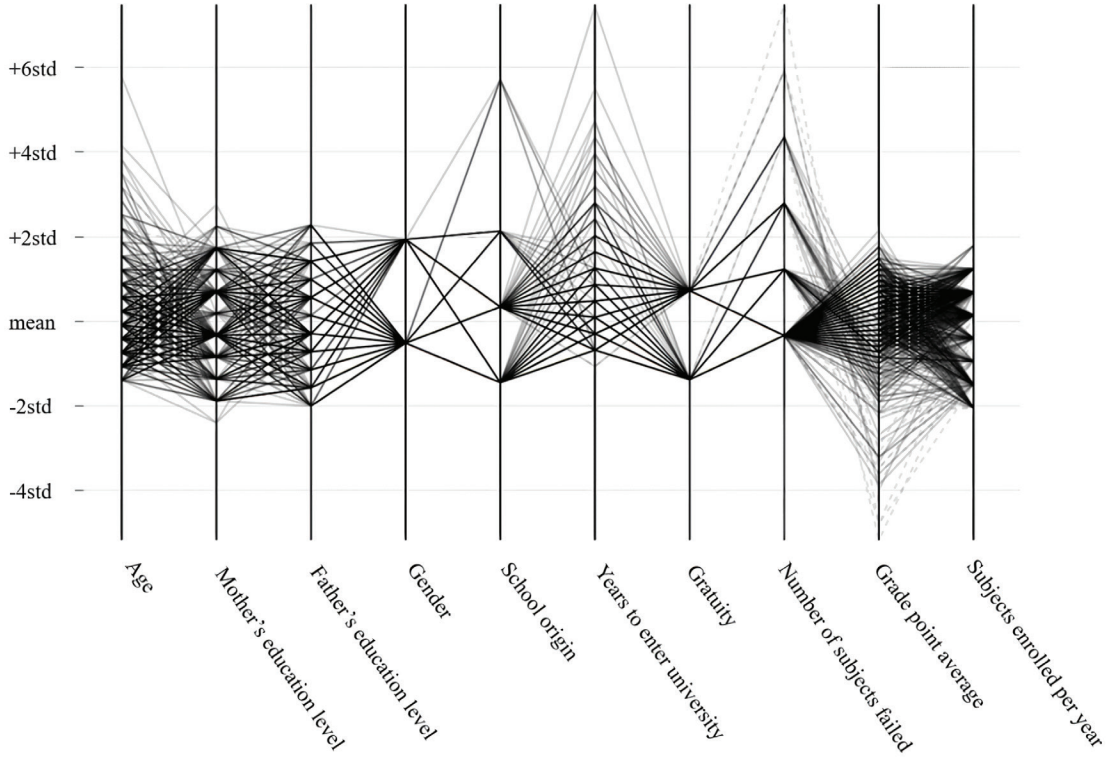
Note: All values are arithmetic means, except Standard deviation.
[a] ARC= Architecture, Construction and Environment; BA= Business and administration; EDU= Education; ENG= Engineering; HEA= Health Sciences; LAW=Law; SOC= Social Sciences and Humanities; Sd= Standard deviation.
[b] Grade scale from 1.0 to 7.0

2.4. Dataset processing and selection

A matrix of 1,374 students was initially obtained. All variables studied were converted into numerical values. Records of first-year students (n = 412) were excluded because of the high heterogeneity of the information, and extreme data (n = 16) were removed, resulting in a matrix of 946 students.

Subsequently, the matrix was randomly divided into two parts: (i) classifier training matrix, which corresponds to 70% of the data (n = 662), and (ii) test matrix, which represents 30% of the data (n = 284). The partitioning of data into training and testing sets in machine learning is crucial for objectively evaluating the model's performance on unseen data. It helps to avoid overfitting and understand the model's actual predictive capacity. The specific proportion of testing data, such as the 30% utilised in this study, is determined by the size of the dataset to ensure a precise assessment. Previous studies (Berens et al., 2018; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Kemper et al., 2020; Parra-Sánchez et al., 2023) report that a test set of 30% of the data is typically used, highlighting a broad consensus on this aspect. Figure 2 presents a parallel coordinate plot to illustrate the distribution of dropout and non-dropout cases across the study variables.

Figure 2. Standardised Parallel Coordinates Plot for the variables associated with dropout.



Note: Standardisation plots set the mean of each predictor to zero and scaled the predictors by their standard deviations. Solid line: non-dropping student; Segmented line: student dropout.

Then, through WEKA software and the InfoGainAttributeEval function (Frank et al., 2017), an entropy ranking of the variables was obtained (Table 4). According to Choudhary et al. (2014), entropy is commonly used in information theory measurement. This method measures the significance of an attribute by calculating the information gain concerning the target class. Based on the returned ranking of attributes, the dataset is modified. Those attributes that contribute more information will have a higher gain value and can be selected.

In contrast, those who add little information will have a lower score and may be removed (Gnanambal et al., 2018). In this regard, interpreting machine learning models can be challenging due to the inherent complexity of specific algorithms, making it difficult to explain the individual contribution of variables and their significant inclusion in the results. This entropy analysis helps identify the most informative features for classification, thereby contributing to the model's effectiveness. In simple terms, variables with higher entropy are more explanatory of the model's performance and predictive capacity.

Table 4. Entropy ranking of the variables used in the study.

Variable	Operative definition	Ranking
Grade point average	Grade scale from 1.0 to 7.0	1
Number of subjects failed	Number of subjects failed in last year	2
Mother's education level	a. Unknow, b. up to complete high school, c. up to technical degree, d. up to complete university degree, e. postgraduate, f. military academic training	3
Number of subjects enrolled per year	Number of subjects taken in the year	3
Gender	Male - Female	3
Father's education level	a. Unknow, b. up to complete high school, c. up to technical degree, d. up to complete university degree, e. postgraduate, f. military academic training	3
School	a. Public, b. Charter, c. Private	3
Tuition funding	Gratuity: Yes – No	3
Years to university entrance	Years elapsed between the end of high school and university entry	3
Age	Age in completed years	3

As can be seen, entropy analysis revealed that students' grades during the semester and the number of subjects failed in the previous academic period are the variables that most significantly contribute to the model's predictive capacity. On the other hand, the variables ranked in position three are grouped as attributes that contribute similarly to the model's performance.

2.5. Prediction models

The machine learning application of the Matlab® software (R2012b version, USA) was used to create prediction models using the training matrix obtained in the previous process. Twenty-three statistical classifiers were trained with different hyperparameters, all based on supervised machine learning.

The Matlab® "Classification Learner" application provides an interactive interface for training classification models without programming, allowing users to explore and analyse data intuitively. Upon opening the application, users can load their datasets from various sources, including CSV and Excel files. Through this tool, users can select relevant features and choose from a variety of available classification algorithms, including SVM and decision trees. The application automatically adjusts the model's hyperparameters during the training process and provides detailed performance metrics to evaluate the model's quality. Additionally, it offers visual tools for analysing the model's performance, such as confusion matrices and ROC curves. Once a satisfactory model is obtained, users can automatically generate the corresponding MATLAB code to replicate the training and classification process, as well as export the trained model for use in other applications. In this regard, to facilitate its usage, we have developed open-access code for applied researchers. This code includes the trained classification model and an example. The output represents the classifier's result for each student, coded as 0 for zero dropout and 1 for non-dropout. The code has been uploaded to the following repository.

The procedures based on supervised machine learning can be of two types: regression, which seek to develop a model that predicts the behaviour of a continuous variable based on one or more related variables, focusing on finding the solution to reduce the distance between the real data and the model curve (Barramuño et al., 2022; Nasteski, 2017); or classification, which seeks to determine the conditions met by the cases of a database to be correctly classified according to a target variable, generating the ability to predict the future behaviour of new cases that comply with the rules of the model (Tomasevic et al., 2020). Supervised learning instructs the machine to learn from our data by specifying a target variable. This reduces the machine's task to identifying patterns in the input data to predict the target variable (Harrington, 2012).

Among the classification algorithms for the phenomenon under study, support vector machines (Liang et al., 2016; Tomasevic et al., 2020), neural networks (Márquez-Vera et al., 2016; Wan Yaacob et al., 2020), and decision trees are notable. The latter corresponds to a classifier that successively partitions the data based on the attributes of the study variables, conditioning subsequent division decisions on the possible combinations that the remaining variables can take (Nasteski, 2017; Rokach & Maimon, 2014).

On the other hand, studies on HE dropout using machine learning must address the class imbalance problem, as dropout students represent a smaller proportion of cases than non-dropout students (Palacios et al., 2021), which can lead to errors in the results and model interpretation. To correct this situation, several techniques were employed, including sampling and data boosting, with the RUSboosted procedure, which involves an increase in random undersampling, proving more efficient than other methods based on the Synthetic Minority Oversampling Technique (Chawla et al., 2002; Mduma, 2023).

Finally, for the model with the highest sensitivity and F-score, five thresholds were applied to the variable with the highest entropy, generating alternative classification models. Thresholds one through five consisted of subtracting 0.1 to 0.5 tenths from each student's overall grade point average.

2.6. Testing the models

To determine the effectiveness of each classifier, two procedures were performed. The first consisted of training and calculating the overall accuracy of each classifier using the 10-fold cross-validation method, where the arithmetic mean of the results from each iteration was obtained to determine the overall accuracy. Subsequently, a contingency table with true positives (TP), false positives (FP), true negatives (TN), and false negatives (FN) was constructed, and the accuracy, sensitivity, specificity, ROC area, and F-score were determined. For this study, it is fundamental to establish that the sensitivity and F-score measures are the most appropriate for predicting student dropout.

The second procedure involved using the test matrix to evaluate the effectiveness of the predictive model, calculating the same parameters mentioned above.

3. RESULTS

The database for the analysis consisted of 946 students. Dropouts constituted 3.77% of the sample (n=36; 25 females and 11 males). The training matrix had 26 dropout students (3.93% dropout rate), and the test matrix had 10 (3.52% dropout rate). Using the training matrix, the 10-fold cross-validation method was employed to identify the classifier with the best sensitivity to dropout, which was found to be RUSboosted trees. Table 5 presents the classification accuracy, F-score, ROC area, confusion matrix, sensitivity, and specificity for all classifiers.

Table 5. Classification accuracy and confusion matrix.

Classifier	F-score	ACC[a]	Roc Area	TN	FP	TP	FN	Sen	Spec
Complex tree	0.47	95.3%	0.73	623	31	8	18	31%	98%
Medium tree	0.47	95.3%	0.73	623	31	8	18	31%	98%
Simple tree	0.26	95.3%	0.67	627	9	4	22	15%	99%
Linear discriminant	0.67	94.0%	0.88	608	28	14	12	54%	96%
Quadratic discriminant	0.67	93.4%	0.85	604	32	14	12	54%	95%
Logistic Regression	0.37	95.6%	0.85	627	6	6	20	23%	99%
Linear SVM	undefined	95.9%	0.69	635	1	0	26	undefined	>99%
Quadratic SVM	0.42	96.5%	0.78	632	4	7	19	27%	99%
Cubic SVM	0.51	95.3%	0.75	622	14	9	17	35%	98%
Fine Gaussian SVM	undefined	96.1%	0.75	636	0	0	26	undefined	undefined
Medium Gaussian SVM	undefined	95.9%	0.75	635	1	0	26	undefined	>99%

(*continued*)

Table 5. Classification accuracy and confusion matrix. (*continued*)

Classifier	F-score	ACC[a]	Roc Area	TN	FP	TP	FN	Sen	Spec
Coarse Gaussian SVM	undefined	96.1%	0.75	636	0	0	26	undefined	100%
Fine KNN	0.32	94.4%	0.58	620	16	5	21	19%	97%
Medium KNN	0.08	96.1%	0.76	635	1	1	25	4%	>99%
Coarse KNN	undefined	96.1%	0.81	636	0	0	26	undefined	100%
Cosine KNN	0.37	96.8%	0.84	635	1	6	20	23%	99%
Cubic KNN	0.21	96.4%	0.76	635	1	3	23	12%	>99%
Weighted KNN	undefined	95.9%	0.76	635	1	0	26	undefined	>99%
Boosted trees	0.54	95.9%	0.81	625	11	10	16	38%	98%
Bagged trees	0.42	96.2%	0.87	630	6	7	19	27%	99%
Subspace discriminant	0.51	96.7%	0.86	631	5	9	17	35%	99%
Subspace KNN	0.08	95.9%	0.79	634	2	1	25	4%	>99%
RUSboosted trees	**0.83**	**84.6%**	**0.90**	**539**	**97**	**21**	**5**	**81%**	**85%**

Note: It is important to note that all 23 models were included, which Matlab® allowed us to explore. This tool includes the most popular classification, clustering, and regression algorithms, allowing supervised machine learning to explore data, select characteristics, specify validation schemes, train models, and evaluate results.

[a] ACC= Accuracy; FN= False negative; FP= False positive; TN= True negative; TP= True positive; Sen= Sensitivity; Spec= Specificity.

The F-score, as well as the sensitivity, specificity, and accuracy of the RUS-boosted trees classifier, varied according to the number of variables used in the training (Table 6). Following the entropy ranking (Table 4), sets of variables were tested. First, the model was trained considering 20% of the variables (from the first to the second variable, as presented in the entropy ranking, Table 4), then 40% of the variables (from the first to the fourth variable), and so on, until 100% of the variables had been tested. The best accuracy was achieved when using 60% of the variables, while the best combined results for F-score, sensitivity, and specificity were achieved when using 100% of the study variables.

Table 6. Confusion matrix for feature selection using RUSboosted trees.

Features ranked	F-score	ACC [a]	Roc Area	TN	FN	TP	FP	Sen	Spec
1-2 (20% of features)	0.83	84.6%	0.73	539	5	21	97	81%	85%
1-4 (40% of features)	0.83	84.8%	0.87	541	5	21	95	81%	85%
1-6 (60% of features)	0.82	87.1%	0.91	557	6	20	79	77%	88%
1-8 (80% of features)	0.78	84.2%	0.90	539	7	19	97	73%	85%
1-10 (100% of features)	0.84	86.8%	0.92	554	5	21	82	81%	87%

[a] ACC= Accuracy; TN= True negative; FN= False negative; TP= True positive; FP= False positive; Sen= Sensitivity; Spec= Specificity.

Using the test matrix with the model based on RUSboosted trees, 80% sensitivity, 75% classification specificity, and an F-score of 0.78 were obtained. Applying thresholds to the first variable of the entropy ranking (grade point average) resulted in 100% sensitivity for detecting dropouts. Model 2 stands out, with an F-score

of 0.80 and a sensitivity of 90%. The performance of the models and the different thresholds used are presented in Table 7.

Table 7. Model testing with new data.

Classifier	F-score	ACC [a]	Roc Area	TN	FN	TP	FP	Sen	Spec
Model 1 RUSboosted trees	0.78	75.4%	0.75	206	2	8	68	80%	75%
Model 2 Umbral -0.1	0.80	72.1%	0.71	196	1	9	78	90%	72%
Model 3 Umbral -0.2	0.78	68.3%	0.68	185	1	9	89	90%	68%
Model 4 Umbral -0.3	0.76	65.1%	0.64	176	1	9	98	90%	64%
Model 5 Umbral -0.4	0.74	62.7%	0.62	169	1	9	105	90%	62%
Model 6 Umbral -0.5	0.76	61.0%	0.60	163	0	10	111	100%	59%

[a] ACC= Accuracy; TN= True negative; FN= False negative; TP= True positive; FP= False positive; Sen= Sensitivity; Spec= Specificity. The thresholds of models 2 to 6 consisted, respectively, of subtracting tenths of the variable ranked with the highest entropy (general grade point average) from 0.1 to 0.5.

4. DISCUSSION

The study posed two research questions and one study aim. The first research question was (i) What is the most effective machine learning classifier for identifying higher education students at risk of dropout using multidisciplinary databases? Of the 23 classifiers trained in this study, RUSboosted Trees presented the best performance in terms of F-score, sensitivity, and specificity, measures that were prioritised over the accuracy of the model, which distinguishes the present work from other studies that have focused their efforts on presenting higher levels of accuracy (Berens et al., 2018; Heredia et al., 2015; Miranda & Guzmán, 2017). The use of the F-score and sensitivity is justified because this measure allows for emphasising the prediction of dropouts, rather than classifying non-dropouts correctly (Barramuño et al., 2022), thereby focusing efforts on identifying students who are at risk of potentially dropping out of university, considering the heterogeneity of the sample. Thus, it can be stated that the RUSBoosted Trees classifier presents the best predictive performance for identifying students at risk of dropout, with results in F-score and sensitivity superior to those of the other 22 classifiers tested.

Consequently, to address the second research question, which was (ii) What is the most effective specific predictive model for identifying higher education students at risk of dropout using multidisciplinary databases?, a process was carried out consisting of applying thresholds to the variable that the literature (Abu-Oda & El-Halees, 2015; Barramuño et al., 2022; Berens et al., 2018; Cuji Chacha et al., 2020; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Fahd et al., 2021; Heredia et al., 2015; Kemper et al., 2020; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Siri, 2015) and the entropy analysis carried out in this study identified as the one that provides the most significant predictive capacity on the risk of university dropout: the grade point average. It is not surprising that the grade point average holds such significance, as it is an outcome influenced by a multitude of both internal and external factors. While academic aptitude and self-concept (Cancino-Marchant et al., 2022) among other individual variables come into play (Gedda-Muñoz et al., 2023), the pedagogical abilities of educators, the educational environment and university resources, the cultural capital of parents (Bourdieu & Passeron, 2021; Reay, 2022), students' adaptation to the university setting, and various other elements also play pivotal roles. Considering this, within the test matrix, the model employed for classification was based on RUS-boosted trees, incorporating thresholds for the grade point average. Hence, the thresholds on the grade point average were progressively applied to six models based on the RUSBoosted Trees classifier, with model two yielding the best results. The model achieved an accuracy of 72.1%, an F-score of 0.80, a sensitivity of 90%, and a specificity of 72%. The results of the F-score and sensitivity obtained are especially relevant because they demonstrate that this model successfully identifies a greater number of students at risk of dropout. These results are consistent with those reported in other studies, which also indicate similar findings using decision trees to predict the

dropout phenomenon (Kemper et al., 2020; Liang et al., 2016; Márquez-Vera et al., 2016; Ortiz-Lozano et al., 2018; Rokach & Maimon, 2014).

Therefore, this study aimed to develop a multidisciplinary prediction model for dropout risk in higher education students using machine learning. The primary outcomes of the study correspond to a model that allows identifying 90% of dropouts, regardless of their discipline and program of origin, demonstrating and strengthening the literature on the usefulness of machine learning for detecting dropout risk in university students (Barramuño et al., 2022; Berens et al., 2018; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Liang et al., 2016; Márquez-Vera et al., 2016; Mduma, 2023; Sani et al., 2020; Wan Yaacob et al., 2020). Specifically, regarding the performance and predictive capability of the models in the reviewed studies, they present an average accuracy of 85.8%, an F-score of 0.78, a sensitivity of 67.7%, and a specificity of 84.3%. Our study demonstrates improved performance in F-score and sensitivity, which are particularly important for the phenomenon being studied.

Furthermore, it is necessary to point out that several studies using machine learning to investigate university dropouts are based on samples of students from the same programs. This situation affects the transferability of the models and methodologies used in studies conducted with machine learning to other programs or institutions, as their results operate on a homogeneous sample in terms of the disciplinary background of the students. In this sense, the present study presented similar values in terms of precision to those of previous studies (Kemper et al., 2020; Palacios et al., 2021), while also achieving excellent results in terms of sensitivity and F-score. The use of the F-score and sensitivity is justified because this measure allows for emphasising the prediction of dropouts, rather than classifying non-dropouts correctly (Barramuño et al., 2022), thereby focusing efforts on identifying students who are at risk of potentially dropping out of university, considering the heterogeneity of the sample.

This is relevant because the proposed model successfully identifies students who drop out in a multidisciplinary sample, which could be helpful to predict student dropout in HE institutions with characteristics similar to those reported in this study.

Finally, in the field of HE, dropout is presented as a complex phenomenon that involves sociodemographic, individual, and institutional aspects. In this sense, this study included ten variables previously identified as relevant for the analysis and study of university dropout, in line with the theories of Tinto (1975, 2022) and the subsequent studies conducted by Braxton (2019), Donoso and Schiefelbein (2007), Himmel (2002), as well as with the findings of Berens et al. (2018), Cuji Chacha et al.(2020), Fahd et al. (2021), Heredia et al. (2015), Kuz and Morales (2023), and Palacios et al. (2021), in the field of machine learning. These variables were the educational level of parents, age, gender, school origin, years to initiate HE, financing type, number of subjects failed, grade point average, and number of subjects enrolled per year. In terms of the contribution of these variables to predicting educational dropout, it can be highlighted that variables such as the grade point average and the number of subjects failed have substantive importance in the functioning of the machine learning model presented in this study, which is also corroborated by previous research (Abu-Oda & El-Halees, 2015; Barramuño et al., 2022; Berens et al., 2018; Eegdeman, Cornelisz, Meeter et al., 2022; Heredia et al., 2015; Kemper et al., 2020; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Siri, 2015) that support the importance of considering academic performance in predicting university dropout. However, this does not impede the consideration of other variables in the study of student dropout, because as Bourdieu and Passeron (2019, 2021) and Reay (2004, 2022) point out in their theories on the reproduction of inequalities in the educational system, there are structural, systemic, and institutional factors that impact the educational trajectories of young people. In this sense, our study included variables such as the educational level of parents and the type of financing used by students (Barramuño et al., 2022; Heredia et al., 2015; Himmel, 2002; Kuz & Morales, 2023; Larroucau, 2016; Palacios et al., 2021; Sani et al., 2020; Siri, 2015), and although these elements did not appear as especially significant for predicting dropout using machine learning models, they must be persistently incorporated into analyses of this phenomenon, such as gender, high school background or others, because the inclusion of such variables can enhance our understanding of social inequalities in the university context.

Among the study's limitations: (i) the voluntary participation of students restricted the amplitude of the sample and involved a larger number of female students; (ii) due to the data collection method employed, variables related to students' previous academic performance (i.e., upper high school grades) were not included, which could have provided valuable insights into their likelihood of dropout; (iii) socioeconomic status defining variables such as parental occupation and monthly family income were not incorporated, which could have shed light on the socioeconomic factors influencing dropout rates. However, the 'gratuity' and the parents' educational level variables utilised served as an indirect measure of this.

Some of the strengths of this study include: (i) the number of the sample, consisting of 946 students; (ii) the diversity of knowledge areas represented in the sample, which provides practical utility, since other HE institutions could replicate it; (iii) It is noted that currently, machine learning enables the development of highly

accurate models for predicting university student dropout. However, challenges remain in transferring these models across different institutions and programs. While the necessary technology and procedures exist, widespread adoption by institutions has yet to occur. This limitation may arise because most predictive models are based on samples from specific fields of study or academic degrees, thereby limiting their applicability beyond those contexts. In contrast, the model developed in this study draws from students across various disciplines, establishing a multidisciplinary database. This approach enables its implementation across entire institutions, demonstrating its efficacy in accurately predicting student dropout rates. This study aims to promote the implementation of a predictive model that is useful in various contexts and easily transferable between institutions, thereby encouraging the adoption of this technological tool.

In this sense, the work developed is auspicious for at least four reasons: (i) the proposed model has successfully identified dropouts, operating on a multidisciplinary student sample; (ii) the variables used in this research are generally available in academic records of HE institutions, therefore, the model we propose represents a tool that universities can use to implement or complement student dropout prevention programs, leveraging their own academic record data; (iii) the substantiated presentation of the F-score and sensitivity as the ideal metrics to interpret the effectiveness of a predictive model of student dropout, over other metrics such as accuracy or precision; (iv) this study has opened up possibilities to further the use of machine learning in educational environments, specifically, e.g., to address the university dropout phenomenon, introducing new attributes to the work developed so far, such as the socioeconomic origin of students, the vocational aspects associated with the process of enrolling in study programs, and the identification of differences between entrance cohorts.

5. CONCLUSION

Based on the comprehensive analysis conducted in this study, several findings have emerged. Firstly, the utilisation of the RUSboosted Trees classifier has demonstrated superior predictive performance in identifying students at risk of dropout, surpassing 22 other classifiers examined. By prioritising measures such as F-score and sensitivity over accuracy, this approach makes a relevant contribution to conventional studies, which often focus solely on achieving higher accuracy rates. The proposed predictive model with the highest F-score and sensitivity corresponds to the RUS-boosted trees classifier, with a threshold of -0.1 in the grade point average, successfully recognising 90% of the dropouts, even under the multidisciplinary nature of the programs from which the students originated. These outcomes align with existing literature on the significance of academic performance indicators in predicting student attrition, while also emphasising the importance of considering diverse disciplinary backgrounds within predictive modelling frameworks. The institutions will be able to use the variables identified in this study and the machine learning procedures described to improve their institutional policies aimed at promoting educational success and reducing university dropouts.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful for the students' participation in this study.

DECLARATION OF COMPETING INTEREST

The authors declare no competing interests.

FUNDING

The author received no financial support for the research or authorship of this article.

AVAILABILITY OF MATERIALS

Anonymised data used for this research are available on request from the corresponding author, who will consider each request. The script that enables visualisation, calculations, and procedures developed is available in the following repository.

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

Mauricio Barramuño-Medina: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Resources, Software, Supervision, Validation, Visualization, Writing – original draft, Writing – review and editing.

Pablo Valdés-Badilla: Conceptualization, Investigation, Methodology, Supervision, Validation, Writing – original draft, Writing – review.

José Luis Saavedra-Lucero: Conceptualization, Investigation, Resources, Writing – original draft.

Germán Gálvez-García: Methodology, Supervision, Validation, Writing – review.

Relmu Gedda-Muñoz: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Resources, Software, Supervision, Validation, Visualization, Project administration, Writing – original draft, Writing – review and editing.

REFERENCES

Abu-Oda, G., & M. El-Halees, A. (2015). Data Mining in Higher Education: University Student Dropout Case Study. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, *5*(1), 15–27. https://doi.org/10.5121/ijdkp.2015.5102

Aljohani, O. (2016). A Review of the Contemporary International Literature on Student Retention in Higher Education. *International Journal of Education and Literacy Studies*, *4*(1), 40–52. https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.4n.1p.40

Aulck, L., & West, J. (2017). Attrition and performance of community college transfers. *PloS One*, *12*(4), e0174683. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174683

Barramuño, M., Meza-Narváez, C., & Gálvez-García, G. (2022). Prediction of student attrition risk using machine learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*, *14*(3), 974–986. https://doi.org/10.1108/JARHE-02-2021-0073

Beer, C., & Lawson, C. (2016). The problem of student attrition in higher education: An alternative perspective. *Journal of Further and Higher Education*, *41*(6), 773–784. https://doi.org/10.1080/0309877x.2016.1177171

Berens, J., Oster, S., Schneider, K., & Burghoff, J. (2018). Early Detection of Students at Risk - Predicting Student Dropouts Using Administrative Student Data and Machine Learning Methods. *Schumpeter Discussion Papers*, *6*(1), 1–38. https://doi.org/10.2139/ssrn.3275433

Bourdieu, P., & Passeron, J. C. (2019). *La reproducción: Elementos para una teoría del sistema educativo*. Siglo XXI Editores.

Bourdieu, P., & Passeron, J. C. (2021). *Los Herederos: los estudiantes y la cultura*. Siglo XXI & Clave Intelectual.

Braxton, J. M. (2019). Leaving College: Rethinking the Causes and Cures of Student Attrition by Vincent Tinto. *Journal of College Student Development*, *60*(1), 129–134. https://doi.org/10.1353/csd.2019.0012

Cancino-Marchant, A., Gedda-Muñoz, R., Herrera-Valenzuela, T., Magnani Branco, B., Guzmán-Muñoz, E., López-Fuenzalida, A., & Valdés-Badilla, P. (2022). Autoestima y autoconcepto académico en escolares durante la pandemia por la COVID-19. *Revista Cubana de Medicina Militar*, *51*(3), e02202012.

Chawla, N. V, Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, *16*, 321–357. https://doi.org/10.1613/jair.953

Choudhary, N., Shinde, Y., Kannan, R., & Venkatraman, V. (2014). Impact of attribute selection on the accuracy of Multilayer Perceptron. *International Journal of IT & Knowledge Management*, *7*(2), 32–36.

Christou, V., Tsoulos, I., Loupas, V., Tzallas, A. T., Gogos, C., Karvelis, P. S., Antoniadis, N., Glavas, E., & Giannakeas, N. (2023). Performance and early drop prediction for higher education students using machine learning. *Expert Systems with Applications*, *225*, 120079. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120079

CNED. (2022). *Base de datos índices CNED 2005-2022*. Consejo Nacional de Educación, Ministerio de Educación-Chile.

Cuji Chacha, B. R., Gavilanes López, W. L., Vicente Guerrero, V. X., & Villacis Villacis, W. G. (2020). Student Dropout Model Based on Logistic Regression. In *Communications in Computer and Information Science* (pp. 321–333). https://doi.org/10.1007/978-3-030-42520-3_26

Donoso, S., & Schiefelbein, E. (2007). Análisis de los modelos explicativos de retención de estudiantes en la universidad: una visión desde la desigualdad social. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, *33*(1). https://doi.org/10.4067/s0718-07052007000100001

Dutt, A. (2015). Clustering Algorithms Applied in Educational Data Mining. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, *5*(2), 112–116. https://doi.org/10.7763/ijiee.2015.v5.513

Eegdeman, I., Cornelisz, I., Meeter, M., & van Klaveren, C. (2022). Identifying false positives when targeting students at risk of dropping out. *Education Economics*, *31*(3) 313–325. https://doi.org/10.1080/09645292.2022.2067131

Eegdeman, I., Cornelisz, I., van Klaveren, C., & Meeter, M. (2022). Computer or teacher: Who predicts dropout best? *Frontiers in Education*, *7*, 1–10. https://doi.org/10.3389/FEDUC.2022.976922/BIBTEX

Fahd, K., Venkatraman, S., Miah, S. J., & Ahmed, K. (2021). Application of machine learning in higher education to assess student academic performance, at-risk, and attrition: A meta-analysis of literature. *Education and Information Technologies, 2021*, 1–33. https://doi.org/10.1007/S10639-021-10741-7

Frank, E., Hall, M., & Witten, I. (2017). The WEKA workbench. In I. Witten, E. Frank, M. Hall, & C. Pal (Eds.), *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques* (pp. 553–571). Elsevier, Morgan Kaufmann. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804291-5.00024-6

Garbanzo Vargas, G. M. (2012). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Revista Educación*, *31*(1), 43. https://doi.org/10.15517/revedu.v31i1.1252

Gedda-Muñoz, R., & Carrasco-Bahamonde, J. A. (2023). Inclusión y acceso en universidades chilenas: El caso de la Política de Gratuidad. *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, *35*(1), 365–395. https://doi.org/10.54674/ESS.V35I1.630

Gedda-Muñoz, R., Fuentez Campos, Á., Valenzuela Sakuda, A., Retamal Torres, I., Cruz Fuentes, M., Badicu, G., Herrera-Valenzuela, T., & Valdés-Badilla, P. (2023). Factors Associated with Anxiety, Depression, and Stress Levels in High School Students. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, *13*(9), 1776–1786. https://doi.org/10.3390/ejihpe13090129

Gedda-Muñoz, R., & Villagrán-Del Picó, N. (2020). Academic self-concept in university students: Their association with parents' educational level and previous experience in higher education. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies*, *2020*(22), 109–124. https://doi.org/10.7358/ecps-2020-022-gedd

Gnanambal, S., Thangaraj, M., Meenatchi V, & Gayathri, V. (2018). Classification Algorithms with Attribute Selection: an evaluation study using WEKA. *International Journal of Advanced Networking and Applications*, *9*(6), 3640–3644.

Harrington, P. (2012). *Machine Learning in Action*. Manning Publications.

Heredia, D., Amaya, Y., & Barrientos, E. (2015). Student Dropout Predictive Model Using Data Mining Techniques. *IEEE Latin America Transactions*, *13*(9), 3127–3134. https://doi.org/10.1109/tla.2015.7350068

Himmel, E. (2002). Modelo de análisis de la deserción estudiantil en la educación superior. *Calidad en la Educación*, *17*, 91. https://doi.org/10.31619/caledu.n17.409

Kemper, L., Vorhoff, G., & Wigger, B. U. (2020). Predicting student dropout: A machine learning approach. *European Journal of Higher Education*, *10*(1), 28–47. https://doi.org/10.1080/21568235.2020.1718520

Kuz, A., & Morales, R. (2023). Ciencia de Datos Educativos y aprendizaje automático: un caso de estudio sobre la deserción estudiantil universitaria en México. *Education in the Knowledge Society*, *24*, e30080. https://doi.org/10.14201/eks.30080

Larroucau, T. (2016). Estudio de los factores determinantes de la deserción en el sistema universitario chileno. *Revista Estudios de Políticas Públicas*, *1*. https://doi.org/10.5354/0719-6296.2015.38351

Liang, J., Yang, J., Wu, Y., Li, C., & Zheng, L. (2016). Big Data Application in Education: Dropout Prediction in Edx MOOCs. *2016 IEEE Second International Conference on Multimedia Big Data (BigMM)*, 440–443. https://doi.org/10.1109/BigMM.2016.70

Limsathitwong, K., Tiwatthanont, K., & Yatsungnoen, T. (2018). Dropout prediction system to reduce discontinue study rate of information technology students. *2018 5th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)*, 110–114. https://doi.org/10.1109/ICBIR.2018.8391176

Márquez-Vera, C., Cano, A., Romero, C., Noaman, A. Y. M., Fardoun, H. M., & Ventura, S. (2016). Early dropout prediction using data mining: a case study with high school students. *Expert Systems*, *33*(1), 107–124. https://doi.org/10.1111/exsy.12135

Mduma, N. (2023). Data Balancing Techniques for Predicting Student Dropout Using Machine Learning. *Data*, *8*(3), 49. https://doi.org/10.3390/data8030049

Miranda, M. A., & Guzmán, J. (2017). Análisis de la Deserción de Estudiantes Universitarios usando Técnicas de Minería de Datos. *Formación Universitaria*, *10*(3), 61–68. https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000300007

Nasteski, V. (2017). An overview of the supervised machine learning methods. *HORIZONS.B*, *4*, 51–62. https://doi.org/10.20544/HORIZONS.B.04.1.17.P05

OECD. (2020). *Education at a Glance 2020: OECD Indicators*. https://doi.org/10.1787/69096873-en
OECD. (2023). *Education at a Glance 2023*. OECD. https://doi.org/10.1787/e13bef63-en
OFD-CIAE. (2021). *Informe N°9 Observatorio Formación Docente: Deserción en carreras de Pedagogía en Chile* (9).
Ortiz-Lozano, J. M., Rua-Vieites, A., Bilbao-Calabuig, P., & Casadesús-Fa, M. (2018). University student retention: Best time and data to identify undergraduate students at risk of dropout. *Innovations in Education and Teaching International*, *57*(1), 74–85. https://doi.org/10.1080/14703297.2018.1502090
Palacios, C. A., Reyes-Suárez, J. A., Bearzotti, L. A., Leiva, V., & Marchant, C. (2021). Knowledge Discovery for Higher Education Student Retention Based on Data Mining: Machine Learning Algorithms and Case Study in Chile. *Entropy*, *23*(4), 485. https://doi.org/10.3390/e23040485
Parra-Sánchez, J. S., Torres Pardo, I. D., & Martínez de Merino, C. Y. (2023). Factores explicativos de la deserción universitaria abordados mediante inteligencia artificial. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, *25*, 1–17. https://doi.org/10.24320/REDIE.2023.25.E18.4455
Pitman, T., Koshy, P., & Phillimore, J. (2014). Does accelerating access to higher education lower its quality? The Australian experience. *Higher Education Research & Development*, *34*(3), 609–623. https://doi.org/10.1080/07294360.2014.973385
Reay, D. (2004). 'It's all becoming a habitus': beyond the habitual use of habitus in educational research. *British Journal of Sociology of Education*, *25*(4), 431–444. https://doi.org/10.1080/0142569042000236934
Reay, D. (2022). 'The more things change the more they stay the same': The continuing relevance of Bourdieu and Passeron's Reproduction in Education, Society and Culture. *Revista Española de Sociología*, *31*(3), a116. https://doi.org/10.22325/FES/RES.2022.116
Rokach, L., & Maimon, O. (2014). *Data mining with decision trees: Theory and applications*. World Scientific.
Sani, N. S., Fikri, A., Ali, Z., Zakree, M., & Nadiyah, K. (2020). Drop-Out Prediction in Higher Education Among B40 Students. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *11*(11). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0111169
Santelices, M., Horn, C., Catalán, X., & Venegas, A. (2021). Aggregated results of access programs implemented by universities in Chile: Students' persistence using a matched sample. *Higher Education Policy*, *35*, 498–521. https://doi.org/10.1057/s41307-021-00223-3
SIES. (2019). *Deserción de primer año y Reingreso a la Educación Superior en Chile*. https://d66z.short.gy/K7cjsq
SIES. (2023). *Informe Retención SIES 2023*. Servicio de Información de Educación Superior, Ministerio de Educación. https://d66z.short.gy/7uEvS3
Siri, A. (2015). Predicting Students' Dropout at University Using Artificial Neural Networks. *Italian Journal of Sociology of Education*, *7*(2), 225–247.
Soto-Hernández, V. J. (2016). Estudiantes de primera generación en Chile: una aproximación cualitativa a la experiencia universitaria. *Revista Complutense de Educación*, *27*(3). https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n3.47562
Teixeira, P., Kim, S., Landoni, P., & Gilani, Z. (2017). *Rethinking the public-private mix in Higher Education. Global trends and national policy challenges*. Brill. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-911-9
Tinto, V. (1975). Dropout from Higher Education: A Theoretical Synthesis of Recent Research. *Review of Educational Research*, *45*(1), 89–125. https://doi.org/10.3102/00346543045001089
Tinto, V. (2022). Increasing Student Persistence: Wanting and Doing. In H. Huijser, M. Y. Kek, & F. Padró (Eds.), *Student Support Services. University Development and Administration* (pp. 53–70). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5852-5_33
Tomasevic, N., Gvozdenovic, N., & Vranes, S. (2020). An overview and comparison of supervised data mining techniques for student exam performance prediction. *Computers & Education*, *143*, 103676. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103676
Wan Yaacob, W. F., Mohd Sobri, N., Nasir, S. A. M., Norshahidi, N. D., & Wan Husin, W. Z. (2020). Predicting Student Drop-Out in Higher Institution Using Data Mining Techniques. *Journal of Physics: Conference Series*, *1496*, 012005. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1496/1/012005
Zwick, T. (2012). Determinants of Individual Academic Achievement - Group Selectivity Effects Have Many Dimensions. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.2185386

Education in the Knowledge Society 26 (2025)

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

Impacto de una intervención proactiva en el aprendizaje de la lectura y sus dificultades a través de una plataforma online

Effects of a Proactive Intervention on Reading Skills and Difficulties Using an Online Platform

Auxiliadora Sánchez-Gómez [a](*), Juan Luis Luque Vilaseca[b], Almudena Giménez-de-la-Peña[c], P. Javier López Pérez[d]

[a] *Universidad de Málaga. Málaga. España*
https://orcid.org/0000-0003-2204-690X auxisanchez@uma.es
[b] *Universidad de Málaga. Málaga. España*
https://orcid.org/0000-0002-3199-4808 juan.luque@uma.es
[c] *Universidad de Málaga. Málaga. España*
https://orcid.org/0000-0003-2666-0659 almudena@uma.es
[d] *Universidad de la Costa. Barranquilla. Colombia*
https://orcid.org/0000-0003-1605-9544 plopez10@cuc.edu.co

ARTICLE INFO

Palabras clave
Dificultades de aprendizaje, inclusión, lectura, práctica basada en la evidencia, modelos RtI

RESUMEN

Dada la diversidad del alumnado, ofrecer una enseñanza igualitaria y, a la vez, adaptada a las condiciones y/o necesidades individuales representa un importante reto para el sistema educativo. El aprendizaje de la lectura resulta especialmente relevante porque afecta directamente al éxito escolar e inclusión del alumnado. El nivel económico bajo —asociado o no a la emigración— y las dificultades de aprendizaje son dos factores principales de riesgo para el aprendizaje de la lectura. En este estudio se ha aplicado durante tres cursos (de 5 a 7 años) un sistema de evaluación continua de carácter trimestral sobre cinco indicadores relacionados con el aprendizaje de la lectura: conciencia fonológica, la ruta fonológica y visual, la fluidez, la comprensión lectora, tal y como se aplican en los modelos de Respuesta a la Intervención. Además, 191 estudiantes recibieron Preleo, un programa de prevención universal centrado en la conciencia fonémica, aplicado por los docentes del aula, a los 5 años. Los otros 189 constituyeron el grupo control. Los resultados mostraron que el programa mejora de manera significativa los cinco indicadores. Estas diferencias se mantuvieron dos años después de la aplicación del programa de prevención. Además, los efectos fueron significativos en los distintos niveles socioeconómicos, pero impactaron más en el nivel socioeconómico bajo y en el alumnado con mayor riesgo. Concluimos que un enfoque proactivo, basado en la evidencia, apoyado por herramientas tecnológicas y aplicado por docentes no especializados puede mejorar significativamente los resultados educativos y promover la equidad y la inclusión en el sistema educativo.

Keywords
Learning difficulties, inclusion, reading, evidence-based practice, RtI models

ABSTRACT

Given the diversity of students, providing an egalitarian education and adapting to individual conditions and/or needs represents a significant challenge for the educational system. Reading acquisition is particularly relevant, directly impacting academic success and student inclusion. Low socioeconomic status—whether associated with immigration or not—and learning difficulties are two major risk factors for reading development. This study implemented a continuous assessment system over three academic years (ages 5 to 7). In alignment with Response to Intervention (RtI) models, children were assessed three times a year on five key indicators related to reading acquisition: phonological awareness, phonological and visual word reading routes,

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 31/08/2024. Revisado, 20/01/2025. Aceptado, 01/08/2025. Publicado, 06/11/2025.
e-ISSN: 2444-8729

reading fluency, and reading comprehension. Additionally, 191 students received a universal prevention program focused on phonemic awareness, delivered by classroom teachers at the age of five. The remaining 189 students constituted the control group. The results showed that the intervention significantly improved all five indicators, with effects persisting two years after the program implementation. Moreover, the intervention significantly impacted different socioeconomic levels, with the most potent effects observed in students from lower socioeconomic backgrounds and those at higher risk of reading difficulties. A proactive, evidence-based approach, supported by technological tools and implemented by general education teachers, can significantly improve educational outcomes and foster equity and inclusion within the educational system.

1. Introducción

La inclusión como principio y objetivo educativo fundamental se ha visto permanentemente desafiada por la neurodiversidad y la variedad de contextos socioculturales que se dan cita en nuestras escuelas. La diversidad de individuos y contextos demanda generar un conocimiento profundo y riguroso de estas circunstancias, un conocimiento que permita producir y transferir a las escuelas, de forma eficaz y diligente, herramientas y prácticas basadas en la evidencia (PBE, en adelante). La relación entre inclusión, diversidad y conocimiento científico se ha hecho especialmente patente en el aprendizaje instrumental más importante que se realiza en la escuela: el aprendizaje de la lectura. Es en el contexto de la alfabetización, donde se han desarrollado estrategias proactivas de intervención que tomaron la forma de los conocidos como modelos de Respuesta a la Intervención (RtI en adelante por sus siglas en inglés: *Response to Intervention* (Fuchs & Fuchs, 2006)). Los modelos RtI y su evolución, los modelos de soporte multinivel, respondían y responden de forma directa al reto de la inclusión y la atención a la diversidad. Sin embargo, aunque con logros significativos, los modelos RtI también han mostrado carencias en la transferencia y ejecución de las PBE. Dicho de otro modo, sabemos sobre qué y cómo intervenir, pero no siempre es posible garantizar que estos conocimientos lleguen a los agentes educativos y/o que estos tengan las condiciones organizativas y materiales para ejecutarlos en las aulas.

En este estudio nos proponemos testar la eficacia de Preleo, un programa de prevención para facilitar el aprendizaje de la lectura y disminuir la incidencia de dificultades de aprendizaje. Este programa está implementado en la Plataforma Leeduca, cuyo diseño está inspirado en los modelos RtI. La ventaja principal de la Plataforma Leeduca es su capacidad para facilitar la transferencia del conocimiento a los agentes educativos y, no menos importante, facilitar las condiciones materiales que permiten la implementación en el aula de PBE.

En España, la legislación educativa asume la inclusión como medio de atención a la diversidad, dando relevancia a la identificación temprana y la prevención de las necesidades específicas de apoyo educativo. Para ello, señala dos acciones fundamentales. La primera insta a actuar tan pronto como las dificultades sean detectadas (art. 12 de 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 – (Gobierno de España, 2020)). La segunda se compromete a dotar al alumnado NEAE de los recursos necesarios para que pueda alcanzar los objetivos establecidos para todo el alumnado (art. 73 LOMLOE). Por otra parte, la inclusión, en general, y la atención a la diversidad, en particular, han trascendido lo meramente educativo, habiéndose convertido en una forma de promover la justicia social (Sandoval & Waitoller, 2022). La inclusión, como principio pedagógico, ha pasado a un plano político a nivel mundial. En este sentido, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible se centra en la idea de "que nadie se quede atrás", lo que impulsa a crear sociedades más equitativas e inclusivas (Unesco, 2017).

Existe una creciente diversidad del alumnado en los centros educativos y, al mismo tiempo, la escuela debe ofrecer una educación común igualitaria; es también imprescindible que se adapte a las necesidades específicas de cada estudiante (Echeita Sarrionandia, 2008). Este ajuste a realidades tan variadas demanda con fuerza la implementación en las escuelas de PBE (Lawlor et al., 2019). El objetivo es facilitar el uso de técnicas validadas mediante la investigación con la esperanza de lograr intervenciones educativas cada vez más eficaces y ajustadas a las diversas necesidades educativas. En un reciente metaanálisis, Lustosa de Oliveira Barbosa et al. (2024) muestran el considerable aumento de interés por la implementación de PBE. Además, destacan que, en el ámbito educativo, estas prácticas están estrechamente asociadas con la inclusión y la atención a la diversidad.

Por otra parte, el hecho de que uno de los objetivos de la Agenda 2030 y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se centre en la alfabetización no es casualidad. La inclusión, las PBE y la alfabetización tienen ya una larga historia común. La lectura es el principal aprendizaje instrumental de la etapa escolar. Desde que se comienza el aprendizaje de la lectura, esta se convierte en una herramienta fundamental para la adquisición de conocimientos que condiciona de forma directa el éxito o fracaso escolar de cada individuo. Leer eficazmente facilita el ajuste personal y la adaptación al sistema escolar y, de esta forma, favorece la inclusión social. Además, la lectura

tiene un impacto en la construcción de sociedades democráticas maduras. En conclusión, desde el punto de vista de los aprendizajes instrumentales, el principal objetivo de la escuela es enseñar a leer, comprender y aprender a partir de textos. Cuando esto falla, el individuo y el sistema educativo fracasan.

1.1. Factores de riesgo en el aprendizaje de la lectura

Alcanzar esta meta no está, sin embargo, resultando una tarea sencilla para las administraciones educativas. La investigación deja claro que existen dos factores de riesgo que afectan negativamente al aprendizaje de la lectura. Los informes internacionales han señalado reiteradas veces que un nivel socioeconómico bajo influye de forma negativa en el dominio de las habilidades básicas de lectura (Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación, 2009; 2015). Por otra parte, la integración en el sistema educativo de alumnado procedente de otros países constituye un nuevo factor de riesgo (Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación, 2009). Además, bajo nivel socioeconómico y emigración correlacionan significativamente. Sin embargo, la falta de equidad no está directamente relacionada con la riqueza de un país. Por ejemplo, Schubert y Becker (2010) tras revisar el bajo rendimiento de los alumnos alemanes en las pruebas de PISA 2000 (Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación, 2000) y PIRLS 2001 (Campbell et al., 2001), observaron diferencias importantes asociadas al nivel socioeconómico, el potencial de estimulación del hogar y las condiciones durante la alfabetización. Sin embargo, en Finlandia, un país con menor renta que Alemania, Linnakylä y Välijärvi (2006) encontraron que sus estudiantes obtuvieron altos resultados sin que hubiera diferencias que pudieran justificarse por la brecha socioeconómica. Estos autores concluyeron que un sistema educativo de alta calidad, que garantice la equidad de oportunidades, puede corregir los efectos del nivel socioeconómico.

Por otra parte, existen factores biológicos que afectan al aprendizaje de la lectura. Según el DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) (APA en adelante), las dificultades específicas de aprendizaje están determinadas por la herencia y son de carácter permanente. La dislexia evolutiva, considerando un criterio restrictivo, afecta aproximadamente al 5% de la población escolar. Este 5% de la población contribuye de forma desproporcionada a las estadísticas del fracaso escolar. Según estimaciones del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2012) de España, el 40% del fracaso escolar tiene como causa principal una dificultad de aprendizaje. En otras palabras, el 5% de la población produce hasta el 40% del fracaso escolar. Si a estos porcentajes se añaden las desigualdades derivadas del índice socioeconómico y la emigración, es fácil entender la importancia de implementar políticas educativas que garanticen la equidad en el aprendizaje de la lectura.

1.2. Estrategias proactivas basadas en la evidencia

Responder con equidad a los dos grandes factores de riesgo para el aprendizaje de la lectura es, por tanto, un desafío común para las sociedades democráticas avanzadas. Las administraciones educativas han puesto en marcha diversas estrategias guiadas por dos ideas principales. La primera idea es que las respuestas más eficaces provienen de prácticas educativas basadas en la evidencia. Por tanto, se hace necesaria una estrategia de transferencia para paliar el enorme déficit que padece el sistema educativo (Hargreaves, 1996; Hederich Martínez et al., 2014). La segunda idea es que existe consenso científico en que las intervenciones más eficaces son las de carácter preventivo y/o intervenciones tempranas. Es decir, intervenciones que se producen durante la etapa prelectora y la primera etapa de la alfabetización (Catts & Hogan, 2020). Esto es así incluso en programas que utilizan diferentes estrategias. Tanto las intervenciones dentro de la clase (Fuchs & Fuchs, 2006), las aproximaciones que extraen a los estudiantes del aula (Torgesen, 2009; Vellutino et al., 2006), la combinación de ambas estrategias (O'Connor et al., 2005) como las intervenciones asistidas por ordenador (Giménez et al., 2021; Richardson & Lyytinen, 2014) han dado resultados positivos. Las intervenciones más tardías, por el contrario, se muestran menos generalizables y eficaces (Shaywitz et al., 2008).

Las políticas educativas para dar respuesta a estos desafíos han seguido un camino muy similar en varios países. Por un lado, se ha encargado a grupos de expertos un informe en el que se realice un análisis de la situación y se recopile la evidencia científica sobre el aprendizaje de la lectura y sus dificultades (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2012; National Reading Panel, 2000; Rose, 2006). En segundo lugar, a partir de estos informes –aunque no siempre, como es el caso de España– las administraciones educativas han puesto en marcha sistemas proactivos de evaluación e intervención, es decir, sistemas cuyo principal objetivo es adelantarse al fracaso. Entre ellos, destacan muy especialmente los modelos RtI (Fuchs y Fuchs, 2006).

Los modelos RtI, implementados en las escuelas estadounidenses hace veinticinco años, se extienden de forma lenta por Europa, como es el caso de Finlandia (Björn et al. 2016; 2018) o Holanda (Scholvink & Janssen,

2014). En España, una experiencia de este tipo fue implementada a gran escala en la Comunidad de Canarias (Jiménez et al., 2010). Existen también experiencias, aunque más limitadas, realizadas en la Comunidad de Andalucía (Sánchez et al., 2018). Los modelos RtI presentan dos características que encajan a la perfección con los objetivos de una escuela inclusiva. Por una parte, la apuesta por aplicar programas preventivos o proactivos que permiten adelantarse al fracaso, optimizando de esta forma los recursos escolares ordinarios. Por otra parte, un modelo RtI implica un acompañamiento del proceso de aprendizaje y una evaluación continua del rendimiento del alumnado, lo que permite ajustarse a la diversidad de las necesidades educativas.

Los elementos fundamentales de los modelos RtI incluyen: un sistema de cribado junto con una evaluación dinámica para monitorizar el progreso de todo el alumnado, un conjunto de protocolos de intervención que ajustan su intensidad de acuerdo con el progreso de cada estudiante y un sistema diagnóstico basado en criterios objetivos.

Los Modelos RtI comienzan asegurándose que la instrucción para la enseñanza de la lectura sea de calidad, es decir, basada en evidencias. Esta instrucción se califica de *universal* porque se aplica a todos los alumnos. Seguidamente, realiza un cribado de las habilidades de lectura. Esta primera detección tiene por objetivo seleccionar a la población de riesgo. Los alumnos seleccionados reciben dos tipos de actuaciones: a) una intervención *suplementaria*, normalmente de carácter intensificador, y b) una evaluación continua para monitorizar el progreso. La evaluación continua y la intervención suplementaria permiten detectar un tercer grupo: alumnado que «no responde» a estas medidas. Este grupo recibe una evaluación más frecuente, así como una intervención suplementaria más intensiva e individualizada. Finalmente, el alumnado que no responde a estas intervenciones es derivado para evaluación psicopedagógica.

Sin embargo, aunque la investigación respalda los componentes de evaluación e intervención de los modelos RtI, el escalamiento de estos sistemas y su implementación supone un desafío muy exigente (Fletcher & Vaughn, 2009), lo que ha producido resultados controvertidos y no siempre satisfactorios (Reynolds & Shaywitz, 2009). Los modelos RtI necesitan de cambios en la planificación y organización de las escuelas que implican a todo el equipo educativo. Además, y no menos importante, necesitan un conjunto amplío y diverso de recursos materiales validados científicamente, por ejemplo: pruebas de evaluación; informes que ordenen los datos objetivos obtenidos para hacerlos interpretables; materiales de intervención de calidad para el aula y también para los programas suplementarios, etc.

Una manera alternativa de facilitar el escalamiento, así como la transferencia al aula de las herramientas de evaluación e intervención es el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (Luque et al., 2022). Con este fin, desde hace ahora más de una década, se ha venido creando la Plataforma Leeduca, una plataforma online en la que han colaborado un extenso número de profesionales de la escuela pública andaluza e investigadores de la Universidad de Málaga. Leeduca incorpora un conjunto de innovaciones tecnológicas que garantizan la transferencia del conocimiento más actualizado, pero también su propia actualización permanente. En este sentido la plataforma es una herramienta novedosa de transferencia, pero también una herramienta novedosa para la investigación educativa. Desde su concepción, la plataforma Leeduca ha sido concebida como una herramienta construida rigurosamente de acuerdo con la evidencia científica. En este sentido, Leeduca es un modelo integral para implementar una estrategia proactiva sobre el aprendizaje de la lectura y la prevención de las dificultades de aprendizaje. La Plataforma Leeduca contiene pruebas de cribado y evaluación del progreso similares a la de los modelos RtI y programas de intervención universales y suplementarios.

El objetivo de este estudio es comprobar la viabilidad y eficacia de Preleo, una intervención de carácter universal, en concreto, una intervención preventiva realizada durante el último año de Educación Infantil. Se espera que la intervención produzca efectos a corto, pero principalmente a medio plazo. Por una parte, el programa debería producir diferencias en las medidas de conciencia fonológica desde el final del último curso de Infantil. Por otra parte, el programa debería producir diferencias en los niveles de lectura alcanzados uno, e incluso dos años más tarde. Además, el programa debería producir una disminución del número de alumnos con riesgo de padecer dificultades de aprendizaje. Finalmente, se estudiará si existen efectos compensatorios diferenciales del programa según el nivel de severidad de las dificultades y el nivel socioeconómico.

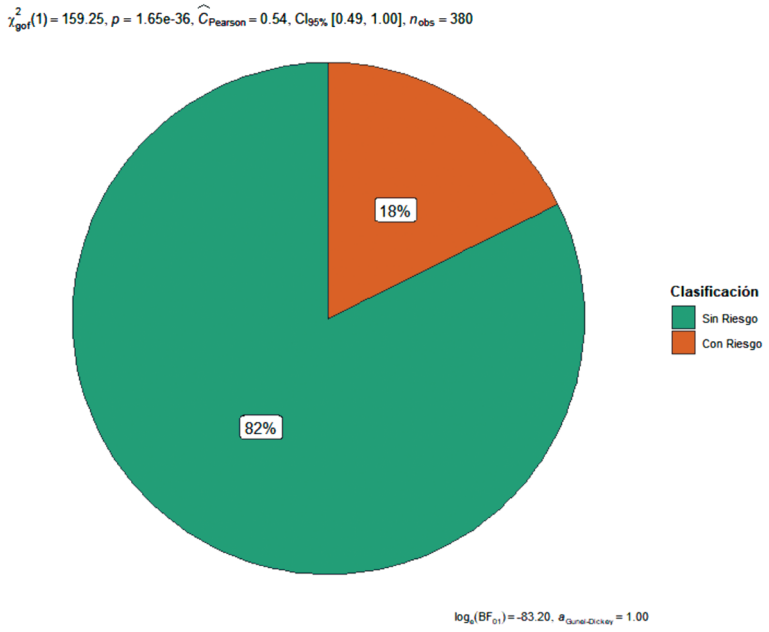
2. Método

2.1. Participantes

380 participantes, procedentes de 20 colegios de la provincia de Málaga, recibieron una evaluación trimestral durante tres años (5-7 años). 191 estudiantes (61% chicos) procedentes de 10 colegios recibieron intervención con Preleo (grupo experimental). El grupo control -sin intervención- incluía 189 estudiantes (55% chicos) pertenecientes a otros 10 colegios.

Inspirados en las propuestas de Catts y Petscher (2022), diseñamos una estimación de riesgo a partir de cuatro indicadores de monitoreo (lectura de palabras, pseudopalabras, velocidad lectora y comprensión) administrados a los siete años en el primer trimestre del curso y que no se usaron en el cálculo de los indicadores anuales. Cuando un estudiante puntuó por debajo del percentil 30 en una de las pruebas, se asignó el valor de uno. De este modo, calculamos una puntuación de riesgo sumando el valor de cada indicador. A partir de esta puntuación, dividimos la muestra en dos grupos, los estudiantes que se encuentran por encima de la mediana (P50), considerados en riesgo, y por debajo de la mediana como sin riesgo. El recuento según esta clasificación muestra que el 18% de los estudiantes se encuentran en riesgo de dificultades lectoras (véase Figura 1).

Figura 1. Distribución del alumnado en riesgo de dificultades lectoras.



Para determinar el efecto del programa en los diferentes niveles socioeconómicos partimos de los indicadores que proporciona el gobierno (ISE en adelante, Junta de Andalucía, España). La puntuación varía en 9 niveles, que fueron reagrupados en 3 categorías —bajo, medio, alto— con el objetivo de simplificar los análisis y su interpretación. En la Tabla 1 se muestran los resultados de la comparación de la variable Intervención (Con intervención, n = 191; Sin intervención, n = 189) en relación con las variables *Sexo*, *ISE* y *Riesgo*, utilizando la prueba de Chi-cuadrado de Pearson. La distribución por ISE y Riesgo resultaron significativas.

Tabla 1. Distribución del alumnado por intervención, sexo, nivel socioeconómico y riesgo lector.

Variable	**N**	**Total**	**Con Intervención**	**Sin Intervención**	**p-value***
		N = 380	N = 191	N = 189	
Sexo, n (%)	380				0.3
H		220 (58%)	116 (61%)	104 (55%)	
M		160 (42%)	75 (39%)	85 (45%)	
ISE, n (%)	380				0.008
Alto		105 (28%)	48 (25%)	57 (30%)	
Bajo		148 (39%)	65 (34%)	83 (44%)	
Medio		127 (33%)	78 (41%)	49 (26%)	
Riesgo, n (%)	380				<0.001
Con Riesgo		67 (18%)	21 (11%)	46 (24%)	
Sin Riesgo		313 (82%)	170 (89%)	143 (76%)	

*Chi-cuadrado

2.2. Programa de prevención PRELEO

Preleo, el programa de intervención temprana, está diseñado para prevenir dificultades lectoras en niños de edad preescolar. Dado que la literatura científica muestra que, para la adquisición efectiva de la alfabetización y para minimizar el riesgo de fracaso escolar, es esencial disponer de una sólida base en el lenguaje oral, este programa tiene como objetivo principal fortalecer las habilidades lingüísticas durante la etapa prelectora.

Pese a que el programa, actualmente, se estructura en torno a cinco bloques (CF, vocabulario, comprensión oral, fluidez y principio alfabético), en este estudio, el grupo experimental sólo recibió estimulación en conciencia silábica (10 semanas) y conciencia fonémica (19 semanas). Las actividades están diseñadas para ser dinámicas, promover la participación activa de los niños y asegurar un aprendizaje progresivo. El programa Preleo se implementa de manera diaria en el aula ordinaria, con sesiones que tienen una duración de entre 10 y 30 minutos, dependiendo del nivel de desarrollo y las actividades propuestas.

El programa Preleo es aplicado por los propios docentes, quienes reciben una breve formación inicial que les capacita para aplicar las actividades de manera efectiva en el aula. Este proceso se complementa con un acompañamiento telemático continuo que les proporciona apoyo, facilitando la implementación y adaptando las actividades a las necesidades específicas de su alumnado. Este modelo de intervención permite integrar el programa de forma natural en el contexto escolar, asegurando un impacto significativo en el desarrollo lingüístico de los niños.

2.2.1. Tareas de evaluación

Se utilizaron diversas tareas para evaluar el rendimiento de los estudiantes en cinco dimensiones clave relacionadas con la lectura además del CI no verbal (Test Raven. (Raven et al., 2011)). Las tareas para monitorizar el aprendizaje siguieron el principio de adaptabilidad al momento evolutivo del alumnado (véase Anexo 1 para una descripción de cada tarea y su fiabilidad). Las tareas se agruparon en cinco indicadores:

1. Conciencia Fonológica: Incluyó tareas de memoria fonológica, identificación y manipulación de sílabas y fonemas y reconocimiento de letras.
2. Ruta Fonológica: lectura de pseudopalabras de diferente longitud y sílabas aisladas, enfocado en la decodificación fonológica.
3. Ruta Visual: lectura de palabras de diferente longitud, evaluando el reconocimiento visual y acceso léxico directo.
4. Fluidez Lectora: velocidad lectora en textos, reflejando la precisión y rapidez de la lectura continua.
5. Comprensión Lectora: Se evaluó la capacidad para entender y extraer significado de textos leídos, a través de preguntas posteriores.

2.3. Procedimiento

El programa de intervención Preleo se aplicó durante 29 semanas, entre los meses de octubre y mayo del curso 2015/2016. Las pruebas de evaluación fueron administradas en tres momentos durante el curso escolar (noviembre, febrero y mayo) por maestras de audición y lenguaje entrenadas, en sesiones individuales en una habitación sin ruidos. Las sesiones tuvieron una duración de entre 20 a 35 minutos, dependiendo del rendimiento de cada participante. Se utilizaron ordenadores de cada escuela conectados por internet con la Plataforma.

2.4. Análisis de los datos

Todos los indicadores continuos se estandarizaron a puntuaciones z. A partir de las puntuaciones estandarizadas se calcularon promedios por trimestre de cada indicador y un promedio anual.

Dado que en un análisis exploratorio encontramos diferencias de CI entre los grupos de intervención (Tabla 2), ejecutamos un análisis de varianza multivariado (MANCOVA) para examinar el efecto de la intervención en las habilidades lectoras, controlando el efecto del CI como covariable y los factores Sexo, ISE, Intervención y Riesgo como variables independientes. Posteriormente, se llevaron a cabo análisis univariados (ANOVA) para examinar los efectos individuales de cada factor en las habilidades lectoras. Analizamos las diferencias en la prevalencia

de estudiantes en riesgo de dificultades en función de la intervención y el nivel socioeconómico. Se utilizaron análisis de proporciones (librería ggstatsplot; https://d66z.short.gy/u9EeSH).

3. Resultados

Los análisis aparecen agrupados según los objetivos del estudio. Primero, los efectos de Preleo sobre los indicadores de nivel lector. Segundo, los efectos sobre la prevalencia. Finalmente, se analizan los efectos compensatorios de la intervención con Preleo.

3.1. Estimación de los efectos de la intervención

Se presenta primero un análisis exploratorio comparando los grupos de intervención en las diferentes variables dependientes. Se emplearon pruebas t de Student para variables continuas con distribución normal y el test de rangos de Wilcoxon para aquellas que no cumplían con la asunción de normalidad. Se aplicó la corrección FDR para ajustar la significancia. Además, se calcularon los tamaños del efecto mediante d de Cohen a partir de las estimaciones del ANOVA (estimando d a partir de η^2; métrica más utilizada en estudios educativos). Los resultados muestran diferencias entre el grupo de intervención y el grupo control en todos los indicadores medidos, incluida la inteligencia (véase la Tabla 2).

Tabla 2. Comparación entre grupos en CI y habilidades lectoras.

Variable	Intervención		p-value**	q-value***	d-Cohen
	Con Intervención	Sin Intervención			
	N = 191*	N = 189[1]			
CI	0.38 (1.00)	-0.30 (0.92)	<0.001	<0.001	0.7
CF_5	0.20 (0.37)	-0.10 (0.45)	<0.001	<0.001	0.5
CF_6	0.17 (0.45)	-0.12 (0.67)	<0.001	<0.001	0.5
CF_7	0.34 (0.89)	-0.07 (0.97)	<0.001	<0.001	0.4
RF_6	0.31 (0.72)	-0.06 (0.92)	<0.001	<0.001	0.4
RF_7	0.34 (0.84)	-0.03 (0.83)	<0.001	<0.001	0.4
RV_6	0.34 (0.75)	-0.08 (0.96)	<0.001	<0.001	0.5
RV_7	0.35 (0.72)	-0.14 (0.75)	<0.001	<0.001	0.7
FL_6	0.10 (0.53)	-0.15 (0.56)	<0.001	<0.001	0.5
FL_7	0.36 (0.84)	-0.13 (0.94)	<0.001	<0.001	0.5
COMP_6	0.22 (0.75)	-0.09 (0.79)	<0.001	<0.001	0.4
COMP_7	0.08 (0.43)	-0.06 (0.54)	0.026	0.026	0.3

*Media (dt)

**Test de suma de rangos de Wilcoxon

***Corrección FDR

Conciencia Fonológica (CF); Ruta Fonológica (RF); Ruta Visual (RV); Fluidez (FL); Comprensión lectora (COMP). Los números 5, 6 y 7 indican la edad y curso. 5 es infantil de 5 años, 6 (años) corresponde a primero de primaria y 7 (años) a segundo de primaria.

Para estimar el efecto de los factores Sexo, ISE, Riesgo junto con la Intervención en un mismo modelo, llevamos a cabo un análisis de varianza multivariado (MANCOVA) introduciendo y controlando el efecto del CI como covariable. Los resultados indicaron efectos principales estadísticamente significativos de CI [Wilks' $\lambda = 0.900$, $F(11, 345) = 3.483$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.010$], de Intervención [Wilks' $\lambda = 0.901$, $F(11, 345) = 3.463$, $p < 0.001$, $\eta^2 \approx 0.010$], de Riesgo [Wilks' $\lambda = 0.632$, $F(11, 345) = 18.27$, $p < 0.001$, $\eta^2 \approx 0.050$], de ISE [Wilks' $\lambda = 0.849$, $F(22, 690) = 2.67$, $p < 0.001$, $\eta^2 \approx 0.0077$ y de Sexo [Wilks' $\lambda = 0.910$, $F(11, 345) = 3.11$, $p = 0.001$, $\eta^2 \approx 0.009$]. Entre las interacciones, se observaron efectos multivariantes significativos para la interacción Intervención × ISE [Wilks' $\lambda = 0.869$, $F(22, 690) = 2.274$, $p < 0.001$, $\eta^2 \approx 0.006$] y para la interacción Riesgo × ISE [Wilks' $\lambda = 0.873$,

F(22, 690) = 2.211, p = 0.001, η^2 ≈ 0.006]. Se observaron además tendencias marginales para la interacción Intervención × Riesgo [Wilks' λ = 0.951, F(11, 345) = 1.600, p = 0.097, η^2 ≈ 0.004] y para la interacción Intervención × ISE × Sexo [Wilks' λ = 0.909, F(22, 690) = 1.529, p = 0.058, η^2 ≈ 0.004]. Estos hallazgos sugieren que, tras controlar por CI, los efectos principales de Sexo, ISE, Intervención y Riesgo inciden significativamente en el conjunto de indicadores de nivel lector, y que las interacciones entre ISE e Intervención, así como entre ISE y Riesgo, aportan información adicional relevante al explicar la variabilidad multivariante observada.

Los análisis univariados para evaluar el efecto de la condición de Intervención sobre cada una de las variables dependientes indicaron que la intervención tuvo un efecto significativo en todos los indicadores a excepción de fluidez y comprensión lectora a los seis años (véase Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de la intervención en los indicadores lectores.

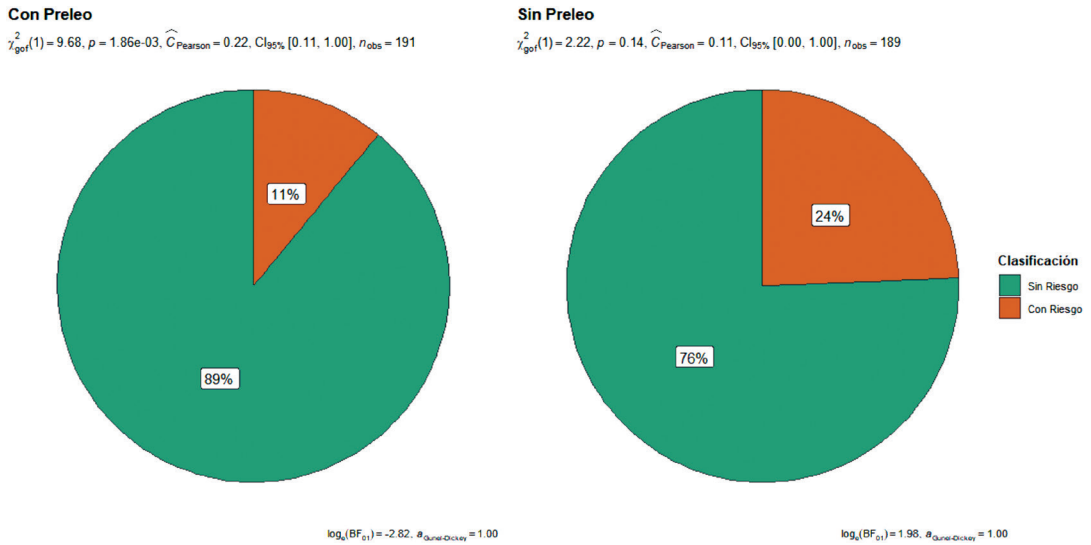
Variable	SC	gl	F	p	η^2_p
CF_5	36.837	1	26.60	0 .001	0.067
CF_6	11.423	1	4.48	0.035	0.012
CF_7	56.926	1	8.89	0.003	0.023
RF_6	47.649	1	9.71	0.002	0.025
RF_7	21.026	1	4.11	0.043	0.011
RV_6	63.198	1	12.22	0.001	0.032
RV_7	31.578	1	8.95	0.003	0.023
FL_6	0.7299	1	2.69	0.102	0.007
FL_7	59.585	1	12.03	0.001	0.031
COMP_6	0.4012	1	0.73	0.392	0.002
COMP_7	23.590	1	11.85	0.001	0.031

3.2. Análisis de prevalencias

Para analizar las diferencias en la prevalencia de riesgo de dificultades en función de las condiciones de intervención y nivel socioeconómico, se realizó un análisis de proporciones mediante pruebas chi-cuadrado. Se estimaron los ratios de prevalencia asumiendo un umbral del 20% de acuerdo con Shaywitz y Shaywitz (2020) y Shaywitz et al. (2020). Se comparó la proporción de casos en cada condición con este punto de referencia.

Primero se estimó el efecto de la interacción entre Intervención y Riesgo para determinar si la proporción de estudiantes en riesgo difiere significativamente entre las condiciones de intervención (Figura 2).

Figura 2. Prevalencia de alumnado en riesgo según intervención.



La intervención tuvo un efecto significativo en la prevalencia de estudiantes en riesgo. En la condición con intervención, la prevalencia fue significativamente más baja que la esperada (11%). En el grupo sin intervención la prevalencia obtenida no difirió de la esperada (24%).

Siguiendo la misma lógica, estimamos las prevalencias para la triple interacción riesgo, intervención y nivel socioeconómico. Los resultados indican que las prevalencias de riesgo no difieren significativamente en la condición con intervención. En la condición sin intervención sí encontramos diferencias significativas según ISE (véase Figura 3).

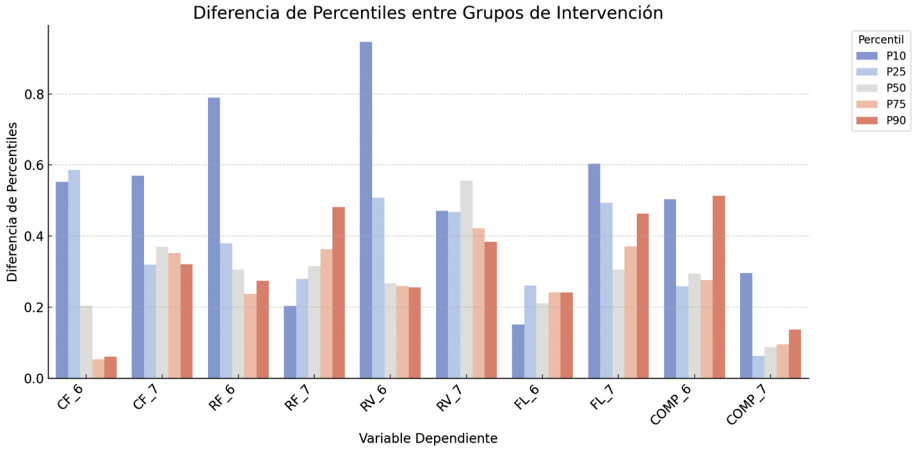
Figura 3. Riesgo lector según nivel socioeconómico y condición de intervención.



3.3. Efectos compensatorios

Recordemos que el MANCOVA arrojó efectos significativos para la interacción Intervención × ISE y tendencias marginales para la interacción Intervención × Riesgo. Complementariamente estudiamos los efectos compensatorios sobre el nivel de severidad del riesgo, independientemente del ISE. Se calcularon los percentiles 10, 25, 50, 75 y 90 de las variables dependientes en cada grupo de intervención y se obtuvo la diferencia entre ambos grupos para cada grupo percentílico. De este modo, identificamos cómo varía el impacto de la intervención en diferentes niveles de rendimiento, proporcionando una interpretación más detallada de su eficacia en cada indicador. La altura de las barras indica la ganancia del grupo con intervención, lo que sugiere que ésta benefició especialmente a los estudiantes que se sitúan en los percentiles más bajos de la distribución (véase Figura 4).

Figura 4. Diferencias de rendimiento lector entre grupos (%).



4. Discusión

El principal objetivo de este estudio era validar empíricamente la eficacia de Preleo, una intervención preventiva universal. Hablamos de validación empírica porque tanto las pruebas de evaluación como el programa fueron construidos guiados rigurosamente por la evidencia, por lo que cabía esperar que se obtuvieran resultados similares a los ya conocidos (Ehri et al., 2001; Vellutino et al., 2006). En concreto, nos proponíamos comprobar los efectos de la intervención a corto plazo y con demoras de uno y dos años en las medidas de conciencia fonológica, ruta fonológica, ruta visual, fluidez en la lectura de textos y comprensión. Además, nos propusimos estudiar si se producía una disminución del número de alumnos con riesgo de padecer dificultades de aprendizaje como las descritas en otros estudios (McMaster et al., 2005). Finalmente, también queríamos estudiar los efectos compensatorios de Preleo, comprobando si se verificaban diferencias de impacto según el nivel de riesgo o el nivel socioeconómico (Lipka & Siegel, 2010). Por otra parte, tanto la administración de las pruebas trimestrales de evaluación como el propio programa de intervención fueron aplicados por personal ordinario de cada escuela. Por tanto, de obtener resultados significativos, ello conllevaría una importante consecuencia práctica: la validación ecológica del sistema.

Además, la interpretación de los resultados no sería adecuada si no consideráramos otra circunstancia inusual en el marco de los estudios sobre modelos RtI. En este estudio se tuvo la oportunidad de evaluar el efecto independiente de Preleo, un programa de prevención universal limitado al último año de educación infantil. Sin embargo, un modelo RtI aplica al alumnado identificado con riesgo programas progresivamente más intensos y personalizados desde la etapa de Educación Infantil hasta Primaria. Esto debe ser considerado para valorar los resultados alcanzados cuando se comparen con otros estudios.

Los efectos de la intervención con Preleo han resultado significativos en todas las medidas evaluadas con tamaños del efecto moderados (ver Tabla 2), lo que es un resultado notable dado el carácter universal y la longitud limitada de la intervención. Además, el análisis multivariado (MANCOVA) reveló un efecto significativo de la intervención en todos los componentes del aprendizaje lector, incluso tras controlar el efecto de la inteligencia (CI). Este hallazgo confirma que la intervención tiene un impacto independiente y positivo en el rendimiento lector, alineándose con estudios previos sobre la efectividad de los modelos RTI (Catts & Hogan, 2020; Fuchs & Fuchs, 2006).

Además, la interacción entre la intervención y el nivel socioeconómico (ISE) mostró que el grupo de estudiantes con ISE bajo experimentó una mejora especialmente significativa, sugiriendo que la intervención atenuó el impacto de las desventajas socioeconómicas durante la alfabetización. Este hallazgo concuerda con estudios previos que han demostrado que los modelos RtI pueden reducir la brecha socioeconómica en el aprendizaje lector (Linnakylä & Välijärvi, 2006; Schubert & Becker, 2010).

Un rasgo destacable de los resultados es que los efectos han sido significativos en todas las edades. Los efectos hallados a los 5 años, mientras se implementaba el programa de intervención, son esperables. Sin embargo, que los efectos sean significativos y se mantengan significativos dos años después apunta a que las ganancias de la intervención están sólidamente consolidadas. Estos resultados, además, permiten realizar una interpretación sencilla de acuerdo con el modelo Simple de Lectura (Gough & Tunmer, 1986; Hoover & Gough, 1990). La mejora en la conciencia fonológica – objetivo principal de Preleo – facilita la adquisición de los mecanismos de lectura de palabras. Los análisis multivariados revelaron un fuerte impacto del programa sobre la ruta fonológica y visual a los seis y siete años. Por su parte, representaciones léxicas de mayor calidad produjeron a su vez mejoras significativas en fluidez y comprensión lectoras a los siete años (Perfetti, 2007). En definitiva, los resultados muestran un efecto acumulativo en el desarrollo de habilidades lectoras fundamentales ya descrito previamente (Vellutino et al., 2006).

Otro rasgo destacado es que se han producido ganancias incluso en las medidas de comprensión, aunque con un tamaño del efecto menor, lo que tampoco es un resultado novedoso (O'Connor et al., 2005). Considerando que la intervención tenía como objetivo principal la conciencia fonológica y más concretamente la conciencia fonémica, los efectos sobre la fluidez lectora y la comprensión pueden considerarse efectos no directos del programa, y, por tanto, esperablemente más débiles. Debe reconocerse que, para aumentar el impacto sobre la fluidez y la comprensión, los programas deberían incluir contenidos que impacten directamente sobre la fluidez y la comprensión (Snowling & Hulme, 2012). Estos contenidos están incluidos en las versiones más recientes de la Plataforma Leeduca.

Con respecto a la disminución en la prevalencia de dificultades de aprendizaje, los análisis muestran que la proporción de estudiantes en riesgo de dificultades disminuyó significativamente en el grupo que recibió la intervención con Preleo. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que indican que las estrategias

preventivas pueden reducir la prevalencia de los trastornos de lectura (Lipka & Siegel, 2010; Shaywitz & Shaywitz, 2020; Shaywitz et al., 2020).

Si consideramos los efectos compensatorios en la disminución del riesgo, los resultados son muy alentadores. Al desglosar los efectos por nivel socioeconómico (ISE), se observa que la reducción del riesgo de dificultades lectoras es más pronunciada en los estudiantes de ISE bajo, en quienes la prevalencia de dificultades pasó del 26% en el grupo sin intervención al 12% en el grupo con intervención. En los niveles socioeconómicos medios y altos, la reducción del riesgo fue menor pero aún significativa. Estos hallazgos refuerzan la importancia de las estrategias proactivas como herramientas para mejorar la equidad educativa y reducir las brechas en el acceso a la alfabetización (Schubert & Becker, 2010).

Además, la reducción del riesgo en estudiantes de ISE sugiere que la intervención puede mitigar parcialmente los efectos negativos de la falta de estimulación lectora en el hogar y el acceso limitado a recursos educativos (OECD, 2009, 2010). Estudios previos han demostrado que la exposición temprana a actividades de conciencia fonológica y estrategias de decodificación en contextos escolares puede contrarrestar estas desventajas estructurales (Linnakylä & Välijärvi, 2006). Así, la intervención no solo impacta en la mejora de las habilidades lectoras, sino que también representa un mecanismo de compensación ante desigualdades socioeconómicas.

Más aún, considerando el impacto de la intervención en la población de riesgo, independientemente del nivel socioeconómico, el rendimiento lector global fue significativamente mayor en los estudiantes en riesgo que recibieron la intervención en comparación con aquellos en riesgo que no la recibieron. Pero, además, la intervención tuvo un impacto positivo más pronunciado en los niños con dificultades más severas, lo que queda ilustrado en la Figura 4 y es consistente con resultados previamente reportados (McMaster et al., 2005).

5. Conclusiones

Este estudio proporciona evidencia sólida sobre la efectividad de una intervención preventiva en la mejora de las habilidades lectoras y la reducción del riesgo de dificultades de aprendizaje. La intervención con Preleo demostró ser efectiva en distintos niveles socioeconómicos, con un impacto compensatorio significativo en los estudiantes en mayor riesgo y en aquellos de entornos desfavorecidos.

Por otra parte, decíamos en la introducción, que los desafíos de los modelos RtI afectan a su escalabilidad y a la transferencia del conocimiento. El uso de la Plataforma Leeduca ha permitido la estandarización y sistematización del programa aplicado, lo que, a nuestro entender, ha facilitado la transferencia de conocimientos con un mínimo esfuerzo en la formación del profesorado. Si bien la formación del profesorado es una variable clave en el éxito escolar (Hattie, 2023), dotarles de herramientas de calidad para evaluar e intervenir es una contribución crucial para mejorar su rendimiento. En definitiva, la aplicación del programa por docentes ordinarios y con apoyo de una plataforma tecnológica representa una estrategia viable y escalable para mejorar la equidad educativa y prevenir el fracaso escolar.

Contribución de los autores

Auxiliadora Sánchez Gómez: Conceptualización, Investigación, Software, Visualización, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

Juan Luis Luque Vilaseca: Conceptualización, Investigación, Metodología, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

Almudena Giménez de la Peña: Conceptualización, Metodología, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

P. Javier López Pérez: Curación de datos, Análisis formal, Metodología, Redacción - borrador original.

Referencias

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5ª ed.). American Psychiatric Association. https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Björn, P. M., Aro, M. T., Koponen, T. K., Fuchs, L. S., & Fuchs, D. H. (2016). The many faces of special education within RTI frameworks in the United States and Finland. *Learning Disability Quarterly, 39*(1), 58-66. https://doi.org/10.1177/0731948715594787

Björn, P. M., Aro, M., Koponen, T., Fuchs, L. S., & Fuchs, D. (2018). Response-to-intervention in Finland and United States: Mathematics learning support as an example. *Frontiers in Psychology, 9*, 800. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00800

Campbell, J. R., Kelly, D. L., Mullis, I. V. S., Martin, M. O., & Sainsbury, M. (2001). *Framework and Specifications for PIRLS Assessment 2001* (2nd ed.). Boston College.

Catts, H. W., & Hogan, T. P. (2020). Dyslexia: An ounce of prevention is better than a pound of diagnosis and treatment. *PsyArXiv*. https://doi.org/10.31234/osf.io/nvgje

Catts, H. W., & Petscher, Y. (2022). A cumulative risk and resilience model of dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, *55*(3), 171-184. https://doi.org/10.1177/002221942110370

Echeita Sarrionandia, G. (2008). Inclusión y exclusión educativa. "Voz y quebranto". *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 6*(2), 9-18. https://doi.org/10.15366/reice2008.6.2.001

Ehri, L., Nunes, S. R., Willows, D. M., Schuster, B. V., & Yaghoub-Zadeh, Z. (2001). Phonemic awareness instruction helps children learn to read: Evidence from the National Reading Panel's meta-analysis. *Reading Research Quarterly, 36*(3), 250-287. https://doi.org/10.1598/RRQ.36.3.2

Fletcher, J., & Vaughn, S. (2009). Response to intervention: Preventing and remediating academic difficulties. *Child Development Perspectives, 3*(1), 30–37. https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2008.00072.x

Fuchs, D., & Fuchs, L. S. (2006). Introduction to response to intervention: What, why, and how valid is it? *Reading Research Quarterly, 41*(1), 93-99. https://doi.org/10.1598/RRQ.41.1.4

Giménez, A., Bordoy, S., Sánchez, A., López-Zamora, M., Sopena, J. M., & Luque, J. L. (2021). A supplemental computer-assisted intervention programme to prevent early reading difficulties in Spanish learners: A stratified random control trial. *Journal of Computer Assisted Learning, 37*(2), 510-520. https://doi.org/10.1111/jcal.12504

Gobierno de España. (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. (BOE-A-2020-17264). Madrid, España: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado Retrieved from https://d66z.short.gy/ETTLPr.

Gough, P. B., & Tunmer, W. E. (1986). Decoding, reading, and reading disability. *Remedial and Special Education, 7*(1), 6-10. https://doi.org/10.1177/074193258600700104

Hargreaves, D. H. (1996). Teaching as a research-based profession: Possibilities and prospects. *Teacher Training Agency Annual Lecture*.

Hattie, J. (2023). *Visible learning: The sequel: A synthesis of over 2,100 meta-analyses relating to achievement*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003380542

Hederich Martínez, C., Martínez Bernal, J., & Rincón Camacho, L. (2014). Hacia una educación basada en la evidencia. *Revista Colombiana de Educación, 66*, 19-54. https://doi.org/10.17227/01203916.66rce19.54

Hoover, W. A., & Gough, P. B. (1990). The simple view of reading. *Reading and Writing, 2*, 127-160. https://doi.org/10.1007/BF00401799

Jiménez, J. E., Rodríguez, C., Crespo, P., González, D., Artiles, C., & Alfonso, M. (2010). Implementation of Response to Intervention (RtI) Model in Spain: An example of a collaboration between Canarian universities and the Department of Education of the Canary Islands. *Psicothema, 22*(4), 935-942.

Lawlor, J., Mills, K., Neal, Z., Neal, J. W., Wilson, C., & McAlindon, K. (2019). Approaches to measuring use of research evidence in K-12 settings: A systematic review. *Educational Research Review, 27*, 218-228. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.002

Linnakylä, P., & Välijärvi, J. (2006). Rendimiento de los estudiantes finlandeses en PISA: Las claves del éxito en lectura. *Revista de Educación*, (Nº Extra 1), 227-235.

Lipka, O., & Siegel, L. (2010). The improvement of reading skills of L1 and ESL children using a Response to Intervention (RtI) Model. *Psicothema, 22*(4), 963-969.

Luque, J. L., Giménez, A., Sánchez-Gómez, A., & Rodríguez-Moreno, M. (2022). La tecnología al servicio de la dislexia evolutiva. En J. Quintanal & J. C. Sánchez-Huete (Eds.), *La dislexia: conocer y afrontar su problemática* (pp. 45-72). UNED.

Lustosa de Oliveira Barbosa, M., Marín-Suelves, D., Esteve, M. I. V., & Méndez, V. G. (2024). Mapeo de la investigación sobre la práctica basada en la evidencia en educación: un análisis mixto. *Revista de Educación a Distancia (RED), 24*(77). https://doi.org/10.6018/red.576211

McMaster, K., Fuchs, D., Fuchs, L., & Compton, D. (2005). Responding to nonresponders: An experimental field trial of identification and intervention methods. *Exceptional Children, 71*(4), 445-463. https://doi.org/10.1177/001440290507100404

Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación. (2000). *PISA 2000: Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE. Informe español.* Ministerio de Educación y Ciencia.

Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación. (2009). *PISA 2009: Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE. Informe español.* Ministerio de Educación y Ciencia.

Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación. (2015). *PISA 2015: Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE. Informe español.* Ministerio de Educación y Ciencia.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2012). *La atención al alumno con dislexia en el sistema educativo en el contexto de las necesidades específicas de apoyo educativo.* Colección Eurydice, España-REDIE.

National Reading Panel. (2000). *Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction.* https://www.nichd.nih.gov/

O'Connor, R. E., Harty, K. R., & Fulmer, D. (2005). Tiers of intervention in kindergarten through third grade. *Journal of Learning Disabilities, 38*(6), 532-538. https://doi.org/10.1177/00222194050380060901

OECD. (2009). *PISA 2009. Assessment framework – key competencies in reading, mathematics and science.* OECD Publishing.

OECD. (2010). *PISA 2009 results: What students know and can do – student performance in reading, mathematics and science (Volume 1).* OECD Publishing.

Perfetti, C. (2007). Reading ability: Lexical quality to comprehension. *Scientific Studies of Reading, 11*(4), 357-383. https://doi.org/10.1080/10888430701530730

Raven, J., Court, J. H., & Raven, J. C. (2011). *RAVEN: Matrices progresivas: Escalas color (CPM), general (SPM), superior (APM): Manual* (3ª ed.). Pearson.

Reynolds, C. R., & Shaywitz, S. E. (2009). Response to Intervention: Ready or not? Or, from wait-to-fail to watch-them-fail. *School Psychology Quarterly, 24*(2), 130-145. https://doi.org/10.1037/a0016158

Richardson, U., & Lyytinen, H. (2014). The GraphoGame method: The theoretical and methodological background of the technology-enhanced learning environment for learning to read. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans, 10*(1), 39-60. https://doi.org/10.17011/ht/urn.201501071031

Rose, J. (2006). *Independent review of the teaching of early reading: Final report*. Department of Education & Skills, https://dera.ioe.ac.uk/5551/2/report.pdf

Sánchez, A., Cobo, M. A., Vilaseca, J. L. L., & Giménez, A. (2018). Fase de prevención del proyecto LEEDUCA: Un enfoque proactivo en la enseñanza de la lectura. *Cuadernos de Pedagogía, 490*, 32-37.

Sandoval, M., & Waitoller, F. (2022). Ampliando el concepto de participación en la educación inclusiva: Un enfoque de justicia social. *Revista Española de Discapacidad, 10*(2), 7-20. https://doi.org/10.5569/2340-5104.10.02.01

Scholvink, M., & Janssen, L. (2014). *Basisboek RTI. Groei meten voor passend onderwijs [RTI Measuring Learning Growth in Inclusive Education].* Uitgeverij Pica.

Schubert, F., & Becker, R. (2010). Social inequality of reading literacy. *Research in Social Stratification and Mobility, 28*(1), 109-133. https://doi.org/10.1016/j.rssm.2009.12.007

Shaywitz, S. E., Morris, R., & Shaywitz, B. A. (2008). The education of dyslexic children from childhood to young adulthood. *Annual Review of Psychology, 59*(1), 451-475. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093633

Shaywitz, B. A., & Shaywitz, S. E. (2020). The American experience: Towards a 21st century definition of dyslexia. *Oxford Review of Education, 46*(4), 454-471. https://doi.org/10.1080/03054985.2020.1793545

Shaywitz, S. E., Holahan, J. M., Kenney, B., & Shaywitz, B. A. (2020). The Yale outcome study: Outcomes for graduates with and without dyslexia. *Journal of Pediatric Neuropsychology, 6*, 189-197. https://doi.org/10.1007/s40817-020-00094-3

Snowling, M. J., & Hulme, C. (2012). Interventions for children's language and literacy difficulties. *International Journal of Language & Communication Disorders, 47*(1), 27-34. https://doi.org/10.1111/j.1460-6984.2011.00081.x

Torgesen, J. K. (2009). The response to intervention instructional model: Some outcomes from a large-scale implementation in Reading First schools. *Child Development Perspectives, 3*(1), 38-40. https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2009.00073.x

Unesco. (2017). *Guía para asegurar la inclusión y la equidad en la educación.* Unesco.

Vellutino, F. R., Scanlon, D. M., Small, S., & Fanuele, D. P. (2006). Response to intervention as a vehicle for distinguishing between children with and without reading disabilities: Evidence for the role of kindergarten and first-grade interventions. *Journal of Learning Disabilities, 39*(2), 157-169. https://doi.org/10.1177/00222194060390020401

Anexo 1. *Tiempo de administración, descripción detallada y valores alfa de las tareas de evaluación utilizadas en el las tres edades evaluadas: 5, 6 y 7 años. La Sesión 1 (S1) se administró en noviembre, la Sesión 2 (S2), en febrero y la Sesión 3 (S3), en mayo.*

Tarea	Edad	S	Descripción de la tarea	No.Items	Cronbach α
Matrices Progresivas Raven	5	1	**COEFICIENTE INTELECTUAL (CI)** Es una prueba no verbal, que evalúa la habilidad inte- lectual y el razonamiento basado en figuras. Hay un patrón con una pieza faltante. El niño debe elegir entre 6 elementos la forma que completa el patrón. Se utilizaron las formas A, B y AB (12 elementos cada una)	36	
Conteo de sílabas	5	1	**CONCIENCIA FONOLÓGICA (CF)** Tras nombrar la imagen presentada en la pantalla, el niño cuenta el número de sílabas en palabras de una, dos, tres y cuatro sílabas. La tarea consistió en los siguientes elementos: Palabras de una sílaba: tren , flan, pez, pan, sol. Palabras de dos sílabas: gato, árbol, barco, dragon, ratón. Palabras de tres sílabas: caballo, avestruz, calcetín, plátano, bufanda Palabras de cuatro sílabas: cocodrilo, elefante, bicicleta, escalera, mariposa	20	.865
Identificación de sílabas iniciales	5	1	El niño selecciona de una serie de tres imágenes aquella cuyo nombre comienza con la misma sílaba que el objeto representado arriba. La tarea consistió en los siguientes puntos: Sofá – copa , sobre; Libro – silla, limón, árbol; Jarra – jamón, lápiz, gato; Pera – mesa, reloj, perro; Mono – foca, moto, botón; Casa – camión, gato, dado.	6	.629
Identificación del fonema inicial palabras	5	2, 3	El niño nombra el objeto presentado en la pantalla y dice su primer sonido. La tarea consistió en los siguientes elementos: avión, oso, ratón, mano, ojo, uno, elefante, avestruz, iglú, mono, foca, jamón, silla, reloj, tortuga, luna, barco, dado, casa, zapato, libro, perro, nariz.	20	.940
Supresión de sílaba inicial	5	1	Después de nombrar la imagen presentada en la pantalla, se le indica al niño que la diga eliminando la sílaba inicial. Se registran las respuestas correctas, los errores y el tiempo de respuesta.. Los ítems utilizados son: ZApato – ZA = pato; SOpera – SO = pera; COchino – CO = chino; CAseta – CA = seta; CUchilla – CU = chilla ; CORbata – COR = bata; CONtenedor – CON = tenedor; CANdado – CAN = dado; SOLdado – SOL = dado; CAMpana – CAM = pana.	10	.915
Supresión de fonema final	5	2	El experimentador nombra un objeto presentado en la pantalla, se le indica al niño que lo repita y luego lo diga dejando caer el fonema final. La tarea consistió en los siguientes elementos.: mesA – A = mes; colA – A = col; gotaS – S = gota; caracolA – A = caracol; farolA – A = farol; bombonA – A = bombón; buzóN – N = buzo; faroL – L = faro; pájarO – O = pajar.	8	.873
Segmentación fonémica	5 6	3 1,2	El niño selecciona entre diferentes opciones (2, 3, 4, 5 o 6) el número de sonidos de palabras monosilábicas y bisílabas pronunciadas por el experimentador cuando aparece la imagen en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: Entrenamiento: boca, uno, mano, flor. Test: ala, gel, luna, árbol, flan, isla, dedal, sol, globo, once.	10	.858
Identificar de fonema inicial pseudopalabras	6	1	El niño dice el sonido inicial en las sílabas CVC o CCVC pronunciadas por el experimentador. La tarea consistió en 3 ítems de entrenamiento (SOL, LEN, MIR) y 10 ítems de prueba: PEL, FOL, NAR, LAN, PREN, MOL, RAS, FLOS, SEL, PLES.	10	.919
Identificar de fonema final pseudopalabras	6	1	El niño dice el sonido final de las sílabas CVC pronunciadas por el experimentador. La tarea consistió en 3 ítems de entrenamiento (SOL, LEN, MIR) y 10 ítems de prueba: MOS, FER, LAN, SEL, TAZ, ZOS, CAD, POC, DAT, REJ.	10	.863

Tarea	Edad	S	Descripción de la tarea	No.Items	Cronbach α
Supresión de sílaba JA todas posiciones	6	1	La tarea consiste en decir qué queda si a la palabra nombrada por el evaluador o evaluadora se le quita la sílaba JA. Consta de 3 ítems de entrenamiento y 9 de prueba palabras de tres sílabas que contienen la sílaba JA en la posición inicial, media o final. La tarea consistió en los siguientes elementos: En posición incial: JAbalí – JA= balí; JArabe – JA= rabe; JAmones – JA= mones En posición media: piJAma – JA= pima; páJAro – JA= paro; teJAdo – JA= tedo En posición final: oveJA – JA= ove; aguJA – JA= agu; naranJA – JA= naran	9	.927
Síntesis fonémica	6	1	Al niño se le proporcionan dos o tres fonemas y tiene que decir la sílaba que componen esos sonidos. La tarea consistió en 2 entrenamientos (M-E; L-U) y 12 ítems de prueba: S-A; M-O; I-L; O-N; F-U-S; J-U-L; L-O-N; S-I-R; F-L-E; P-R-I; G-L-O; T-R-U.	12	.872
Supresión de fonemas todas posiciones pseudopalabra	6	2	El niño repite una sílaba sin sentido pronunciada por el experimentador y luego debe eliminar el fonema inicial o final, según se indique. La tarea consta de 2 entrenamientos ("Reptite RES. Ahora dume RES sin decir /R/; Repite KAS. Ahora dime KAS sin decir /s/) y de 12 elementos: FOL – F; ES- S; KOS -K; REK – K; LON – L; NES – S; SEL – L; SAR – S; AF – F; OK – K; SAF – F; AL – A;	12	.871
Supresión de sílaba todas posiciones pseudopalabra	7	1	Se indicó al niño que eliminara una sílaba y proporcionara la pseudopalabra restante. El niño elimina la sílaba inicial, media o final de pseudopalabras de tres sílabas. La prueba consta de 3 entrenamientos, uno en cada posición y 14 ítems de prueba. En posición incial: ORbrate- or= brate; BLOpamel- blo= pamel; LONsipla- lon= sipla En posición media: jaBLOmil- blo= jamil; cirBOche – bo= cirche; biLONtra- lon= bitra; tiCApe- ca= tipe; kleORji- or= kleji; toASlu- as= tolu; poTARchu- tar= pochu En posición final: safruLON- lon= safru; dorseBO- bo= dorse; majeAS- as= maje; forriCA- ca= forri	14	.823
Conocimiento de letras	5 6	3 1	**HABILIDADES LECTORAS** **Conocimiento de letras (LK)** El niño dice el nombre o el sonido de las 26 letras del alfabeto español presentadas aleatoriamente en mayúsculas y minúsculas una a una en la pantalla. Por ejemplo: a, g, T, U, n. Plazo 60 ss. Si el niño dice un nombre equivocado o se demora más de 5ss, la respuesta se califica como error.	52	.973
Lectura de sílabas simples (CV)	6	1	**Lectura de sílabas (LS)** El niño lee las sílabas presentadas una a una en la pantalla. Plazo: 30 ss. .Si el niño se equivoca o se demora más de 5ss, la respuesta se califica como error. La tarea consistió en los siguientes elementos: sa, ne, di, lo, tu, ma, pe, bi, vo, hu, fa, ñe, xi, wo, ru, ca, que, zi, ko, gu, ja, ye, an, ol, in, so, na, du, le, ti	30	*.85*
Lectura de sílabas medias (VC - CVC)	6	3	El niño lee las sílabas presentadas una a una en la pantalla. Plazo: 30 ss. .Si el niño se equivoca o se demora más de 5ss, la respuesta se califica como error. La tarea consistió en los siguientes elementos: sen, nis, dol, lun, tas, mel, pil, bos, vun, hal, fen, óis, ros, cul, quin, zel, kun, gal, jes, yan, is, on, ul, il, us, an, ol, in, mur, cer	30	*.988*
Lectura de sílabas complejas I (CCV- CCVC)	6	3	El niño lee las sílabas CVC y CCV presentadas una a una en la pantalla. Si el niño dice una cadena incorrecta o se demora más de 5ss, la respuesta se califica como error. La tarea consistió en los siguientes elementos.: dra, dren, dri, drol, dru, bran, brel, bri, blo, bru, trans, tre, tri, tros, tru, pla, pre, prin, pros, plu, fra, frel, fri, flo, frun, ins, cons, cren, flin, blin	30	*.968*
Lectura de sílabas complejas II (CVC - CCV)	7	1, 2, 3	El niño lee las sílabas CVC y CCV presentadas una a una en la pantalla. Si el niño dice una cadena incorrecta o se demora más de 5ss, la respuesta se califica como error. La tarea consistió en los siguientes elementos.: fel, bur, tar, gri, tre, gir, pla, glo, fri, dar, cer, cil, clo, bli, por, gar, clu, dre.	18	.945

Tarea	Edad	S	Descripción de la tarea	No.Items	Cronbach α
Monosílabas	6	1, 2, 3	**Lectura de palabras (P)** El niño lee en voz alta palabras de una sílaba presentadas una por una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: tres, bar, dos, fin, luz, mar, mes, pan, paz, sol, sur, rey	12	.962
Bisílabas	6	1, 2, 3	El niño lee en voz alta palabras de dos sílabas presentadas una por una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: vida, casa, ojos, días, mano, agua, amor, hijo, cara, niño, mesa, edad	12	.971
Bisílabas	6 7	2, 3 1	El niño lee en voz alta palabras de dos sílabas presentadas una por una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: playa, nube, ratón, gatos, hierba, brazo, cuerda, radio, letra, plaza, bolsa y silla.	12	.913
Trisílabas	6 7	3 1, 2, 3	El niño lee en voz alta palabras de tres sílabas presentadas una por una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: autobús, espalda, muchacho, pájaro, iglesia, maestro, capitán, fantasma, palacio, trasnpoete, madera, estrella.	12	.921
Cuatrisílabas	7	2, 3	El niño lee en voz alta palabras de cuatro sílabas presentadas una por una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: profesora, vacaciones, teléfono, television, restaurant, personajes, compañeros, elefante, primavera, cumpleaños, instrumentos, chocolate.	12	.864
Monosílabas	6	2,3	**Lectura de Pseudopalabras (PS)** El niño lee en voz alta pseudopalabras monosílabas presentadas una a una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: tros, bur, des, fon, laz, mer, mos, pun, poz, sel, sar, roy	12	.934
Bisílabas	6	1, 2, 3	El niño lee en voz alta pseudopalabras bisílabas presentadas una a una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: vijos, ovi, ome, disa, mada, nigua, adad, najo, asca, naño, hisa, emor	12	.965
Bisílabas	6 7	2, 3 1	El niño lee en voz alta pseudopalabras bisílabas presentadas una a una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: plada, nuya, razo, gadio, hiertra, bratos, cuersa, rabe, lella, plaba, bolton, siza.	12	.861
Trisílabas	6	3	El niño lee en voz alta pseudopalabras de tres sílabas presentadas una por una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos: aujatro, estocho, muglera, pacharo, itascio, maporte, caesbós, fandema, patrella, translasia, mapida, espaltán.	12	.818
	7	1, 2, 3			
Cuatrisílabas	7	2, 3	El niño lee en voz alta pseudopalabras de cuatro sílabas presentadas una por una en la pantalla. La tarea consistió en los siguientes elementos.: procanedad, vacofosión, tesomente, tefenaros, lolesote, permafantos, compleciono, ecalanes, prileara, cumpadira, instruvijes, choleveños.	12	.734
FLUIDEZ EN LA LECTURA DE TEXTOS (FLU) La fluidez y comprensión lectora de textos se evalúan mediante dos textos adaptados de EDICOLE (Gómez-Veiga, García-Madruga, Pérez-Hernández et al., 2020). Los textos incluyen dos pseudopalabras cuyo significado debe entenderse a partir del contexto. Los textos se leen dos veces: la primera para evaluar la velocidad lectora, la segunda para la comprensión. ***Texto 1***: A Ana le gustan los animals. Ana tien un gato. Ana también tiene un *golo*. Los *golos* son animales como los gatos pero son más rápidos que los gatos. Ana tiene una tortuga. También tiene una *taroma*. Las *taromas* son animales como las tortugas. Pero las *taromas* son más lentas que las tortugas. A los animales de Ana les gusta jugar juntos es su jardín. ***Texto 2***: A Lola y a Pepe les gusta jugar juntos. Lola tiene una pelota de tenis. También tiene una pelota de *ran*. Las pelotas de *ran* son como las pelotas de tenis pero más pequeñas. Pepe tiene una pelota de fútbol.. También tiene una pelota de *nale*. Las pelotas de *nale* son como las pelotas de fútbol pero más grandes.					
Fluidez en la lectura de textos (FLU)	7	1, 2, 3	Se pide al niño que lea el texto lo más rápido posible. Se calcula la velocidad de lectura. Se le indica al niño que lea el texto lentamente para asegurarse de que comprende porque tendrá que responder 10 preguntas	2	.901

Tarea	Edad	S	Descripción de la tarea	No.Items	Cronbach α
COMPRENSIÓN LECTORA (COM) El niño responde a 10 preguntas seleccionando una de tres opciones: el nombre de uno de los objetivos y no lo sé en las dos primeras preguntas; Sí, No y No lo sé en las ocho preguntas siguientes. Las preguntas están diseñadas para requerir el uso de conocimientos previos, memoria a corto plazo, realización de inferencias o integración de la información proporcionada en cada uno de los textos. Se registran las respuestas correctas, errores y no sé.					
Comprensión de lectura de textos (COM)	6 7	3 1,2	Preguntas del Texto 1: 1) ¿Qué animal es más lento? 2) ¿Qué animal tiene pelo? 3) ¿Las *taromas* tienen pelo como los gatos? 4) ¿Las *taromas* son más lentas que las tortugas? 5) ¿Los gatos son más lentos que los *golos*? 6) ¿Las tortugas son más rápidas que las *taromas*? 7) ¿Los *golos* son más rápidos que las *taromas*? 8) ¿Las tortugas tienen alas? 9) Do *golos* tienen pelo? 10) ¿Las *taromas* son más lentas que los gatos?	10	.791
Comprensión de lectura de textos (COM)	6 7	3 2	Preguntas del Texto 2: 1) ¿Qué pelota es más pequeña? 2) ¿Qué pelota es para chutar? 3) ¿Pepe ha llevado una pelota de *nale*? 4) ¿Las pelotas de *nale* son como las de tenis? 5) ¿Las pelotas son cuadradas? 6) ¿Las pelotas de fútbol son más pequeñas que las pelotas de *nale*? 7) ¿Las pelotas de tenis son más grandes que las de *ran*? 8) ¿Las pelotas de *ran* son más grandes que las pelotas de *nale*? 9) ¿Las pelotas de *nale* son más pequeñas que las de tenis? 10) ¿Las pelotas de ran son para chutar?	10	.782
Eficiencia lectora (TECLE)	7	1,2	**EFICIENCIA LECTORA (EF)** Durante 5 minutos, el niño lee oraciones en las que falta la última palabra. Para completar la frase, el niño debe seleccionar la palabra entre cuatro opciones: la palabra correcta (C), un distractor fonológico (DF), un distractor semántico (DS) y una pseudopalabra (PS). Se anotan las respuestas correctas y los errores. Dos ítems de entrenamiento, sesenta y cuatro ítems de prueba.. *Ejemplo*: *El caballo tiene la pata*… *ropa* (DS), *rola* (DF), *rota* (C), *roka* (PS).	64	*.946*
Decisión ortográfica	6 7	3 1	**DECISIÓN ORTOGRÁFICA (DO)** El niño dice cuál de dos opciones corresponde a la ortografía correcta de una palabra frecuente. Se registra el número de respuestas correctas.. Items: *abeja*/ aveja; avierto/ a*bierto;*; halimentos/ *alimentos*; *ángel*/ hangel; harbol/ *árbol*; *avión*/ havion; *barco*/ varco; caveza/ *cabeza*; cerbeza/ *cerveza*; *dibujo*/ divujo; henano/ *enano*; *hambre*/ ambre; *hermano*/ ermano; *hierba*/ ierba; hidea/ *idea*; *isla*/ hisla; *magia*/ majia; nabidad/ *navidad*; niebe/ *nieve*; holiva/ *oliva*; *prueba*/ prueva; salbaje/ *salvaje*; baso/ *vaso*; berano/ *verano*; biaje/ *viaje*; *vida*/ bida.	26	*.796*

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

La formación inicial y su impacto en la competencia digital de los futuros docentes

Trends in Pre-service Teachers' Digital Competence: Evidence from Initial Training in Spain

Juan Pablo Hernández-Ramos[a(*)], José Carlos Sánchez-Prieto[b]

[a] *Instituto Universitario de Ciencias de la Educación - Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain*
https://orcid.org/0000-0002-0902-5453 juanpablo@usal.es
[b] *Instituto Universitario de Ciencias de la Educación - Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain*
https://orcid.org/0000-0002-8917-9814 josecarlos.sp@usal.es

ARTICLE INFO

Palabras clave
formación inicial del profesorado; magisterio en educación primaria; competencia digital docente; autopercepción de competencias; tecnologías de la información y la comunicación (TIC); educación superior; innovación educativa; enseñanza-aprendizaje digital.

RESUMEN

El desarrollo de la competencia digital docente por parte del profesorado se ha convertido en una necesidad ineludible, reflejada en el interés de las administraciones por formar, evaluarla y acreditarla. Los docentes, encargados de desarrollar la competencia digital de los ciudadanos, deben estar capacitados para ello en base a su formación, tanto inicial como permanente; siendo muchos los estudios centrados en cómo es la mejor forma de desarrollar esta competencia. Bajo un diseño de investigación no experimental en donde no se pretende manipular ninguna variable, se analiza el nivel competencial manifestado por 183 estudiantes del Grado de Magisterio en Educación Primaria de la Universidad de Salamanca. Tras cumplimentar un cuestionario validado en estudios previos con cinco dimensiones y 50 ítems, se interpreta tanto la percepción competencial manifestada en cada una de las dimensiones, como la influencia del curso en dicho nivel. Los resultados muestran cómo los estudiantes, tras analizar el nivel de conocimiento de los diferentes recursos tecnológicos, tienden a situarse en niveles competenciales intermedios, siendo la dimensión *Comunicación y Colaboración* en la que se obtienen las puntuaciones más elevadas. Asimismo, no se encuentran diferencias significativas en función del curso del estudiante. Se destaca cómo, aunque el nivel competencial manifestado es intermedio, existe una variabilidad muy alta en las puntuaciones que muestra cómo existen estudiantes con diferentes niveles. Aunque no hay diferencias entre los cursos, se detecta cierta tendencia a aumentar la percepción competencial entre primero y tercero, para posteriormente disminuir considerablemente en cuarto. Se concluye destacando la necesidad de desarrollar actividades formativas concretas durante la formación inicial del profesorado, acciones que puedan cumplimentar los aprendizajes desarrollados de forma transversal, que a priori se consideran como insuficientes.

Keywords
initial teacher education; pre-service teachers; digital competence; self-perceived competence: information and communication technologies (ICT); higher education; educational innovation; digital teaching and learning.

ABSTRACT

The development of teachers' digital competence has become unavoidable, reflected in administrations' interest in training, assessing, and accrediting teachers' digital competence. Teachers, responsible for fostering digital competence in citizens, must be equipped for this task through their initial and ongoing training. Numerous studies have focused on determining the most effective approach to developing this competence. After completing a validated questionnaire with five dimensions and 50 items, the perceived competence in each dimension and its correlation with the academic year are interpreted. The results indicate that students tend to place themselves at intermediate levels of competence after analysing their knowledge of various technological resources, with the dimension of Communication and Collaboration scoring the highest. Additionally, no significant differences are found based on the students' academic year. Although no differences exist between academic years, a particular trend of increased competence perception is observed from the first to the third year. However, there is a considerable decrease in competence perception in the fourth year. It is concluded that there is a need to develop specific training activities during the initial teacher education, actions that can complement the learning across various subjects, which may initially be deemed insufficient.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 05/04/2024. Revisado, 01/07/2024. Aceptado, 04/09/2024. Publicado, 29/09/2025.
e-ISSN: 2444-8729

1. Introducción y contextualización

Una de las características fundamentales de los sistemas educativos actuales es la necesidad de actualización y adaptación constante a una sociedad en la que los cambios se suceden de una manera cada vez más acelerada (Mukul & Büyüközkan, 2023). En este contexto, los educadores enfrentan diversos desafíos en un entorno educativo en constante evolución de manera que la formación docente se configura como un elemento de vital importancia para garantizar una educación de calidad que promueva la mejora continua, la innovación educativa y el desarrollo integral del estudiantado (Ilie & Frăsineanu, 2020).

Por ello, desde un enfoque en donde la evolución de la tecnología se puede considerar como una herramienta pedagógica (Area, 2017; Sancho et al., 2020), en los últimos años existen estudios centrados en analizar el papel de los recursos tecnológicos de cara a la mejora y la búsqueda de la calidad en los procesos formativos (Domingo & Marqués, 2011; Gairín & Mercader, 2018; Hernández-Ramos et al., 2021; Huilcapi-Collantes et al., 2020; Méndez & Sota, 2017; Méndez-Garrido & Delgado-García, 2016; Ruiz & Ruiz-Domínguez, 2023).

La competencia docente engloba un amplio espectro de saberes, destrezas y actitudes que los educadores deben dominar para desempeñar su labor de forma eficaz. Comprende aspectos como la planificación y organización de actividades educativas, la creación de materiales didácticos innovadores, la evaluación del proceso de aprendizaje y la habilidad para adaptarse a las necesidades individuales de cada estudiante (Tourón et al., 2018). Dentro de este perfil competencial, la competencia digital docente (CDD) hace referencia a la capacidad de los profesores para utilizar las tecnologías digitales de manera crítica, reflexiva y creativa para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje (Domingo-Coscollola et al., 2019). Por tanto, la adquisición de esta competencia va más allá del mero dominio técnico de las herramientas digitales (Cabero-Almenara & Palacios, 2020); incluyendo también la comprensión de su potencial pedagógico y la capacidad para su integración adecuada las actividades didácticas, aprovechando sus ventajas para la mejora de cuestiones como la motivación, la participación o el rendimiento de los estudiantes (Jiménez Hernández et al., 2021).

El establecimiento de las dimensiones que componen la competencia digital es un debate que sigue abierto en la actualidad (Barbazán et al., 2021; Caena & Redecker, 2019; Pérez-Escoda et al., 2019), debido probablemente a la aparición constante de nuevas tecnologías que cambian el paradigma tecnológico. De esta manera, se puede encontrar un amplio abanico de modelos y marcos competenciales para el desarrollo de la CDD, como el Marco de competencias de los docentes en materia de Tecnologías de la Información y la Comunicación. (TIC) (UNESCO, 2019), el Marco Europeo de Competencias Digitales para Docentes (Digcomp Edu) (Redecker & Punie, 2017) o, a nivel nacional, el Marco Común de Competencia Digital Docente (INTEF, 2017), que se ha actualizado en 2022 (INTEF, 2022).

A partir de estos marcos emergen una serie de componentes clave: información y conocimientos técnicos sobre el manejo, capacidad para el diseño y desarrollo de materiales y actividades didácticas, conocimientos sobre el uso seguro y ético sobre las nuevas tecnologías y capacidad de evaluar críticamente la información y los recursos digitales más apropiados.

Sin embargo, a pesar de la importancia cada vez mayor la CDD y el interés mostrado por instituciones nacionales e internacionales por su desarrollo, existe una necesidad manifiesta de mejorar el nivel de adquisición de esta competencia por parte de los docentes (Marrón & Martínez-Aznar, 2023), aspecto en el que España no es una excepción, evidenciándose la necesidad de mejorar la formación de los docentes tanto en activo como en formación (García Ruiz et al., 2023) derivada de una oferta formativa centrada de manera mayoritaria en los conocimientos necesarios para el manejo técnico de las herramientas, dejando en un segundo plano o incluso obviando el resto de componentes clave mencionados (Marimon-Martí, 2023).

La adquisición de la CDD durante el periodo de formación universitaria de los educadores se ha configurado como una cuestión clave que permita contar con profesionales innovadores con la capacidad para integrar las TIC en su práctica profesional con un sentido pedagógico (Cabero-Almenara et al., 2022; Mas et al., 2024) atrayendo, en consecuencia, un número cada vez mayor de investigaciones que se preocupan por este tema desde diversas perspectivas (Colomo et al., 2023) y enfoques (Gabarda et al., 2017). De esta manera se pueden encontrar estudios centrados en el impacto del nivel de formación sobre la CDD de docentes en activo (Pozo et al. 2020), o en el estudio de cuestiones relacionadas con la CDD en docentes que todavía se encuentran en su periodo de formación universitaria, ya sea evaluando el nivel competencial (Romero-Martín et al., 2017), el impacto de diversos factores sobre la CDD como el género (Usart et al., 2021) o analizando sus percepciones sobre su competencia en algún componente concreto de la CDD como la seguridad digital (Hernández-Ramos, 2022).

Sin ninguna duda, es necesario poner el foco de atención en el nivel de competencia digital que los docentes poseen y que las instituciones educativas se comprometan con la planificación y gestión de actividades tanto durante la formación inicial como permanente del profesorado (Rodríguez-Jiménez et al., 2019). En la actualidad, las Comunidades Autónomas no tienen sólo responsabilidades formativas, sino que son las encargadas de la

acreditación y certificación de la CDD para el personal docente de los centros educativos públicos no universitarios con la finalidad de adquirir, desarrollar, reconocer y promover la mejora del desarrollo profesional (Marrón & Martínez-Aznar, 2023). En Castilla y León, por ejemplo, la ORDEN EDU/247/2023, de 23 de febrero establece: la certificación en niveles A1, A2, B1 y B2; la necesidad de superación de una prueba específica de acreditación en los niveles A2, B1 y B2; la emisión de títulos oficiales que habiliten para la profesión docente en los niveles A1 y A2; y la certificación de los niveles C1 y C2 mediante el análisis y la validación de evidencias concretas.

La investigación presentada en este artículo se integra en una línea de estudios previos centrada no solamente en la evaluación del nivel competencial de los futuros docentes de manera objetiva (Gabarda et al., 2017; Lázaro-Cantabrana et al., 2019; Mosquera, 2021) sino también en el proceso de autoreflexión crítica y la toma de conciencia sobre su propio dominio de las herramientas facilitando de esta manera la identificación de aquellas cuestiones a mejorar y orientando el aprendizaje autónomo (Girón-Escudero et al., 2019).

En ese sentido, la presente investigación, enmarcada en la fase de difusión de resultados del proyecto *Análisis del desarrollo de la Competencia Digital Docente en la formación del profesorado* (C2-PIC2-2020-17), pretende ahondar en los elementos que pueden afectar este proceso de autoanálisis centrándose en el posible efecto del aprendizaje realizado a lo largo de la carrera. En consecuencia, se formulan las siguientes cuestiones de investigación:

CI 1. ¿Cuál es el nivel de CDD autopercibida por los futuros maestros de primaria en su etapa de formación universitaria?
CI 2. ¿Existen diferencias significativas en la CDD autopercibida en función del curso?

Para presentar los resultados e implicaciones de dicha investigación el artículo seguirá la siguiente estructura. Tras esta introducción, se describirá la metodología, incluyendo el proceso de diseño y validación del modelo e instrumento. A continuación, se presentarán los resultados de los análisis realizados para responder a las preguntas de investigación. Por último, se abordan las implicaciones derivadas del presente estudio, así como las limitaciones, líneas futuras de investigación y conclusiones más destacadas.

2. Método

En concordancia con la finalidad establecida, este estudio se ha llevado a cabo bajo un diseño de investigación no experimental (Hernández-Sampieri, 2014). En este enfoque, las variables no son alteradas ni modificadas, sino que se observan y analizan. Por lo tanto, a lo largo de esta investigación no se producirá un cambio en el objeto de estudio en sí mismo, sino que se busca estudiar y explorar las variables, en busca de posibles relaciones entre ellas. Dado el carácter del estudio, no se formulan hipótesis explícitas, sino que se busca abordar y responder de manera precisa a las preguntas de investigación planteadas previamente.

2.1. Población y muestra

La población del estudio está concretada por los 378 estudiantes matriculados en el grado de Magisterio en Educación Primaria de la Universidad de Salamanca, en la Facultad de Educación, para el curso 2021-2022. Tras un muestreo no probabilístico por cuotas (Otzen & Manterola, 2017), en donde estableció un número mínimo de 30 sujetos en cada grupo de estudio, la muestra quedó establecida en los 186 estudiantes que voluntariamente accedieron a responder el cuestionario.

Según se muestra en la Tabla 1, el estudio incluye a representantes de los cuatro cursos del grado, destacando una mayor participación de los estudiantes de primero y cuarto.

Tabla 1. Distribución de los estudiantes por curso

	Frecuencia	**Porcentaje**
Primero	62	33,33%
Segundo	34	18,28%
Tercero	35	18,81%
Cuarto	55	29,57%
Total	**186**	**100%**

Fuente: elaboración propia.

2.2. Instrumento de recogida de información

Como instrumento principal para la recogida de la información se ha empleado un cuestionario electrónico, implementado a través del campus virtual de la universidad. Tras una revisión de estudios previos (García-Marchán, 2023; Palau et al., 2023; Revuelta-Domínguez et al., 2023), se selecciona como herramienta de trabajo el Cuestionario de Competencia Digital Docente elaborado por Tourón et al. (2018); concretamente se emplea la escala de conocimiento. El instrumento se basa en cinco dimensiones que, aunque son específicas, no son independientes ni excluyentes, por lo que pueden estar interrelacionadas entre sí. En cada una de las cuestiones, el sujeto deberá indicar el nivel de conocimiento: entre 1 (mínimo) y 7 (máximo) en que considera que conoce el recurso o conjunto de recursos propuesto.

Las dimensiones son las siguientes:

1. *Información y alfabetización informacional (ALFIN)*: se fundamenta en el conocimiento para reconocer, ubicar, recuperar, guardar, organizar y analizar información digital; evaluando su propósito y relevancia.
2. *Comunicación y colaboración*: se fundamenta en el conocimiento para comunicarse en entornos digitales, intercambiar de recursos mediante herramientas en línea; así como la conexión y colaboración con otros a través de herramientas digitales, la interacción y participación en comunidades y redes.
3. *Creación de contenido digital*: se fundamenta en el conocimiento de herramientas para crear y editar nuevos contenidos (textos, imágenes, videos, etc.), integrar y reelaborar conocimientos y contenidos previos, realizar producciones artísticas, contenidos multimedia. Así como entender y aplicar los derechos de propiedad intelectual y las licencias de uso.
4. *Seguridad:* se fundamenta en el conocimiento de herramientas para la protección personal, la protección de datos, la protección de la identidad digital y el uso de medidas de seguridad. Asimismo, incorpora cuestiones relacionadas con promover un uso seguro y sostenible de las tecnologías.
5. *Resolución de problemas*: se fundamenta en el conocimiento y la capacidad para identificar necesidades y recursos digitales, tomar decisiones adecuadas a la hora de elegir y emplear los recursos tecnológicos adecuados. Además, incorpora cuestiones centradas en resolver problemas conceptuales a través de medios digitales, resolver problemas técnicos, realizar un uso creativo de la tecnología y actualizar la competencia propia y la de los demás.

Dado que el documento estaba destinado originalmente a docentes en ejercicio, al aplicarse en este estudio a docentes en formación inicial, se tuvieron que eliminar cuatro ítems relacionados con aspectos específicos de la relación del docente con el centro. Tras calcular nuevamente la fiabilidad, utilizando el Alpha de Cronbach, se obtuvieron valores para cada dimensión que son considerados como buenos (Prieto Adánez & Delgado González, 2010). Estos valores, junto con las dimensiones y el número de ítems correspondientes a cada una, se detallan en la Tabla 2, mientras que en el Anexo 1 quedan recogidos los 50 ítems de la escala.

Tabla 2. Análisis de la fiabilidad de la escala por dimensiones

	α de Cronbach	**Número de ítems**
Información y ALFIN	.842	8
Comunicación y Colaboración	.801	7
Creación de contenido digital	.894	16
Seguridad	.851	7
Resolución de problemas	.911	12

Fuente: elaboración propia.

2.3. Tratamiento de la información

La información se recopiló a través de un cuestionario electrónico en el campus virtual de la universidad para asegurar la identidad de los futuros docentes. Aunque inicialmente se solicita el nombre para facilitar la participación en acciones formativas posteriores, los resultados se anonimizan de cara al análisis. Cabe destacar que en todo momento se han seguido los estándares y principios éticos habituales (*British Educational Research Association* (BERA), 2018) y el procedimiento recomendado por el Comité de Ética de la Investigación de la universidad.

Tras la aplicación del cuestionario, a lo largo del segundo semestre del curso 2021-2022, los resultados fueron descargados y organizados para su procesamiento con el *software* estadístico *JASP*. Después de comprobar los valores de fiabilidad de cada dimensión mediante el coeficiente Alpha de Cronbach, se aplicaron técnicas de análisis de datos de tipo descriptivo e inferencial para dar respuesta a las cuestiones de investigación planteadas. Tras realizar un estudio de normalidad, empleando la prueba de Shapiro-Wilk, los resultados obtenidos: dimensión 1 [primero: .98 (p: .44), segundo: .95 (p: .19), tercero: .97 (p: .55), cuarto: .97 (p: .28)], dimensión 2 [primero: .96 (p: .06), segundo: .96 (p: .29), tercero: .93 (p: .03*), cuarto: .98 (p: .488)], dimensión 3 [primero: .98 (p: .35), segundo: .98 (p: .79), tercero: .98 (p: .74), cuarto: .96 (p: .09)], dimensión 4 [primero: .97 (p: .31), segundo: .93 (p: .048*), tercero: .96 (p: .26), cuarto: .97 (p: .15)] y dimensión 5 [primero: .99 (p: .59), segundo: .95 (p: .14), tercero: .96 (p: .25), cuarto: .96 (p: .10)] manifiestan un grado de ajuste a la normalidad que nos permiten emplear pruebas paramétricas como la prueba ANOVA, en donde se establece como variable explicativa el curso del estudiante; y como variables criterio la puntuación media obtenida por cada sujeto en cada dimensión.

En el análisis de la significación de los contrastes de hipótesis se estableció un nivel de significación del 5%. Asimismo, la intensidad de los coeficientes de variación se interpretó siguiendo los criterios propuestos por Moore et al. (2017).

3. Resultados

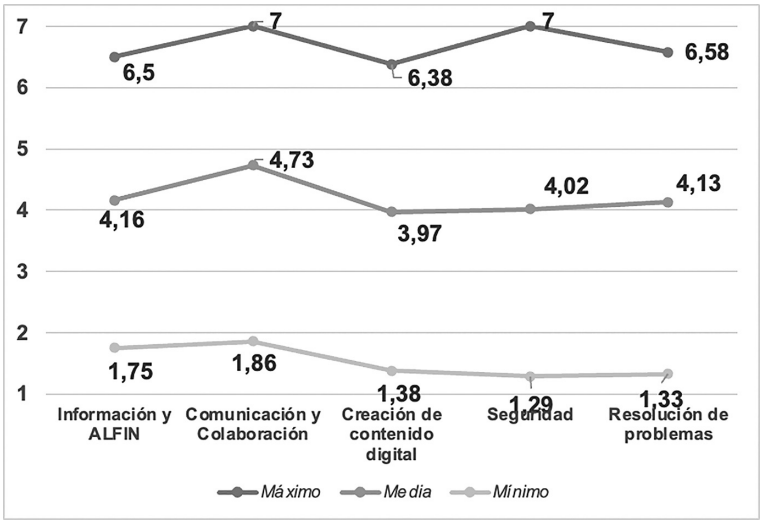
Dentro del apartado de resultados se diferencian dos partes centradas en dar respuesta a las cuestiones de investigación planteadas. En un primer momento se muestra el nivel de CDD manifestado por los estudiantes en cada una de las dimensiones; y posteriormente se exponen los resultados obtenidos en función del curso académico.

3.1. Análisis del nivel de la CDD

Como se puede observar en la Figura 1, los estudiantes manifiestan tener un nivel medio en las cinco dimensiones, destacando una mayor puntuación ($\bar{X}$ =4,73) en la segunda dimensión: *Comunicación y colaboración*. En el resto de las dimensiones, el valor medio es muy cercano a 4, la puntuación intermedia de la escala.

Si se analizan las puntuaciones mínimas y máximas obtenidas en cada una de las dimensiones, cabe destacar que sólo en la dimensión 2 (*Comunicación y colaboración*) y en la dimensión 4 (*Seguridad*) hay estudiantes con la máxima puntuación. Asimismo, en esas mismas dimensiones aparecen el mínimo más alto, en la dimensión dos; y el mínimo más bajo en la dimensión 4. Cabe destacar que en la dimensión 3 (*Creación de contenido digital*) se encuentra el máximo más bajo de todos y el segundo mínimo, indicando claramente que esta sección es en la que peor se autovaloran los futuros docentes.

Figura 1. Nivel de CDD autopercibido: Medía, máximo y mínimo

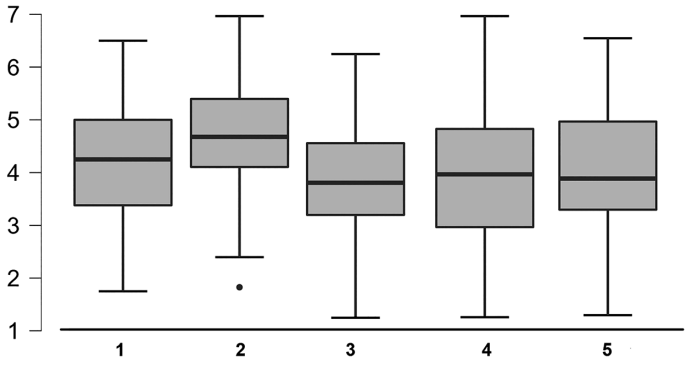


Fuente: elaboración propia.

Para poder establecer una valoración general y concretar los datos recogidos hasta el momento, se pueden observar los diagramas de cajas recogidos en la Figura 2. Se confirma como la dimensión 2 (*Comunicación y Colaboración*) es la que recoge las mejores valoraciones; y en el resto de las dimensiones las puntuaciones son bastante similares, destacando una mayor dispersión en la dimensión 4 (*Seguridad*), donde hay al menos un sujeto con la puntuación máxima y otro con la puntuación mínima.

Desde una perspectiva general, los resultados expuestos hasta el momento indican que los estudiantes del Grado de Magisterio: Educación Primaria, se autoperciben con un nivel competencial medio, existiendo un nivel de variabilidad moderado en todas las dimensiones (CV_{dim1} = 26,1%, CV_{dim2} = 21,5%, CV_{dim3} = 25,7%, CV_{dim5} = 29,3%), menos en la dimensión 4 que se puede considerar como alto (CV_{dim4} = 31,1%).

Figura 2. Nivel de CDD autopercibido: Diagrama de cajas



Fuente: elaboración propia.

3.2. Análisis del nivel de CDD en función del curso del estudiante

A la hora de comparar el nivel manifestado por los estudiantes en cada una de las dimensiones en función de su curso, se ha empleado la prueba ANOVA. Como queda recogido en la Tabla 3, los resultados obtenidos no nos permiten rechazar la hipótesis nula (hipótesis de igualdad) en ninguna de las dimensiones y se considera que las diferencias existentes no son significativas.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos en función del curso y prueba ANOVA

								ANOVA
		Media	**S_x**	**CV**	**Mín.**	**Máx.**	**n**	**F (.p)**
Información y ALFIN	**Primero**	4.14	1.006	.243	2.13	6.38	62	
	Segundo	4.19	1.293	.308	2.13	6.50	34	
	Tercero	4.41	1.066	.242	2.38	6.50	35	
	Cuarto	4	1.045	.261	1.75	6.38	54	
	TODOS	4.16	1.086	.261	1.75	6.50	185	1.012 (.389)
Comunicación y colaboración	**Primero**	4.77	.872	.182	1.86	7	62	
	Segundo	4.83	1.278	.264	2.57	7	34	
	Tercero	4.82	1.051	.218	1.86	6.43	35	
	Cuarto	4.55	.980	.215	2.57	6.57	54	
	TODOS	4.73	1.020	.215	1.86	7	185	0.816 (.489)*
Creación de Contenido dig,	**Primero**	3.90	.950	.243	1.94	6.06	62	
	Segundo	3.99	1.160	.290	1.75	6.31	34	
	Tercero	4.15	.931	.224	2.25	6.19	35	
	Cuarto	3.92	1.072	.273	1.38	6.38	54	
	TODOS	3.97	1.020	.257	1.38	6.38	185	0.516 (.672)

Tabla 3. Estadísticos descriptivos en función del curso y prueba ANOVA (*continuada*)

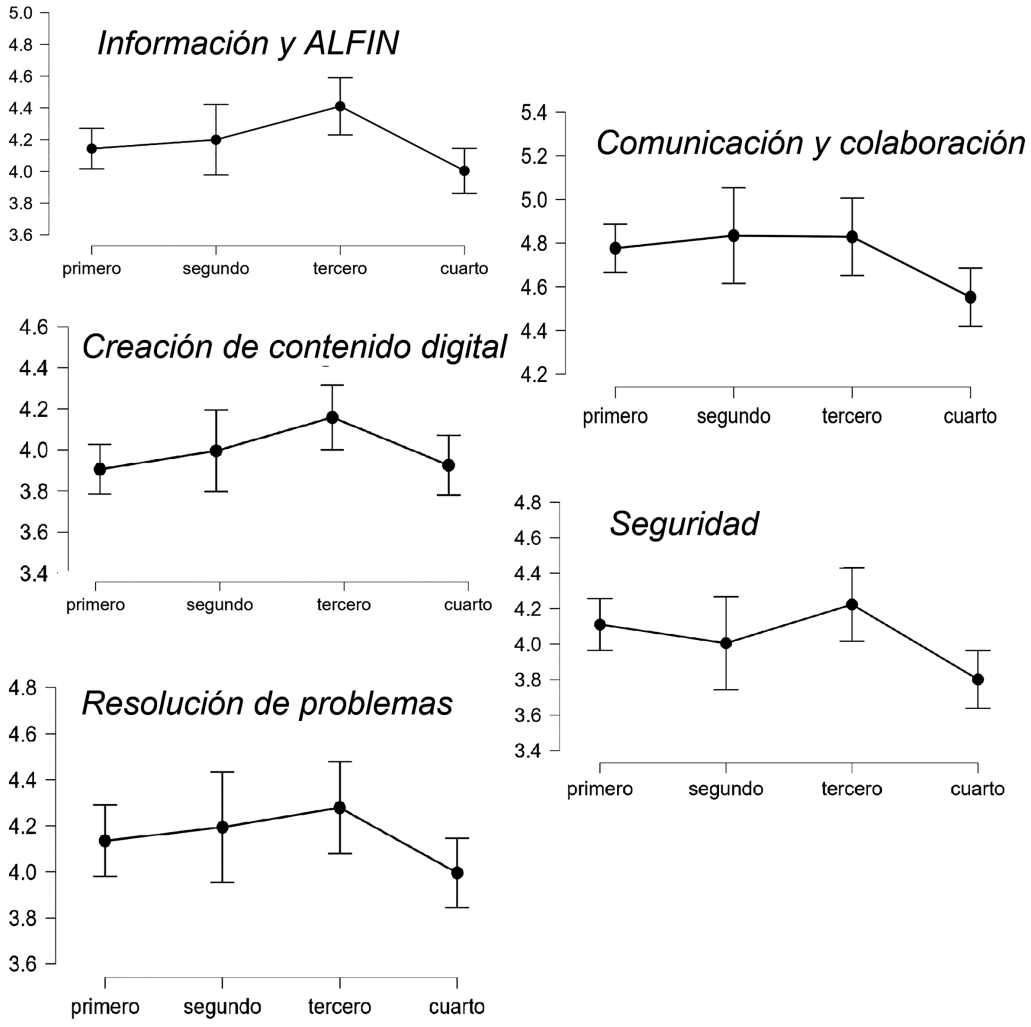
Seguridad	**Primero**	4.11	1.147	.279	1.29	6.29	62	
	Segundo	4	1.527	.381	1.86	7	34	
	Tercero	4.22	1.222	.289	1.57	6.29	35	
	Cuarto	3.80	1.200	.316	1.29	6.43	54	
	TODOS	4.02	1.253	.311	1.29	7	185	0.967 (.410)
Resolución de problemas	**Primero**	4.13	1.222	.296	1.33	6.58	62	
	Segundo	4.19	1.397	.333	1.67	6.58	34	
	Tercero	4.27	1.177	.275	1.67	6.5	35	
	Cuarto	3.99	1.105	.277	1.67	6.330	54	
	TODOS	4.13	1.210	.293	1.33	6.58	185	0.427 (.734)

**En base a la falta de homocedasticidad, se emplea el ajuste de Welch*

Fuente: elaboración propia.

Aunque no se encuentran diferencias significativas en ninguna de las dimensiones en función del curso del estudiante, si se observa la Figura 3 que recoge los gráficos de medias del nivel de CDD en cada dimensión con intervalos de confianza, se puede detectar cierta tendencia hacia valores superiores en los tres primeros cursos; para posteriormente en cuarto ofrecer la puntuación más baja en todas las dimensiones.

Figura 3. Gráficos de medias del nivel de CDD con intervalos de confianza



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se considera interesante analizar de forma independiente el proceso en cada una de las dimensiones:

- En la primera de las dimensiones (*Información y Alfabetización informacional*), se evidencia claramente dicha tendencia ascendente: primero → segundo →tercero, para en cuarto sufrir un importante retroceso hasta una valoración inferior incluso a la de primero.
- En la segunda de las dimensiones (*Comunicación y colaboración*), la percepción competencial es similar entre los tres primeros cursos, para posteriormente sufrir un importante retroceso en los estudiantes de cuarto.
- En la tercera de las dimensiones (*Creación de contenido digital*), además de encontrarnos las autovaloraciones más altas, se marca claramente la tendencia ascendente primero → segundo →tercero, con un importante retroceso en cuarto.
- En la cuarta de las dimensiones (*Seguridad*), se encuentran los valores más distintivos con efectos de retroceso entre primero →segundo y tercero →cuarto; y un gran aumento entre segundo →tercero. No cabe duda, de que la variabilidad elevada encontrada previamente afecta a estos resultados.
- En la quinta de las dimensiones (*Resolución de problemas*), se detecta de forma clara la tendencia predominante en la mayoría de las dimensiones anteriores: ascendente primero → segundo →tercero, con un importante retroceso en cuarto.

4. Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio permiten obtener una visión general de la competencia digital autopercibida de los futuros docentes de la Universidad de Salamanca, así como analizar el posible efecto de la formación inicial recibida en este proceso de autoevaluación.

En respuesta a la primera pregunta de investigación: *¿cuál es el nivel de CDD autopercibida por los futuros maestros de primaria en su etapa de formación universitaria?*, se ha encontrado que los estudiantes manifiestan un nivel competencial medio en las cinco dimensiones planteadas. Estos resultados se alinean con investigaciones previas realizadas con docentes tanto del nivel de educación primaria como de infantil (Colomo et al., 2023; Marimón-Martí et al., 2023).

Asimismo, los resultados obtenidos también concuerdan con estudios como el de Colomo et al. (2023) a la hora de destacar que los futuros docentes se sienten menos competentes de lo esperado a la hora de crear contenido digital. Por el contrario, a la hora de valorar la CDD en el área de *Seguridad*, los resultados obtenidos discrepan de los manifestados por otros autores (Gallego-Arrufat et al., 2019; Hernández-Ramos, 2022; Tomczyk, 2019) que detectaban unos niveles competenciales más bajos. A este respecto, hay que tener en cuenta que el uso de autoinformes para la recogida de información puede estar introduciendo un sesgo de deseabilidad social, haciendo que las puntuaciones de los estudiantes sean más altas que su CDD real, lo que indicaría que todavía hay mucho espacio de mejora en este sentido.

En relación con la segunda pregunta de investigación: *¿existen diferencias significativas en la CDD autopercibida en función del curso?*, no se han observado diferencias significativas en función del curso de los estudiantes. Esta falta de variabilidad en los niveles de competencia digital indica la necesidad de fortalecer la formación en CDD a lo largo de toda la carrera universitaria, lo que también tiene su reflejo en otros estudios centrados en el impacto de la formación sobre esta competencia (Girón-Escudero et al., 2019).

A pesar de la ausencia de diferencias significativas, se han observado tendencias interesantes en los resultados. Estas tendencias ofrecen pistas importantes para el diseño de estrategias de formación.

En primer lugar, se destaca una tendencia ascendente en la competencia digital autopercibida de los estudiantes a lo largo de los diferentes cursos de la titulación, excepto en el cuarto curso donde se han obtenido las puntuaciones más bajas. Este hallazgo sugiere la necesidad de identificar y abordar posibles obstáculos o deficiencias en la formación en competencias digitales durante ese período específico. Una posible explicación puede estar en la incertidumbre que rodea al alumnado en esta etapa, que empieza a afrontar la idea del final de su rol como estudiante y el inicio de su rol como maestro. Esta incertidumbre puede afectar a su percepción sobre su nivel competencial provocando una valoración a la baja.

Por otro lado, la dimensión de *Seguridad* emerge como una excepción en el análisis. Los resultados muestran puntuaciones más bajas en esta dimensión en el segundo curso, recuperándose luego en tercero para caer definitivamente en cuarto, lo que indica la necesidad de reforzar la formación en temas relacionados con la seguridad en el entorno digital (Hernández-Ramos, 2022).

No obstante, es necesario tener en cuenta algunas limitaciones a la hora de valorar los resultados de este estudio. En primer lugar, en cuanto al instrumento empleado, además del ya mencionado sesgo de deseabilidad social consecuencia del uso de autoinformes hay que sumar que, al haberse realizado la recogida de datos durante el curso 21-22, el instrumento empleado se basa en la versión de 2017 del Marco de la competencia digital docente, renovado recientemente por INTEF (2022), lo que no ha permitido incorporar alguna de las propuestas más actualizadas.

Así mismo, también hay que tener en cuenta que se ha realizado un estudio transversal empleando muestreo por cuotas, buscando obtener representación de todos los cursos, para poder medir la influencia de esta variable. Para futuras investigaciones sería interesante realizar un estudio longitudinal que permita medir la evolución de los mismos sujetos a lo largo del tiempo.

De lo anteriormente expuesto se extraen posibles líneas de investigación de cara al futuro. En primer lugar, como ya se ha mencionado, sería interesante continuar con la exploración del efecto de la formación en la percepción competencial, ya sea empleando para ello un marco de la CDD más reciente, empleando un diseño de investigación más riguroso o analizando los factores que pueden estar influyendo en dicha percepción.

En segundo lugar, también sería interesante profundizar en las particularidades de las distintas dimensiones que componen la CDD, en base a los resultados obtenidos, el uso seguro parece una de las más interesantes teniendo en cuenta que se comporta de manera muy diferente a las otras cuatro, lo que puede indicar que tiene unas fuentes diferentes, tanto de adquisición como de percepción.

En tercer lugar, esta investigación se ha centrado en comparar los distintos cursos de una misma universidad, ampliar el alcance la investigación aumentaría la generalizabilidad de los resultados.

En definitiva, la investigación realizada pone de relieve la problemática existente en cuanto a la formación en CDD de los futuros maestros de primaria, indicando que, aunque se marca una tendencia al alza como resultado de la formación recibida, este aumento en la autopercepción de los estudiantes todavía no es suficiente como para producir diferencias significativas. Esto pone de manifiesto la necesidad de replantear la manera en que se está realizando la formación en esta competencia dándole la relevancia que tiene en el contexto actual y complementándola con actividades específicas. Asimismo, es importante que desde las administraciones se siga desarrollando y actualizando la CDD en los profesores en ejercicio, pero las universidades, responsables de la formación inicial de los docentes, tienen que garantizar a los futuros docentes el desarrollo de una competencia tan relevante en la actualidad como es la CDD.

Financiación

Proyecto: Análisis del desarrollo de la Competencia Digital Docente en la formación del profesorado (C2-PIC2-2020-17), dentro del Plan Estratégico de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la Universidad de Salamanca.

Contribución de los autores

Conceptualización: JCSP; Curación de datos: JPHR; Análisis formal: JCSP; Investigación: JPHR; Metodología: JPHR, JCSP; Software: JPHR; Supervisión: JCSP; Validación: JPHR; Visualización: JPHR, JCSP; Redacción - borrador original: JPHR, JCSP; Redacción - revisión y edición: JPHR, JCSP

Referencias

Area, M. (2017). La metamorfosis digital del material didáctico tras el paréntesis Gutenberg. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC*, *16*(2), 13-28. https://doi.org/10.17398/1695-288X.16.2.13

Barbazán, D., Ben Abdellah, K. D. M., & Montes Hoyos, C. M. (2021). La competencia digital docente en Educación Superior: Estado del arte en España y Latinoamérica. *Etic@net*, *21*(2), 267-282. https://doi.org/10.30827/eticanet.v21i2.20837

British Educational Research Association (BERA). (2018). *Ethical Guidelines for Educational Research (4th ed.).* British Educational Research Association (BERA). https://bit.ly/3F8UmmW

Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Llorente-Cejudo, C., & Palacios-Rodríguez, A. (2022). Validación del marco europeo de competencia digital docente mediante ecuaciones estructurales. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, *27*(92), 185-208. https://bit.ly/4dwxvTK

Cabero-Almenara, J., & Palacios, A. (2020). Formación y competencias del profesorado en la era digital. *Crónica: Revista Científico Profesional de la Pedagogía y Psicopedagogía*, *5*, 113-127.

Caena, F., & Redecker, C. (2019). Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges: The case for the European digital competence framework for educators (DigCompEdu). *European Journal of Education*, *54*(3), 1-14. https://doi.org/10.1111/ejed.12345

Colomo, E., Aguilar, I., Cívico, A., & Colomo, A. (2023). Percepción de futuros docentes sobre su nivel de competencia digital. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *26*(1), 27-39. https://doi.org/10.6018/reifop.542191

Domingo-Coscollola, M., Bosco-Paniagua, A., Carrasco-Segovia, S., & Sánchez-Valero, J.-A. (2019). Fomentando la competencia digital docente en la universidad: Percepción de estudiantes y docentes. *Revista de Investigación Educativa*, *38*(1), 167–182. https://doi.org/10.6018/rie.340551

Domingo, M., & Marqués, P. (2011). Aulas 2.0 y uso de las TIC en la práctica docente. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, *37*, 169-175. https://doi.org/10.3916/C37-2011-03-09

Gabarda, V., Rodríguez-Martín, A., & Moreno-Rodríguez, M. D. (2017). La competencia digital en estudiantes de magisterio. Análisis competencial y percepción personal del futuro maestro. *Educatio Siglo XXI*, *35*(2 Jul-Oct), Artículo 2. https://doi.org/10.6018/j/298601

Gairín, J., & Mercader, C. (2018). Usos y abusos de las TIC en los adolescentes. *Revista de Investigación Educativa*, *36*(1), Artículo 1. https://doi.org/10.6018/rie.36.1.284001

Gallego-Arrufat, M.-J., Torres-Hernández, N., & Pessoa, T. (2019). Competencia de futuros docentes en el área de seguridad digital. *Comunicar, 27*(61), 57-67. https://doi.org/10.3916/C61-2019-05

García-Marchán, A. (2023). Análisis de instrumentos de investigación para medir la competencia digital del alumnado de Educación Primaria*. Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 86*(1). https://doi.org/10.21556/edutec.2023.86.2879

García-Ruiz, R., Buenestado-Fernández, M., & Ramírez-Montoya, M. S. (2023). Evaluación de la Competencia Digital Docente: instrumentos, resultados y propuestas. Revisión sistemática de la literatura. *Educación XX1*, *26*(1), 273-301. https://doi.org/10.5944/educxx1.33520

Girón-Escudero, V., Cózar-Gutiérrez, R., & González-Calero Somoza, J. A. (2019). Análisis de la autopercepción sobre el nivel de competencia digital docente en la formación inicial de maestros/as. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *22*(3), 193-218. https://doi.org/10.6018/reifop.373421

Hernández-Ramos, J. P. (2022). Percepción de los maestros de la generación Z sobre su nivel de competencia digital en cuestiones de seguridad. En O. Buzón-García (Ed.), *Experiencias innovadoras y desarrollo de competencias docentes en educación ante el horizonte 2030* (pp. 776-797). Dykinson.

Hernández-Ramos, J. P., Martínez-Abad, F., & Sánchez-Prieto, J. C. (2021). El empleo de videotutoriales en la era post COVID19: Valoración e influencia en la identidad docente del futuro profesional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, *21*(65), Artículo 65. https://doi.org/10.6018/red.449321

Hernández-Sampieri, R. (2014). *Metodología De La Investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.

Huilcapi-Collantes, C., Hernández-Martín, A., & Hernández-Ramos, J. P. (2020). The Effect of a Blended Learning Course of Visual Literacy for In-service Teachers. *Journal of Information Technology Education: Research*, *19*, 131-166. https://doi.org/doi.org/10.28945/4533

Ilie, V., & Frăsineanu, E. S. (2020). The teacher-main actor in the knowledge society. *Annals of the University of Craiova, Series Psychology, Pedagogy*, *41*(1), 155-169. https://bit.ly/46EVUEv

INTEF (2017). *Marco común de la competencia digital docente*. https://bit.ly/3xysBWs

INTEF (2022). *Marco común de la competencia digital docente*. https://bit.ly/3xlBRxg

Jiménez Hernández, D., Muñoz Sánchez, P., & Sánchez Giménez, F. S. (2021). La Competencia Digital Docente, una revisión sistemática de los modelos más utilizados. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (10), 105-120. https://doi.org/10.6018/riite.472351

Lázaro-Cantabrana, J., Usart-Rodríguez, M., & Gisbert-Cervera, M. (2019). Assessing teacher digital competence: the construction of an instrument for measuring the knowledge of pre-service teachers. *Journal of New Approaches in Educational Research*, *8*(1), 73-78. https://doi.org/10.7821/naer.2019.1.370

Marimon-Martí, M., Romeu, T., Usart, M., & Ojando, E. S. (2023). Análisis de la autopercepción de la competencia digital docente en la formación inicial de maestros y maestras. *Revista de Investigación Educativa*, *41*(1), 51-67. https://doi.org/10.6018/rie.501151

Marrón, Y. I., & Martínez-Aznar, M. M. (2023). Características de la acreditación de la Competencia Digital Docente. Relaciones con la Competencia Digital del alumnado. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 86*, 184–202. https://doi.org/10.21556/edutec.2023.86.2943

Mas, V., Gabarda, V., & Peirats, J. (2024). Incidencia de la formación inicial y permanente en la competencia digital del profesorado de secundaria. *Revista Fuentes, 26*(1), Artículo 1. https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2024.23817

Méndez, D., & Sota, J. (2017). La influencia del uso del tablet en la motivación en ciencias de los alumnos de Primaria [Número especial]. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *2017*, 975-980.

Méndez-Garrido, J. M., & Delgado-García, M. (2016). Las TIC en centros de Educación Primaria y Secundaria de Andalucía. Un estudio de casos a partir de buenas prácticas. *Digital Education Review*, (29), 134-165. https://doi.org/10.1344/der.2016.29.134-165

Moore, D. S., McCabe, G. P., & Craig, B. A. (2017). *Introduction to the Practice of Statistics*. Macmillan Learning.

Mosquera, I. (2021). El desarrollo de la competencia digital de futuros docentes en una universidad en línea. *Bordón. Revista de Pedagogía*, *73*(4), Artículo 4. https://doi.org/10.13042/Bordon.2021.89823

Mukul, E., & Büyüközkan, G. (2023). Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, *194*, 1-21. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, *35*(1), 227-232. https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037

Palau, R., Fretes, G., Mogas, J., & Usart, M. (2023). Validación de una herramienta para medir la Competencia Digital Docente del profesorado de educación Secundaria en formación inicial. *RELIEVE - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa, 29*(2), Artículo 2. https://doi.org/10.30827/relieve.v29i2.25317

Pérez-Escoda, A., García-Ruiz, R., & Aguaded, I. (2019). Dimensions of digital literacy based on five models of development. *Cultura y Educación*, *31*(2), 232-266. https://doi.org/10.1080/11356405.2019.1603274

Pozo, S., López, J., Fernández, M., & López, J. A. (2020). Análisis correlacional de los factores incidentes en el nivel de competencia digital del profesorado. *Revista Electrónica Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, *23*(1), 143-159. https://doi.org/10.6018/reifop.396741

Prieto Adánez, G., & Delgado González, A. R. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del psicólogo*, *31*(1), 67-74.

Redecker, C., & Punie, Y. (2017). *European framework for the digital competence of educators. DigCompEdu.* European Commission, Joint Research Centre.

Revuelta-Domínguez, F.-I., Suárez-Guerrero, C., Rivero-Panaqué, C., & Cartagena-Beteta, M.-A. (2023). Adaptación del cuestionario de valoración de competencias digitales en educación superior. *Aula Abierta*, *52*(2), 117-125. https://doi.org/10.17811/rifie.52.2.2023.117-125

Rodríguez-Jiménez, M. C., Ramos, M., & Fernández-Campoy, J. M. (2019). Los docentes de la etapa de educación infantil ante el reto de las TIC y la creación de contenidos para el aula. *RIFOP: Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 33*(1), 29-42.

Romero-Martín, R., Castejón-Oliva, F. J., López-Pastor, V. M., & Fraile-Aranda, A. (2017). Formative assessment, communication skills and ICT in Initial teacher education. *Comunicar*, *25*, 73-82. https://doi.org/10.3916/C52-2017-07

Ruiz, C., & Ruiz-Domínguez, M. Á. (2023). Análisis del entorno personal de aprendizaje para la mejora de la competencia digital docente. *Bordón. Revista de Pedagogía*, *75*(3), Artículo 3. https://doi.org/10.13042/Bordon.2023.97841

Sancho, J. M., Correa, J. M., Ochoa-Aizpurua, B., & Domingo, M. (2020). Cómo aprendemos el profesorado de universidad. Implicaciones para la formación docente. *Profesorado: Revista de curriculum y formación del profesorado*, *24*(2), 144-166. https://doi.org/10.30827/profesorado.v24i1.9050

Tomczyk, Ł. (2019). What Do Teachers Know About Digital Safety? *Computers in the Schools*, *36*(3), 167-187. https://doi.org/10.1080/07380569.2019.1642728

Tourón, J., Martín, D., Asencio, N., Pradas, S., & Íñigo, V. (2018). Validación de constructo de un instrumento para medir la competencia digital docente de los profesores (CDD). *Revista Española de Pedagogía*, *76*(269), 25-54. https://doi.org/10.22550/REP76-1-2018-02

UNESCO (2019). *Marco de competencias de los docentes en materia de TIC UNESCO*. UNES-DOC Digital Library of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371024

Usart, M., Lázaro, J. L., & Gisbert, M. (2021). Validation of a tool for self-evaluating teacher digital competence. *Educación XXI*, *24*(1), 353-373. https://doi.org/10.5944/educXX1.27080

Anexo 1. Instrumento de recogida de información

A continuación, le rogamos que nos indique en qué grado conoce los siguientes recursos:	
Información y ALFIN	1. Estrategias de navegación por internet (p. e. búsquedas, filtros, uso de operadores, comandos específicos, uso de operadores de búsqueda, etc.)
	5. Estrategias de gestión de la información (empleo de marcadores, recuperación de información, clasificación, etc.)
	9. Herramientas para el almacenamiento y gestión de archivos y contenidos compartidos (p. e. Drive, Box, Dropbox, Office 365, etc.)
	16. Canales específicos para la selección de vídeos didácticos
	18. Reglas o criterios para evaluar críticamente el contenido de una web
	22. Estrategias para la búsqueda, localización y selección de información en distintos soportes o formatos (texto, vídeo, etc.)
	34. Herramientas para recuperar archivos eliminados, deteriorados, inaccesibles, con errores de formato, etc.
	42. Criterios para evaluar la fiabilidad de las fuentes de información, datos, contenido digital, etc.
Comunicación y colaboración	8. Herramientas para la comunicación en línea: foros, mensajería instantánea, chats, videoconferencias…
	13. Normas básicas de comportamiento y etiqueta en la comunicación a través de la red en el contexto educativo
	15. Redes sociales o comunidades de aprendizaje para compartir información y contenidos educativos (p. e. Facebook, Twitter, Google+ u otras)
	21. Formas de gestión de identidades digitales en el contexto educativo
	31. Experiencias o investigaciones educativas de otros que puedan aportarme contenidos, ideas, estrategias, para la docencia
	33. Herramientas para el aprendizaje compartido o colaborativo (p. e. blogs, wikis, plataformas específicas como Edmodo u otras)
	50. Espacios para compartir archivos, imágenes, trabajos, etc.
Creación de Contenido digitales	2. Recursos Educativos Abiertos
	6. El software de la Pizarra Digital Interactiva
	10. Herramientas para crear grabaciones de voz (podcast)
	14. Herramientas para crear presentaciones
	17. Herramientas de contenido basado en realidad aumentada
	20. El potencial de las TIC para programar y crear nuevos productos (herramientas, Apps, contenidos…)
	26. Herramientas para producir códigos QR (Quick Response)
	28. Herramientas que faciliten el aprendizaje como: infografías, gráficos interactivos, mapas conceptuales, líneas de tiempo, etc.
	32. Fuentes para localizar normativa sobre derechos de autor y licencias de uso
	35. Herramientas para elaborar pruebas de evaluación
	36. La lógica básica de la programación, compresión de su estructura y modificación sencilla de dispositivos digitales y su configuración
	45. Herramientas para elaborar rúbricas
	46. Diferentes tipos de licencias para publicar mi contenido (copyright, copyleft y creative commons)
	47. Herramientas para la creación de vídeos didácticos
	48. Herramientas que ayuden a emplear técnicas de gamificación en el aprendizaje
	49. Herramientas para reelaborar o enriquecer contenido en diferentes formatos (p. e. textos, tablas, audio, imágenes, vídeos, etc.)
Seguridad	4. Sistemas de protección de dispositivos o documentos (control de acceso, privilegios, contraseñas, etc.)
	11. Puntos de reciclaje para reducir el impacto de los restos tecnológicos en el medio ambiente (dispositivos sin uso, móviles, toner de impresoras, baterías, etc.)
	25. Formas para eliminar datos o información web de la que se es responsable
	27. Protección de amenazas de virus, malware, etc., para los dispositivos
	30. Normas sobre el uso responsable y saludable de las tecnologías digitales
	37. Protección de información (nombres, imágenes, etc.) relativa a personas de tu entorno más cercano
	41. Formas para controlar modos de uso de la tecnología que se convierten en distractores

Resolución de problemas	3. Solucionar problemas relacionados con la gestión y el almacenamiento en la "nube", compartir archivos, concesión de privilegios de acceso, etc. (p. e. Drive, Onedrive, Dropbox u otras)
	7. Solucionar problemas básicos relacionados con problemas técnicos derivados de la utilización de dispositivos digitales en el aula
	12. Herramientas que ayuden a atender la diversidad en el aula
	19. Espacios para formarme y actualizar mi competencia digital
	23. Herramientas para realizar la evaluación, tutoría o seguimiento del alumnado
	24. Tareas básicas de mantenimiento del ordenador para evitar posibles problemas de funcionamiento (p. e. actualizaciones, limpieza de caché o de disco, etc.)
	29. Vías para formarme e incorporar dispositivos, apps o herramientas en la labor docente
	38. Actividades didácticas creativas para desarrollar la competencia digital en otras personas
	39. La compatibilidad de periféricos (micrófonos, auriculares, impresoras, etc.) y sus requisitos de conectividad
	40. Opciones para combinar la tecnología digital y no digital para buscar soluciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje
	43. Medidas básicas de ahorro energético
	44. Formas para la solución de problemas entre pares

Education in the Knowledge Society 26 (2025)

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

Intersección curricular: aprendizaje de las Matemáticas en diversas disciplinas en México

Curricular Intersection: Learning Mathematics in Various Disciplines in Mexico

Ángeles Domínguez[a], Genaro Zavala[b](*), Santa Tejeda[c]

[a] *Facultad de Ingeniería, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile*
https://orcid.org/0000-0001-6066-355X maria.dominguez@unab.cl
[b] *Institute for the Future of Education, Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Mexico*
https://orcid.org/0000-0001-5880-1124 genaro.zavala@tec.mx
[c] *School of Engineering and Sciences, Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Mexico*
https://orcid.org/0000-0003-2005-1297 stejeda@tec.mx

ARTICLE INFO

Palabras clave
enseñanza de las matemáticas; educación secundaria; educación superior; interdisciplinariedad; factores afectivos; innovación educativa.

RESUMEN

La enseñanza de las matemáticas dirigida a estudiantes no especializados en matemáticas en el contexto educativo mexicano es tema que conecta y amplía la visión de las matemáticas. El estudio realiza una revisión de literatura para identificar 1) las características y descripciones predominantes en los artículos enfocados en la enseñanza de matemáticas a no matemáticos en educación media superior y superior, 2) las metodologías, poblaciones y muestras se reportan con mayor frecuencia, y 3) las interconexiones con otras disciplinas. Se realiza una revisión sistemática de literatura con la metodología PRISMA para examinar tendencias y metodologías predominantes en la educación media superior y superior entre 2014 y 2023. Analizando 82 artículos de investigación, se identifican áreas clave como pedagogías innovadoras, evaluación de aprendizajes, y la integración de las matemáticas en contextos socioemocionales y tecnológicos. Los hallazgos sugieren un predominio de métodos cuantitativos, aunque los cualitativos resaltan la importancia de considerar actitudes y emociones de los estudiantes hacia las matemáticas. La interdisciplinariedad emerge como vital, mostrando que la integración de las matemáticas en diversas áreas mejora la enseñanza y el aprendizaje. El estudio subraya la necesidad de estrategias educativas que aborden tanto el dominio cognitivo como los aspectos afectivos, impulsando el uso de tecnologías y enfoques pedagógicos creativos para un aprendizaje significativo. Se enfatiza la importancia de expandir investigaciones futuras hacia metodologías innovadoras y la inclusión de tecnologías educativas, contribuyendo al desarrollo de una sociedad preparada para los desafíos futuros. Este estudio destaca la enseñanza-aprendizaje, aplicación e investigación de las matemáticas, señalando áreas específicas dentro del contexto mexicano que requieren una investigación más profunda, una necesidad que se extiende más allá de las fronteras nacionales hacia la comunidad matemática global.

Keywords
Mathematics teaching; secondary education; higher education; interdisciplinarity; affective factors; educational innovation.

ABSTRACT

Teaching mathematics to non-specialist students in the Mexican educational context is a topic that connects and broadens the vision of mathematics. This study conducts a literature review to identify 1) the predominant characteristics and descriptions in articles focused on teaching mathematics to non-mathematicians in upper secondary and higher education, 2) the methodologies, populations, and samples most frequently reported, and 3) the interconnections with other disciplines. A systematic literature review using the PRISMA methodology is carried out to examine the prevailing trends and methodologies in upper secondary and higher education between 2014 and 2023. By analyzing 82 research articles, key areas such as innovative pedagogies, learning assessment, and the integration of mathematics in socio-emotional and technological contexts are identified. The findings suggest a dominance of quantitative methods, although qualitative ones highlight the importance

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 10/03/2024. Revisado, 01/12/2024. Aceptado, 04/05/2025. Publicado, 25/09/2025.
e-ISSN: 2444-8729

of considering students' attitudes and emotions toward mathematics. Interdisciplinarity emerges as vital, showing that integrating mathematics into various areas improves teaching and learning. The study underscores the need for educational strategies that address both cognitive domains and affective aspects, promoting the use of technologies and creative pedagogical approaches for meaningful learning. It emphasizes the importance of expanding future research towards innovative methodologies and including educational technologies, contributing to the development of a society prepared for future challenges. This study highlights the teaching-learning, application, and research of mathematics, pointing out specific areas within the Mexican context that require deeper investigation. This need extends beyond national borders to the global mathematical community.

1. Introducción

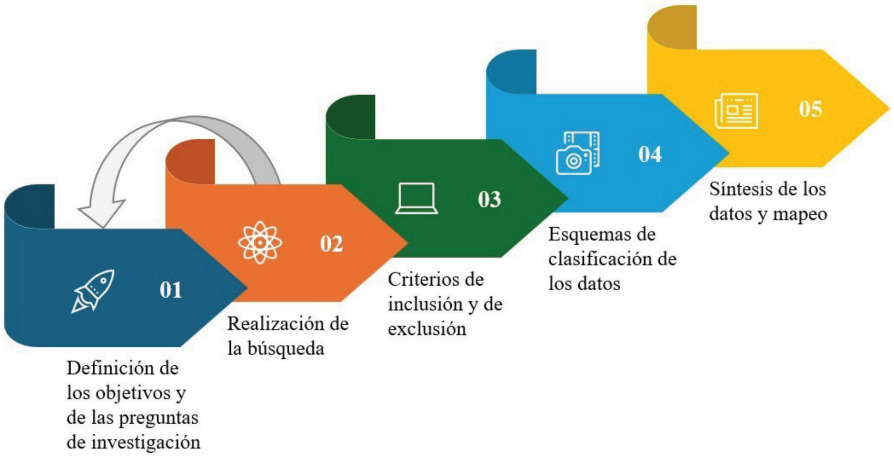
La comprensión del valor de las matemáticas para aquellos que no son especialistas representa un desafío significativo para los educadores en este campo. En tal situación, se impone la necesidad de que los docentes rediseñen sus métodos de enseñanza, exploren nuevos contextos, y examinen diversas prácticas e investigaciones pedagógicas para transformar su entorno educativo. Surge aquí la noción de innovación educativa, interpretada de múltiples maneras: como un proceso, como un puente, como un sendero. Según García-Peñalvo (2015), la innovación educativa se define como un conjunto de procesos orientados a satisfacer la necesidad de cambios en la educación/formación, generando mejoras en los resultados de aprendizaje. De este modo, la innovación educativa se erige como un puente que aproxima a los estudiantes a las demandas del futuro, especialmente en un contexto digital urgente (Gravemeijer et al., 2017).

En el contexto actual, este estudio presenta una recopilación de investigaciones enfocadas en los niveles de educación media superior y superior, donde se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura utilizando la metodología PRISMA 2009 (Liberati et al., 2009). El propósito de esta revisión es analizar el estado del arte de la enseñanza de las matemáticas en currículos de otras disciplinas, enfocando investigaciones que abordan problemas y aprendizajes de las matemáticas como herramienta para otras áreas. La investigación utiliza Web of Science (WoS) y Scopus para identificar artículos de revistas científicas y de congresos indexados publicados en español o inglés. Posteriormente, se definió un criterio de selección basado en tres pilares esenciales: 1) participación o población de instituciones mexicanas, 2) diseño de investigación centrado en un concepto matemático clave, y 3) seguimiento al desarrollo del concepto matemático y la rigurosidad en su tratamiento. Se incluyeron estudios cualitativos, cuantitativos, mixtos y descriptivos, publicados entre 2014 y 2023. El foco estuvo en los niveles medio superior y superior, y en cómo se abordan las matemáticas en relación con otras áreas. En suma, este artículo analiza investigaciones que contribuyen a enriquecer la perspectiva de la innovación educativa en matemáticas para no matemáticos en México, ofreciendo hallazgos y resultados de relevancia para la comunidad especializada y/o interesada en el país.

2. Metodología

El proceso para la revisión de literatura se diseñó e implementó con fundamento en que fuera reproducible, sistemático y robusto (Kitchenham et al., 2009). La Figura 1 describe el proceso general que consistió en cinco pasos principales.

Figura 1. Proceso general realizado en la generación del estado del arte



El procedimiento iterativo entre las dos primeras etapas se ejecutó con el fin de abarcar la mayor cantidad posible de registros en la búsqueda. Se efectuaron varias pruebas piloto, durante las cuales se examinaron los registros obtenidos en cada una para determinar si se estaban recogiendo documentos de relevancia. Esta operación se repitió hasta conseguir una secuencia de búsqueda que se alineara con los objetivos del estudio y capturara el máximo número de artículos factibles.

2.1 Definición de los objetivos y preguntas de investigación

Este proceso de revisión sistemática de literatura permite buscar, clasificar, y analizar publicaciones en el tema de interés. El objetivo de realizar esta revisión es identificar el estado del arte de los temas de las matemáticas presentes en los currículos de otras disciplinas considerando aspectos de innovación educativa, evaluación del aprendizaje y diseño de materiales en cursos de matemáticas para no matemáticos. De este objetivo general se establecen las preguntas de investigación que guían la investigación y documentación (Tabla 1).

Tabla 1. Preguntas de investigación que guían este estado del arte sobre las matemáticas en otros currículos disciplinares

Tema	**Pregunta de investigación**
Descripción referencial de los productos	1. ¿Cuáles son las características y descripciones predominantes en los artículos enfocados en la enseñanza de matemáticas a no matemáticos en los niveles de educación media superior y superior en México?
Análisis descriptivo de metodologías, poblaciones y muestras	2. ¿Qué metodologías, poblaciones y muestras se reportan con mayor frecuencia en este cuerpo de investigación?
Análisis descriptivo del propósito	3. ¿Cuáles son los objetivos y las interconexiones de estos estudios con otras disciplinas académicas?

2.2 Realización de la búsqueda

Para realizar la misma búsqueda en cada uno de los motores WoS y Scopus, se definieron los términos de interés (Tabla 2) a buscar en el título, resumen y palabras clave.

Tabla 2. Términos de la cadena de búsqueda en WoS y en Scopus

Rubro	Términos de búsqueda en el título, resumen y palabras clave
Área	Math*, arithmetic, geometry, trigonometry, algebra, precalculus, pre-calculus, calculus, differential equations, probability, statistics, numerical analysis
Nivel educativo	Secondary, school, secondary education, high school, higher education, university, college, baccalaureate degree, tertiary education, postsecondary education
Disciplina	Interdisciplin* multidisciplin*, applied, context, business, accounting, economics, finance, management, marketing, humanities, art, history, literature, music, philosophy, natural science, applied science*, science*, physics, geology, chemistry, biology, engineering, comput*, informat*, medicine, health sciences, social science*, anthropology, education, geography, law, politic*, psychology, sociology, architecture, design
Propósito	Curricul*, syllabus design*, innovative education, educational innovation, material* development, instructional material, assessment, evaluation, innovation, education*, teaching, learning

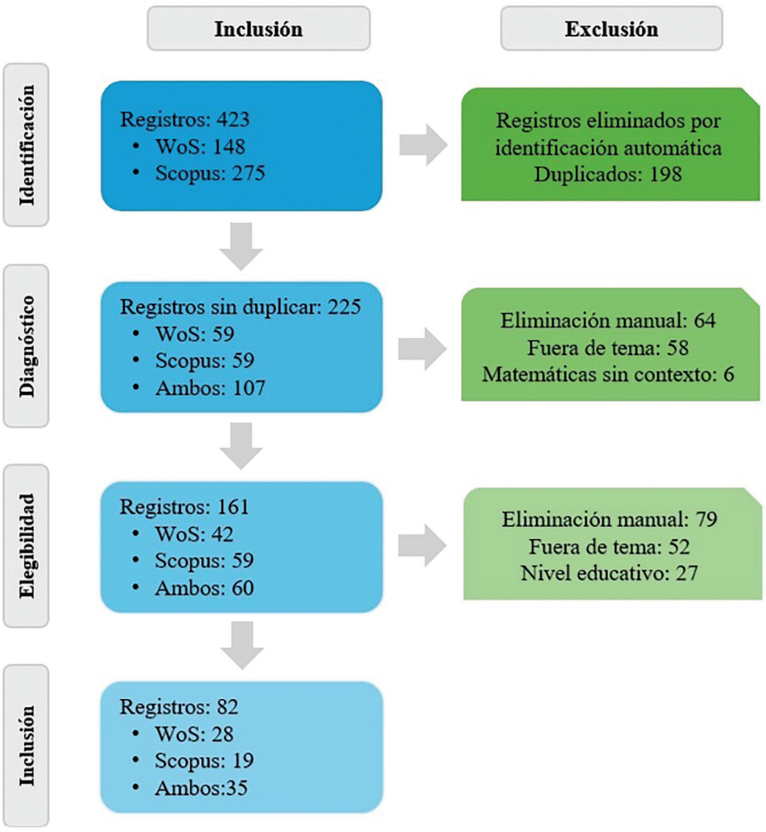
Para enfocar la búsqueda sobre estudios en México o por autores de instituciones mexicanas, se agregó el campo que identifica la dirección vinculada con el producto, o bien, con la afiliación de alguno de los autores. En el proceso de depuración de la información, solo se conservaron productos que contribuyen a la construcción del estado del arte de las matemáticas en México en la última década, del 2014 al 2023.

2.3 Criterio de inclusión/exclusión de fuentes

Una vez que se obtiene la cadena de búsqueda definitiva, se llevó registro de los criterios de inclusión y exclusión (Figura 1, paso 3). En este registro se usa el sistema de reporte PRISMA 2009, *Preferred Reporting Items for*

Systematic Reviews and Meta-Analyses (Liberati et al., 2009), en el cual el criterio de selección se va depurando a lo largo del proceso de identificación, diagnóstico, elegibilidad, e inclusión de productos para su análisis. En la Figura 2 se sintetiza el proceso de inclusión y exclusión de los registros obtenidos aplicando la cadena de búsqueda en las bases de datos WoS y Scopus.

Figura 2. Criterios de inclusión y exclusión de los productos en cada etapa del proceso



2.4 Esquema de clasificación

La Tabla 3 sintetiza los elementos considerados y su clasificación en el análisis de los 82 artículos incluidos en esta revisión (Figura 2).

Tabla 3. Elementos y clasificación analizada

Elemento	Clasificación
Fuente	Distribución por año, revista más frecuente, cuartiles de las fuentes
Producto	Distribución por año, palabras clave indicadas por los autores y la frecuencia, los autores más citados
Autores	Distribución de autores, número de autores por artículo, más productivo
	Autor más citado, primer autor/a más citado o prolífero, afiliación, distribución geográfica o instituciones, distribución por género
Estudio reportado	Metodología y método, instrumento, población objetivo (participantes), nivel educativo, tipo de población (sociodemográfica)
Matemáticas en otras disciplinas	Perspectivas más comunes, asignatura/disciplina frecuencia/más común, contenidos matemáticos frecuencia/más común, aplicaciones, propósito

Sobre los contenidos de los productos obtenidos al aplicar los criterios de inclusión y exclusión, las clasificaciones van desde el año, las revistas e impacto en que se publican, análisis de autores y citas, pero también el

tipo de metodología (tipo, instrumentos, población/participantes, nivel educativo y población demográfica) así como el propósito del estudio (Figura 1, paso 4). Este último es relevante, ya que identifica el propósito de las matemáticas en otras disciplinas, por ejemplo, desarrollo curricular, innovación educativa, diseño de materiales, evaluación de materiales, evaluación del aprendizaje, estudios de actitudes o de emociones, etc.

2.5 Síntesis de los datos

El último paso del proceso consistió en la extracción de los datos de acuerdo con lo establecido en la búsqueda (motores de búsqueda, tipo de producto, año de publicación, datos recolectados en México, matemáticas en currículos de otras disciplinas) y al esquema de clasificación. Los autores se repartieron los artículos a categorizar, y se reunían para compartir y homologar términos descriptivos. Una vez que se tenían todos los productos analizados, se procedió a trabajar por elementos logrando especialización de los revisores en cada uno de los elementos y las categorías asignadas o emergentes.

Antes de pasar a resultados, los autores reconocen que aún y teniendo un proceso sistemático de revisión, se tiene limitaciones propias de la metodología. Por ejemplo, la búsqueda se realizó en dos motores de búsqueda (WoS y Scopus), este estudio se puede ampliar considerando otras bases de datos. La selección de términos para la cadena de búsqueda se diseñó de manera amplia para captar el mayor número de artículos que potencialmente se relacionan con el tema de interés, sin embargo, puede ser que algunos documentos no sean rastreados y se pierdan. Por último, en el proceso de exclusión e inclusión, la primera fase de exclusión se ejecuta automáticamente, la segunda y tercera la realizan manualmente los autores. En la segunda revisión se reporta la causa de exclusión. Una vez que se ha completado la limpieza, se examinan los productos marcados para exclusión para validar que no se está desechando un registro de valor para el estudio. Sin embargo, puede haber error humano en la eliminación.

3. Resultados

Después de seguir con la metodología usada en la Figura 2, se obtuvieron un total de 82 registros que servirán como base para el análisis. En esta sección se describe el análisis de la Tabla 3 para responder las preguntas de investigación (Tabla 1). Primero, se presenta una descripción referencial de los productos encontrados. Luego, se realiza el análisis descriptivo de metodologías, poblaciones y muestras. Finalmente, se muestra un análisis descriptivo del propósito.

3.1 Descripción referencial de los productos

Fuentes

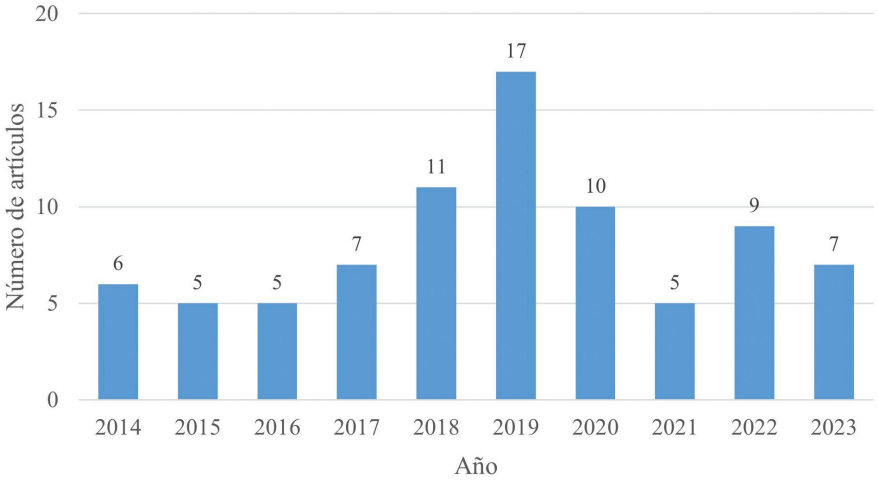
Los registros analizados provienen de 44 fuentes, los más frecuentes son Bolema con ocho productos, European Journal of Contemporary Education con siete productos, el congreso de la Asociación Americana para la Educación en la Ingeniería (seis productos), y la revista Educación Matemática (cinco productos).

Para el análisis del cuartil de los registros, se analizaron los de Scopus y aquellos que se encontraban en ambos índices. Por otro lado, las revistas que exclusivamente se encontraban en WoS se analizaron en su clasificación. El resultado es que en Q1 se encontraron 21 artículos (16 en Scopus y 5 en WoS), en Q2 fueron 14 (13 en Scopus y 1 en WoS), en Q3 fueron 24 (22 en Scopus y 2 en WoS), en Q4 fueron 16 artículos (4 en Scopus y 12 en WoS), por último, hubo 7 artículos de conferencia indizada en Scopus sin clasificación. Se puede notar que, en todos los cuartiles, con excepción de Q4, hay más artículos en Scopus que en WoS. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la clasificación que se usó en el caso de que la revista estuviera en ambos índices fue Scopus. Por otro lado, en Q4 hay más artículos en la clasificación de WoS. Esto se debe que en este índice se toman en cuenta las revistas catalogadas como *Emerging Sources Citation Index* que tienen a revistas latinoamericanas.

Productos

Hay una tendencia ascendente en la distribución de publicación por año del 2014 al 2019, luego tiene un descenso en los últimos dos años de la década analizada (Figura 3). No se encontró explicación, pero la pandemia puede ser un factor en este comportamiento.

Figura 3. Frecuencia de registros por año de publicación



Las palabras clave más usadas por los autores en los registros analizados son matemáticas (33 veces), estudiantes (23), evaluación (16), emociones (13), aprendizaje (13), preparatoria y ansiedad hacia las matemáticas con 11. La nube de palabras de la Figura 4 representa la frecuencia y la diversidad de palabras clave registradas. Se encontraron disciplinas que reportan temas sobre las matemáticas. Por ejemplo, ingeniería, finanzas, economía, física, o robótica; que reportan sobre cálculo, modelación, álgebra, derivada y antiderivada, ecuaciones diferenciales, integral, o función trigonométrica.

Figura 4. Diversidad de palabras clave. La frecuencia de la palabra clave está representada por el tamaño de letra



Haciendo un análisis por autor de los 82 registros analizados se tiene que Patricia Camarena es la autora más citada. Esto es evidencia de su legado a través de sus investigaciones y publicaciones sobre el papel de las matemáticas en diversos contextos y disciplinas. En la Tabla 4 se enlistan los autores con mayor número de

citaciones en los documentos analizados. Se resaltan autores que son citados por sus aportaciones a marcos afectivos, por ejemplo, Hannula, Di Martino, Zan, Blanco, o McLeod; marcos referenciales en educación como Goldin, Shoenfeld; marcos de la educación en las matemáticas, Camarena; en la estadística, Batanero y Godino; en la física, Hestenes.

Tabla 4. Autores con el mayor número de citas, de acuerdo con las referencias bibliográficas de los 82 artículos revisados

Citaciones	Autor
57	Patricia Camarena Gallardo
34	Arturo García-Santillán
22	Markku S. Hannula
21	Gerald A. Goldin
19	Pietro Di Martino, Rosetta Zan, Eduardo Castro Martínez, Milka Elena Escalera Chávez, Carmen Batanero
18	Angeles Domínguez
17	Inés María Gómez-Chacón, Ricardo Adán Salas Rueda, Juan D. Godino
16	Lorenzo J. Blanco, David Hestenes, D.B. McLeod, Gustavo Martínez Sierra
15	Vicenç Font
14	Elena Moreno García, Alan Schoenfeld, Genaro Zavala

Autores

En los 82 productos analizados se encontró que contribuyeron 171 autores de los cuáles 158 reportan adscripción a una institución en México; cinco en España; tres en Chile y en Estados Unidos, y dos en Colombia. Las instituciones a las que pertenecen estos autores corresponden a 44 en México; tres en España y en Estados Unidos; dos en Colombia; y una en Chile. Considerando a la primera o primer autor, las instituciones con más artículos son el Tecnológico de Monterrey (14), Instituto Politécnico Nacional (10), Universidad de Guerrero (9), la Universidad Cristóbal Colón (7), la Universidad Nacional Autónoma de México (4) y con tres se encuentran la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y la Universidad de Guadalajara.

Considerando todos los autores participantes, los autores más productivos son Arturo García Santillán (9), Gustavo Martínez Sierra y Angeles Domínguez (7), Elena Moreno, Jorge de la Garza, y Milka Elena Escalera (6), Javier García García (6), Crisólogo Dolores, Genaro Zavala, Ricardo Salas y Violetta Molchanova con cuatro productos. Se resalta que Gustavo Martínez Sierra es primer autor de los siete artículos en los que participa.

Otro aspecto relevante es el número de autores en cada producto y el porcentaje de participación de autoras y de autores. Este análisis se resume en la Tabla 5 en la que se aprecia que hay ocho trabajos con autor único, 27 con dos autores, 27 con tres autores, 16 con cuatro autores, dos con 5 autores, y con seis o siete autores solo hay un producto respectivamente. Por otro lado, la participación por género y por orden de autor se determinó muy similar hombres y mujeres, 47.4% de autoras y 52.6% de autores hombres. Como primer autor o autora, se mantiene esa misma proporción, 38 registros con autora principal y 44 registros con autor principal de los 82 productos. En la Tabla 5 se presenta la relación de número de autores en los artículos, en relación con el orden

Tabla 5. Número de autores por producto, y número de mujeres y hombres por orden de autor

# de autores	Autor 1		Autor 2		Autor 3		Autor 4		Autor 5		Autor 6		Autor 7		Total	
	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
1	2	6													2	6
2	13	14	14	13											27	27
3	14	13	12	15	16	11									42	39
4	7	9	7	9	7	9	9	7							30	34
5	1	1	1	1	0	2	0	2	0	2					2	8
6	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1			2	4
7	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	4	3
Total	38	44	34	40	24	23	10	10	2	2	0	2	1	0	109	121

de los autores y el género. Esto es, se registraron 8 productos con autor único, de los cuales 2 fueron publicado por mujeres (M) y 6 por hombres (H). Se tiene 27 productos con dos autores, 13 con mujeres como principal y 14 como secundaria; en consecuencia, hubo 14 trabajos con hombres como primer autor y 13 como coautor. Hay una mayor participación de hombre que de mujeres, como autor único, primer autor, y en general.

3.2 Análisis descriptivo de metodologías, poblaciones y muestras

En esta sección se muestran las metodologías de investigación y el tipo de instrumentos usados en los estudios. Posteriormente se abordan las poblaciones a las que van dirigidas estas investigaciones.

Metodologías de investigación

De acuerdo con la clasificación de Creswell y Creswell (2018), se hizo un análisis de los tipos de metodologías que se usan en las investigaciones encontradas. El método de investigación más usado fue el cuantitativo (37 de los 82 artículos). En estos trabajos siempre se usa solo un instrumento. La distribución de instrumentos en los trabajos cuantitativos está representada por 25 estudios que aplican encuesta de constructos, 9 cuestionarios de conceptos (i.e., razón de cambio en la física o en la administración financiera, conceptos de probabilidad o álgebra en cursos para ingenieros o licenciados en negocios), y 3 artículos reportaron usar data set (uso de base de datos para modelación).

El uso de los instrumentos en los trabajos cuantitativos no es muy variado. La gran parte de los artículos usan encuestas donde indagan el constructo en particular que están trabajando. Entre los constructos estudiados, el de ansiedad hacia las matemáticas destaca con nueve publicaciones. Otro constructo frecuente es actitud de los estudiantes, hacia las matemáticas en general y hacia las matemáticas financieras en forma particular.

Otro instrumento recurrido es el cuestionario de conceptos. Estos estudios son utilizados para evaluar un diagnóstico de un área de las matemáticas, generalmente se utilizó para hacer comparaciones (Dominguez et al., 2019). Hay algunos estudios que las comparaciones las hacen en una población (pretest, post-test) o para comparar poblaciones. En ambos casos, la utilizan para saber si alguna estrategia de enseñanza tuvo o no impacto en el entendimiento. Estos artículos abordan temas como la razón de cambio en cálculo, las matemáticas financieras, probabilidad y álgebra.

La segunda metodología más frecuente es la cualitativa (31 artículos) en los que se registraron observaciones, entrevistas y grupos de enfoque; con nueve trabajos que usan más de un procedimiento de recolección. Finalmente, se detectaron ocho con método mixto y seis descriptivos. En estos últimos, se hacen propuestas pedagógicas en la enseñanza de las matemáticas. En estos trabajos, hay artículos que usan más de un instrumento. La Figura 5 muestra la frecuencia de las técnicas de recolección cualitativa.

Figura 5. Distribución de tipos de técnica empleada en los estudios cualitativos.



Las técnicas más frecuentes fueron el análisis de documentos, las observaciones y los grupos focales. El análisis de documentos incluye en su mayor parte el análisis de las soluciones de los estudiantes de problemas matemáticos. Este tipo de instrumentos es común cuando se trata de evaluar una estrategia pedagógica o si se

indaga las habilidades de solución de problemas. Las observaciones incluyen indagación sobre comportamientos, y sobre las habilidades de solución de problemas. En el caso de los grupos focales, algunos se centran sobre las representaciones sociales que tienen los estudiantes con respecto a las matemáticas y al aprendizaje de las matemáticas. Los otros artículos con grupos focales estudiaban constructos socioemocionales en el salón de clases de matemáticas.

Hay seis instrumentos que se relacionan con entrevistas, tres de ellos catalogados como entrevistas conceptuales (Cantoral et al., 2018; García-García, 2019; García-García & Dolores-Flores, 2021). Al igual que en casos de análisis de documentos y observaciones, estas entrevistas indagan el entendimiento conceptual de las matemáticas y solución de problemas. En cambio, en los otros estudios, las entrevistas se relacionan con la indagación de las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas y su aprendizaje.

Una gran parte de las investigaciones cualitativas encontradas indagan contenidos y habilidades matemáticas. Algunos de estos usan el análisis de documentos donde el estudiante resuelve un problema, cuestionarios de conceptos hechos exprofeso, entrevistas conceptuales, y observaciones de estudiantes trabajando. Esto muestra que existe un alto interés en este tipo de indagaciones.

Población y muestra

En relación con la población objetivo que utilizan los estudios, se tienen solamente cinco de ellos que son hechos en poblaciones rurales, el resto en poblaciones urbanas. De los cinco rurales, uno de ellos es con estudiantes universitarios de ingeniería forestal (García-García, 2019). El resto son hechos con estudiantes de nivel medio superior.

Por otro lado, de los 77 trabajos en poblaciones urbanas hay 25 trabajos urbanos que se hacen con estudiantes de nivel medio superior. Los estudios son variados en el número de estudiantes que utilizan, desde un estudio de caso con un estudiante en el que se analiza su cambio de actitud hacia las matemáticas en un año escolar (Coca Santillana & Miranda, 2019) hasta estudios cuantitativos de hasta 1.000 estudiantes donde analizan el alfabetismo financiero de los estudiantes de bachillerato (Villagómez Amezcua & Hidalgo Everardo, 2017) y la ansiedad de los estudiantes hacia las matemáticas (García-Santillán et al., 2016) respectivamente.

Dentro de los estudios urbanos hay 52 trabajos que se hacen con estudiantes universitarios. La mayor parte de los estudios se enfocan en un área específica disciplinar en sus estudios; sin embargo, hay seis trabajos en los que se usan estudiantes universitarios de varias áreas. Uno es cualitativo en el que se mide la competencia algebraica (Aké & Olvera-Martínez, 2022). Dos trabajos son mixtos donde se analizan los errores más comunes en estudiantes que ingresan a la universidad (García Suárez et al., 2014) y el otro analiza las habilidades de solución de problemas y pensamiento crítico de los estudiantes (Tudon-Martinez et al., 2020). Otros tres estudios son cuantitativos, uno midiendo la ansiedad hacia las matemáticas de los estudiantes (Eccius-Wellmann & Lara-Barragán, 2016), otro la autoeficacia (Echeverría Castro et al., 2020), ambos con el objetivo de desarrollar los instrumentos, y por último uno midiendo la aceptación tecnológica por parte de los estudiantes (Atlatenco Ibarra et al., 2023).

Del resto de trabajos con estudiantes universitarios urbanos (46), 27 de ellos los hacen con estudiantes de ingeniería y 15 con estudiantes de negocios. De los otros cuatro trabajos, uno es con estudiantes de ciencias naturales en el que utilizan un sistema de soporte inteligente para dar retroalimentación a estudiantes (Rojano & García-Campos, 2017), otro con estudiantes de ciencias sociales donde estudia la actitud hacia a la estadística de 383 estudiantes de psicología (Moral de la Rubia et al., 2021), el tercero con alumnos de medicina donde 21 estudiantes participaron en un estudio de desarrollo matemático por medio de actividades reveladoras del pensamiento (Aviña González et al., 2019) y el cuarto con estudiantes de enfermería mejorando el aprendizaje de la estadística (Alonso-Trujillo et al., 2022).

Quince estudios universitarios urbanos se hacen con estudiantes de negocios. La mayor parte de estos trabajos (8) están relacionados con aspectos de afección, es decir, estudios donde se analizan las actitudes, percepciones o ansiedad hacia las matemáticas. Los siete estudios restantes son variados, pero tienen la característica que se enfocan hacia el aprendizaje de un área de las matemáticas con alguna innovación y no en los aspectos afectivos.

Veintisiete estudios universitarios urbanos se hacen con estudiantes de ingeniería. 22 de los estudios se relacionan con el uso de estrategias de enseñanza para mejorar el aprendizaje. Algunos de ellos presentan modelos o marcos de enseñanza de las matemáticas de una manera descriptiva. Otros presentan evidencia empírica de las ventajas del uso de la estrategia. Son cinco trabajos que no presentan estrategias de enseñanza, tres de ellos presentan estudios de autoeficacia (González Franco et al., 2022; Morán-Soto & González Peña,

2022; Morán-Soto et al., 2022), uno de ellos presenta los resultados de un diagnóstico sobre el concepto de antiderivada (Pino-Fan et al., 2018), otro estudio presenta un modelo para incorporar la matemática social en los currículos de ingeniería para promover actitudes reflexivas y analíticas que lleven a estudiantes a tener respeto, responsabilidad y cuidado por el medio ambiente (Camarena Gallardo, 2014).

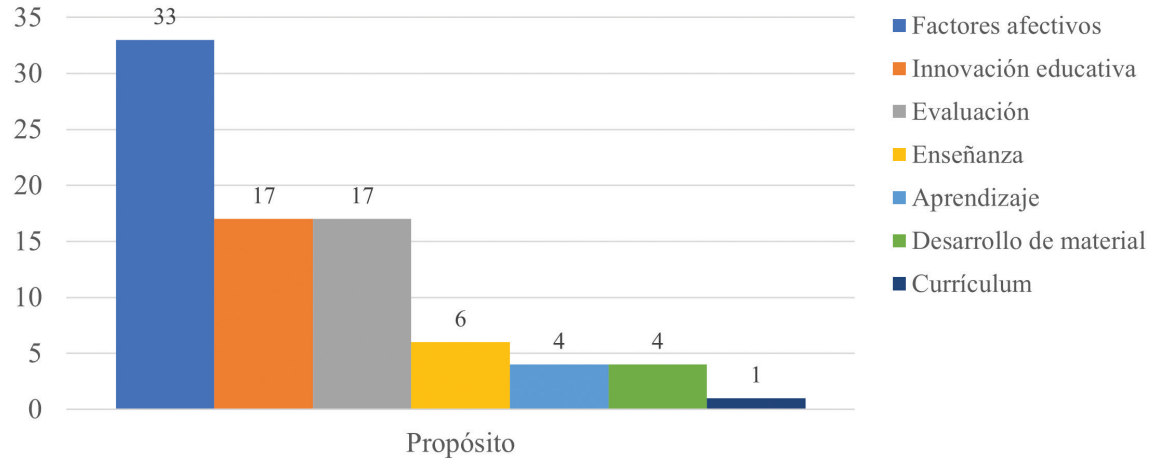
3.3 Análisis descriptivo del propósito

En los productos de investigación revisados se identificaron patrones y tendencias de innovación educativa de acuerdo con el propósito de los estudios, la rama matemática abordada y el concepto matemático.

Patrones de propósito de los estudios

Los términos de la cadena de búsqueda utilizados en Tabla 2 se retomaron para la clasificación presentada en esta sección: currículum, innovación educativa, desarrollo de material, evaluación, factores afectivos, enseñanza y aprendizaje (Figura 6).

Figura 6. Propósitos de los productos de investigación seleccionados



La categoría más frecuente fue factores afectivos (33). La popularidad de este primer tópico expresa el interés de investigadores educativos por acercarse a problemáticas que pueden afectar a aprendices no matemáticos, estudiado desde sus dimensiones afectivas. Las investigaciones encontradas trataron sobre: ansiedad hacia las matemáticas, emociones, creencias, actitudes, motivación y percepciones. Algunos propósitos que ejemplifican este tópico son: 1) la indagación de percepciones hacia diferentes objetos de conocimiento, tales como: las matemáticas, capacidad para salir adelante, emociones y motivación; 2) la validación de instrumentos de medición, tanto de afectividad como de ansiedad y 3) perspectiva.

Hubo dos tópicos de propósito con una frecuencia de 17 registros: innovación educativa y evaluación. En innovación educativa se encontraron: nuevos paradigmas educativos, interdisciplinariedad, nuevas formas de propiciar y analizar las interacciones, estudio de calidad en el proceso educativo, uso de TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje y de redes sociales, así como herramientas de inteligencia artificial (IA) para distintos fines de investigación. Ejemplos de este grupo está un trabajo que introduce el aprendizaje basado en retos aplicado a una enseñanza interdisciplinar de las matemáticas para no matemáticos, uno sobre el uso de herramientas de IA para analizar aplicaciones de gran uso en la enseñanza de las matemáticas y otro del uso de robótica para provocar aprendizaje activo en matemáticas para no matemáticos. Esto hace evidente el creciente interés sobre los nuevos paradigmas y el apoyo educativos de tecnologías, tanto web como de IA.

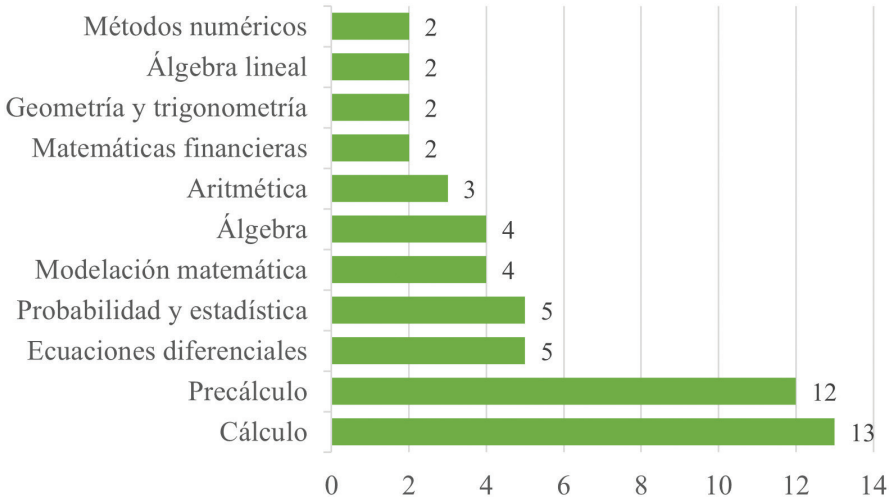
Los estudios con propósito en la evaluación (17 registros) incluyeron: evaluación del aprendizaje, evaluación de competencias, evaluación asistida con IA y evaluación de materiales. Algunos ejemplos de trabajos de evaluación incluyen la evaluación de solución de problemas aplicado a un contexto intercultural y otro donde se destaca la evaluación holística realizada a estudiantes en una asignatura que integra física y matemáticas (Dominguez & de la Garza Becerra, 2015).

Muchos de los artículos abordaban un concepto matemático de manera individual, por ejemplo, sistemas de ecuaciones lineales, transformadas de Laplace o el Método de Gauss-Jordan dentro de álgebra lineal. Sin embargo, hay temas que se repiten en algunos artículos, siendo los más comunes la razón de cambio, la derivada y la integral.

Patrones de temáticas abordadas

En esta sección se presentan patrones y tendencias sobre las ramas de las matemáticas abordadas con base en la descripción de sus autores. En la Figura 7 se muestran las ramas de las matemáticas de 54 de los 82 artículos. Las áreas de las matemáticas identificadas como más populares fueron Cálculo, Precálculo, Ecuaciones diferenciales, Modelación matemática y Probabilidad y estadística.

Figura 7. Ramas de las matemáticas más investigadas identificadas con base en la descripción de sus autores en 54 registros



La categoría de cálculo fue la más investigada, se encontraron 13 artículos. En estos trabajos se indagó la conexión realizada por estudiantes preuniversitarios, la aplicación del cálculo hacia problemas entre disciplinas, en su composición por significados matemáticos y en el desarrollo de visualización espacial a través de realidad aumentada. La segunda categoría más popular fue precálculo, con 12 artículos. En esta categoría se encontraron trabajos sobre: metodologías innovadoras de investigación, alfabetismo matemático y un curso de nivelación matemática para estudiantes de ingeniería en un ambiente virtual.

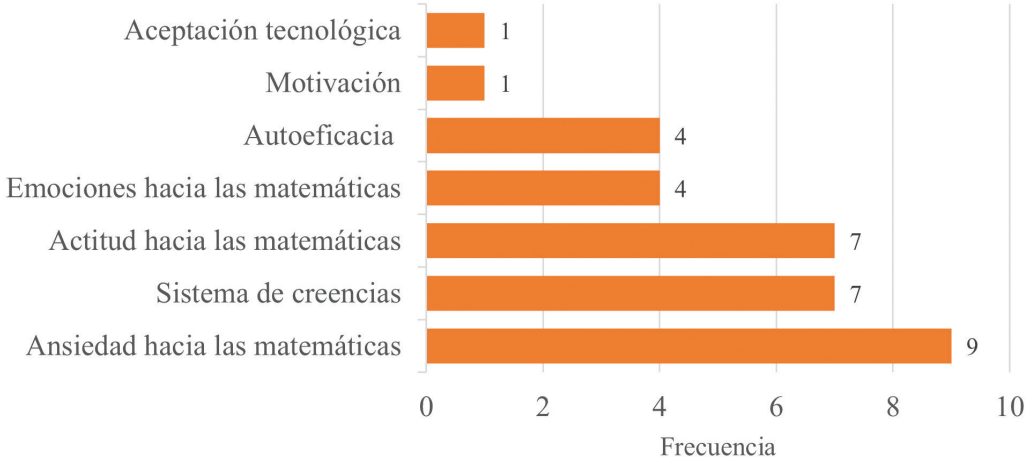
La tercera categoría fueron ecuaciones diferenciales y probabilidad y estadística, con cinco artículos en cada categoría. Algunas de estas investigaciones fueron sobre interacciones en foros virtuales, efectividad de una metodología de enseñanza, algunas propuestas didácticas y reporte de prerrequisitos para el aprendizaje.

Patrones de estudios sobre temáticas afectivas

Aparte de los temas propios de las matemáticas, se encontró que el 40% de los artículos (33 productos) reporta factores afectivos hacia las matemáticas. Dentro de las temáticas afectivas (Figura 8), se encontraron más estudios sobre ansiedad hacia las matemáticas, sistema de creencias, emociones hacia las matemáticas, y actitud hacia las matemáticas. Aunque estas categorías se clasificaron en menor número muestran el creciente interés de la comunidad de investigación por abordar matices del fenómeno educativo de las matemáticas que permitan entender más ciertas problemáticas.

Algunos ejemplos de estos trabajos se enfocan en la matemática desde el punto de vista social en donde se amplía la comprensión del papel de la disciplina en el proceso educativo. Otros profundizan en el conocimiento de los factores que promueven la ansiedad hacia las matemáticas y que se puede usar como una herramienta docente útil para considerar en la planificación de actividades.

Figura 8. Temas sobre variables afectivas hacia las matemáticas (33 registros)



4. Discusión

Este recorrido ha permitido acercarse a distintas realidades del aula matemática mexicana. Las problemáticas, las herramientas, los marcos metodológicos y los resultados dan muestra del esfuerzo riguroso con el que las investigaciones estudian el contexto mexicano de la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas para no matemáticos; sus dificultades, necesidades y circunstancias intrínsecas o extrínsecas.

Las investigaciones abordadas se evaluaron inicialmente mediante un enfoque cuantitativo, examinando aspectos como la frecuencia de publicaciones anuales, la identificación de autores significativos y citados, así como las palabras clave y temáticas predominantes. Se observó un incremento en la cantidad de publicaciones hasta 2019, una tendencia que pudo haber sido interrumpida por la pandemia.

La distribución de autores por género y su posición en las publicaciones revela aspectos significativos sobre la participación de investigadoras e investigadores. La presencia equilibrada de hombres y mujeres entre los autores, con una ligera mayoría masculina, refleja una tendencia hacia la igualdad de género en la autoría académica. Sin embargo, es notable que los hombres predominen como autores únicos y como primeros autores. Este patrón sugiere que, aunque hay avances hacia la igualdad de género en la investigación, persisten diferencias en la visibilidad y el liderazgo dentro de este campo. Esta observación podría indicar la necesidad de estrategias adicionales para fomentar una mayor equidad en la representación de género, especialmente en roles de liderazgo y autoría principal en publicaciones académicas.

Dado que uno de los criterios de inclusión de este estudio fue identificar investigaciones en las que las matemáticas se vinculan con otras disciplinas, se observa una amplia presencia de enfoques interdisciplinarios. Más allá de su frecuencia, varios estudios destacan beneficios asociados a este tipo de enseñanza, tanto en aspectos afectivos como cognitivos del aprendizaje. Por ejemplo, se documentan mejoras en la actitud hacia las matemáticas cuando los estudiantes las perciben como útiles y contextualizadas, lo que contribuye a desestructurar percepciones negativas previas (Coca Santillana & Miranda, 2019) y a establecer conexiones significativas con fenómenos reales (García-García & Dolores-Flores, 2021). Asimismo, se ha encontrado que el trabajo con problemas contextualizados en otras disciplinas no solo permite aplicar conceptos matemáticos, sino que también favorece el desarrollo del pensamiento crítico, la capacidad de análisis y la resolución de problemas complejos (Tudón-Martínez et al., 2020; Aké & Olvera-Martínez, 2022). Estos hallazgos coinciden en señalar que la interdisciplinariedad no solo amplía el campo de aplicación de las matemáticas, sino que también mejora su comprensión y el aprecio por su utilidad. No obstante, se identifican desafíos metodológicos importantes, especialmente en el diseño curricular y en la formación docente necesaria para implementar estos enfoques de manera efectiva. En conjunto, los estudios revisados sugieren que enseñar matemáticas desde una perspectiva interdisciplinaria puede ser especialmente beneficioso para estudiantes no especializados, al facilitar una experiencia de aprendizaje más significativa, relevante y motivadora.

Los resultados sobre metodologías de investigación revelan tendencias interesantes en el ámbito de las matemáticas para no matemáticos. El predominio del método cuantitativo, principalmente a través de encuestas y cuestionarios, indica una preferencia por aproximaciones estructuradas y orientadas a datos específicos, como la ansiedad hacia las matemáticas. Por otro lado, el uso significativo de metodologías cualitativas, como el

análisis de documentos, observaciones y grupos focales, refleja un interés por comprender en profundidad las actitudes y percepciones de los estudiantes hacia las matemáticas. La elección de herramientas metodológicas está claramente dirigida a explorar tanto los aspectos conceptuales como socioemocionales del aprendizaje matemático. Esta variedad en las metodologías sugiere una rica diversidad en los enfoques de investigación y un interés equilibrado en los aspectos cuantitativos y cualitativos.

La distribución de la población y muestra en estos estudios revela preferencias claras y áreas de enfoque en la investigación sobre la enseñanza de las matemáticas. La mayoría de los estudios se realizan en entornos urbanos, con una representación significativa de estudiantes universitarios en áreas como ingeniería y negocios. Esto sugiere una inclinación hacia la investigación en contextos donde las matemáticas se perciben como esenciales para la formación profesional. Sin embargo, la menor representación de estudios en entornos rurales y en disciplinas fuera de las tradicionalmente asociadas con las matemáticas destaca una posible área de oportunidad para futuras investigaciones. Estos hallazgos subrayan la importancia de diversificar los contextos y poblaciones en la investigación educativa para obtener una comprensión más amplia e incluyente del contexto mexicano.

Los estudios muestran una inclinación hacia los factores afectivos, la innovación educativa y la evaluación, reflejando un interés en abordar tanto aspectos emocionales como metodológicos en la enseñanza. Además, se observa una diversidad temática con énfasis en áreas como Cálculo y Precálculo, indicando un enfoque en conceptos fundamentales y aplicaciones interdisciplinarias. El interés en los factores afectivos, como la ansiedad y las actitudes hacia las matemáticas, resalta la importancia de considerar los aspectos emocionales y psicológicos en la enseñanza y aprendizaje de esta disciplina. Es importante considerar cómo el estudio de estos constructos puede ofrecer perspectivas valiosas sobre las percepciones, actitudes y emociones de los estudiantes hacia las matemáticas, los cuales son críticas para diseñar intervenciones educativas más efectivas y empáticas. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque holístico en la educación matemática que integre tanto el contenido como la dimensión emocional del aprendizaje. Es fundamental entonces que los educadores y diseñadores curriculares incorporen estrategias para abordar estos factores, creando un ambiente de aprendizaje que reduzca la ansiedad y fomente una actitud positiva hacia las matemáticas.

El estudio destaca la innovación educativa, especialmente el uso de tecnologías, como un elemento clave para la enseñanza de matemáticas a no especialistas. La integración de herramientas digitales y enfoques pedagógicos innovadores, como el aprendizaje basado en proyectos o el uso de simulaciones, puede facilitar una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos y su aplicación en contextos reales. Estas estrategias no solo pueden hacer las matemáticas más accesibles y atractivas para los estudiantes, sino que también preparan a los estudiantes para un mundo cada vez más tecnológico.

La diferencia en enfoque entre estudios realizados en ingeniería y aquellos en ciencias administrativas es notable. En ingeniería, la mayoría de los estudios se centran en mejorar el aprendizaje a través de estrategias de enseñanza e innovación educativa. Mientras que en los estudios de ciencias administrativas tienden a enfocarse más en aspectos afectivos como la ansiedad y otros constructos emocionales. Esto podría reflejar una percepción de las matemáticas en ingeniería como una herramienta esencial y práctica, requiriendo métodos pedagógicos innovadores para optimizar su comprensión y aplicación. Por otro lado, en ciencias administrativas, donde las matemáticas podrían ser vistas como un componente menos central, se pone mayor énfasis en entender y manejar las actitudes y emociones relacionadas con el aprendizaje de esta disciplina.

5. Conclusiones

De esta revisión se resaltan algunos puntos sobre lo observado o lo ausente en los 82 registros analizados.

- El bajo número de productos indizados sobre aspectos de la matemática educativa, solo 82 productos fueron identificados en una década. Existía una tendencia al alza hasta 2019 y posteriormente decae el número de publicaciones. Como comunidad debemos esforzarnos por la mejora de la práctica docente y que decante en un mejor aprendizaje de los alumnos en México. Para ello, la investigación educativa en el aula de las matemáticas para no matemáticos es necesaria.
- La distribución de género en autores de matemáticas muestra progreso hacia la igualdad, con mayor presencia masculina en trabajos de autor único, pero paridad en publicaciones colaborativas. Este patrón sugiere la necesidad de estrategias para fomentar la equidad de género, especialmente en liderazgo y autoría principal.
- Se muestra un equilibrio entre enfoques cuantitativos y cualitativos, reflejando una rica diversidad en los métodos de investigación que abordan desde percepciones y actitudes hasta resultados cuantificables en el aprendizaje.

- La revisión confirma que la interdisciplinariedad representa una vía eficaz para enriquecer la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, especialmente para estudiantes no especializados. Integrar esta disciplina en contextos reales y profesionales favorece la motivación, la actitud positiva hacia su aprendizaje y el desarrollo de competencias clave como la resolución de problemas y el pensamiento crítico. No obstante, este enfoque también plantea desafíos importantes en términos de diseño curricular y formación docente, lo que indica la necesidad de continuar investigando estrategias pedagógicas que lo hagan viable y sostenible.
- La adopción de tecnologías educativas y metodologías innovadoras destaca como un factor esencial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, indicando que las herramientas digitales y los enfoques creativos son clave para involucrar a los estudiantes y facilitar su comprensión.
- Los estudios en enseñanza matemática muestran una concentración en entornos urbanos y áreas como ingeniería y negocios, destacando la relevancia de las matemáticas en la formación profesional. Sin embargo, la limitada investigación en zonas rurales y fuera de campos tradicionales señala oportunidades para futuros estudios. Estos resultados resaltan la necesidad de diversificar contextos y poblaciones en la investigación educativa para un entendimiento más completo y justo del aprendizaje matemático.
- Los estudios destacan un interés en los factores afectivos y la innovación en la enseñanza matemática, con énfasis en áreas clave como Cálculo y Precálculo. Esta tendencia subraya la importancia de integrar aspectos emocionales y metodológicos, resaltando la necesidad de un enfoque holístico que combine contenido y dimensiones emocionales en el aprendizaje matemático.
- Los registros encontrados sobre matemáticas en la ingeniería tienden a enfocarse en la mejora de la educación. Específicamente, estos estudios muestran interés en mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en la ingeniería universitaria y en cómo mejorar el aprendizaje de los estudiantes.
- El foco de las publicaciones en el contexto de estudiantes universitarios en áreas administrativas y negocios es sobre cuestiones afectivas. Se muestra evidencia que los estudios universitarios con estudiantes en estas áreas son estudios con relaciones afectivas como la motivación, la ansiedad y emociones.

De acuerdo con los puntos observados recomendamos que como comunidad de investigación en educación podamos, por un lado, incrementar el número de estudios con foco en las matemáticas en programas diversos desde la preparatoria hasta la universidad. Esto se recomienda considerando que el uso de las matemáticas es universal, todas las áreas del conocimiento necesitan competencias matemáticas.

Promover la equidad de género en la autoría implementando estrategias para equilibrar la representación de género en la investigación, dando especial atención al liderazgo y la autoría principal en trabajos académicos. Además, diversificar contextos de investigación por medio de la expansión de la investigación de matemáticas educativas más allá de entornos urbanos y áreas tradicionales como ingeniería y negocios, incluyendo estudios en zonas rurales y en campos menos explorados.

De acuerdo con la gran diferencia entre lo que se estudia en carreras de ingeniería y carreas de negocios, la segunda recomendación es incrementar el número de estudios que indaguen y mejoren el proceso de enseñanza-aprendizaje para disminuir la brecha entre lo que se enseña y lo que se aprende. Estos estudios son necesarios en todas las áreas; sin embargo, es evidente que hay que hacerlo en áreas además de las ingenierías.

La tercera recomendación es incrementar el número de estudios que indaguen los factores afectivos que pueden ayudar a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos estudios se están haciendo en las áreas administrativas y hay que mantenerlos; sin embargo, es necesario también hacerlos en otras áreas incluyendo las ingenierías. Aspectos cognitivos y aspectos afectivos deben ser parte de la mejora en los procesos educativos.

Se hace evidente la necesidad de continuar explorando y desarrollando estrategias educativas que aborden los diversos aspectos del aprendizaje matemático. Investigaciones futuras deberían centrarse en expandir nuestra comprensión de cómo las intervenciones específicas afectan el rendimiento, la motivación y la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas, especialmente en entornos interdisciplinarios y tecnológicamente enriquecidos. Este esfuerzo colectivo no solo avanzará en el campo de la educación matemática, sino que también contribuirá a la formación de ciudadanos globalmente competentes y bien preparados para los desafíos del siglo XXI.

Es nuestra intención que este recorrido ofrezca al lector, una ventana al crisol de aportes que nuestra comunidad educativa mexicano ha generado y compartido a lo largo de estos diez años, buscando dar respuesta a las necesidades de cambios en el aprendizaje o formación de una sociedad que evoluciona con sus herramientas y métodos.

Contribución de los autores

Ángeles Domínguez: Conceptualización; Curación de datos; Análisis formal; Investigación; Metodología; Supervisión; Validación; Visualización; Redacción - borrador original; Redacción - revisión y edición.

Genaro Zavala: Conceptualización; Análisis formal; Investigación; Metodología; Supervisión; Validación; Redacción - borrador original; Redacción - revisión y edición.

Santa Tejeda: Curación de datos; Análisis formal; Redacción - borrador original.

Referencias

Aké, L.P., & Olvera-Martínez, C. (2022). Hacia una caracterización de competencia algebraica: Un estudio exploratorio con estudiantes. *Uniciencia*, *36*(1), 1-18. https://doi.org/10.15359/ru.36-1.40

Alonso-Trujillo, J., Alonso-Ricardez, A., Valera-Mota, M.M., & Cuevas-Guajardo, L. (2022). Aprendizaje estadístico basado en niveles de investigación. *Revista Educación*, *46*(1). https://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.45425

Atlatenco Ibarra, Q., Hernández González, S., De la Garza Carranza, M.T. (2023). Modelo matemático de aceptación de la tecnología centrado en el uso de Google Classroom. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*, *10*(2), 87-96. https://doi.org/10.26423/rcpi.v10i2.595

Aviña González, M. J., Vargas Alejo, V., Alvarado Monroy, A., & Escalante, C. C. (2019). Ciclos de entendimiento de estudiantes universitarios al resolver una actividad de proporcionalidad. *CPU-e. Revista de Investigación Educativa*, (29), 58-86. https://doi.org/10.25009/cpue.v0i29.2633

Camarena Gallardo, P. (2014). La matemática social en el desarrollo integral del alumno. *Innovación Educativa*, *14*(65), 143-149.

Cantoral, R., Moreno-Durazo, A., & Caballero-Pérez, M. (2018). Socio-epistemological research on mathematical modelling: an empirical approach to teaching and learning. *ZDM*, *50*(1), 77-89. https://doi.org/10.1007/s11858-018-0922-8

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage publications.

Coca Santillana, A., & Miranda, I. (2019). Cambio de actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas: el caso de Frida. *Educación Matemática*, *31*(2), 241-270. https://doi.org/10.24844/EM3102.10

Dominguez, A., Barniol, P., & Zavala, G. (2019). Evaluación del entendimiento gráfico de derivada e integral definida mediante un examen en castellano de opción múltiple. *Formación Universitaria*, *12*(6), 41-56. https://doi.org/10.4067/S0718-50062019000600041

Dominguez, A., & de la Garza Becerra, J. E. (2015). Closing the gap between physics and calculus: Use of models in an integrated course [Technical Session]. *2015 ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, Washington* (pp. 26.353.1-26.353.14). https://doi.org/10.18260/p.23692

Eccius-Wellmann, C. C., & Lara-Barragán, A. (2016). Hacia un perfil de ansiedad matemática en estudiantes de nivel superior. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, *7*(18), 109-129. https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2016.18.179

Echeverría Castro, S. B., Sotelo Castillo, M. A., Acosta Quiroz, C. O., & Barrera Hernández, L. F. (2020). Measurement model and adaptation of a self-efficacy scale for mathematics in university students. *Sage Open*, *10*(1). https://doi.org/10.1177/2158244019899089

García-García, J. (2019). Estrategias en la resolución de problemas algebraicos en un contexto intercultural en el nivel superior. *Bolema: Mathematics Education Bulletin*, *33*(63), 205-225. https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n63a10

García-García, J., & Dolores-Flores, C. (2021). Exploring pre-university students' mathematical connections when solving Calculus application problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *52*(6), 912-936. https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1729429

García-Peñalvo, F. J. (2015). Mapa de tendencias en Innovación Educativa. *Education in the Knowledge Society*, *16*(4), 6-23. https://doi.org/10.14201/eks2015164623

García-Santillán, A., Escalera-Chávez, M. E., Moreno-García, E., & Santana-Villegas, J. del C. (2016). Factors that explains student anxiety toward mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *12*(2), 361-372. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1216a

García Suárez, J., Segovia Alex, I., & Lupiáñez Gómez, J. L. (2014). Use of Letters as a Source of Errors for University Students in Solving Algebraic Tasks. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, *28*, 1545-1566. https://doi.org/10.1590/1980-4415v28n50a26

González Franco, V., González Lomelí, D., & Maytorena Noriega, M. A. (2022). Efecto de las fuentes de autoeficacia en matemáticas sobre la autovaloración en matemáticas. *Psicumex*, *12*(1), 1-24. https://doi.org/10.36793/psicumex.v12i1.484

Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F. L., & Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future? *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(Suppl 1), 105-123. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6

Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, *51*(1), 7-15. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLOS Medicine, 6*(7), Article e1000100. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100

Moral de la Rubia, J., González Ramírez, M. T., Landero Hernández, R., & Quezada Berumen, L. del C. (2021). Validación del modelo de cinco factores de la Escala de Actitud hacia la Estadística en estudiantes mexicanos de psicología. *Interdisciplinaria - Revista de Psicología y Ciencias Afines*, *38*(1), 133-148. https://doi.org/10.16888/interd.2021.38.1.9

Morán-Soto, G., & González Peña, O. I. (2022). Second Phase of the Adaptation Process of the Mathematics Self-Efficacy Survey (MSES) for the Mexican–Spanish Language: The Confirmation. *Mathematics*, *10*(16), 2905. https://doi.org/10.3390/math10162905

Morán-Soto, G., Valdivia Vázquez, J. A., & González Peña, O. I. (2022). Adaptation Process of the Mathematic Self-Efficacy Survey (MSES) Scale to Mexican-Spanish Language. *Mathematics*, *10*(5), 798. https://doi.org/10.3390/math10050798

Pino-Fan, L. R., Font, V., Gordillo, W., Larios, V., & Breda, A. (2018). Analysis of the meanings of the antiderivative used by students of the first engineering courses. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *16*(6), 1091-1113. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9826-2

Rojano, T., & García-Campos, M. (2017). Teaching mathematics with intelligent support in natural language. Tertiary education students working with parametrized modelling activities. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, *36*(1), 18-30. https://doi.org/10.1093/teamat/hrw009

Tudon-Martinez, J. C., Hernandez-Alcantara, D., Rodriguez-Villalobos, M., Aquines-Gutierrez, O., Vivas-Lopez, C. A., & Morales-Menendez, R. (2020). The effectiveness of computer-based simulations for numerical methods in engineering. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, *14*(3), 833-846. https://doi.org/10.1007/s12008-020-00673-w

Villagómez Amezcua, A., & Hidalgo Everardo, J. A. (2017). Financial literacy and mathematics: A study among young Mexican high school students. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, *12*(2), 1-22. https://doi.org/10.21919/remef.v12i2.88

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Efectividad del uso didáctico del Telegram en el microaprendizaje en Docencia Universitaria Online

Effectiveness of the Didactic Use of Telegram in Online University Teaching

Aitana González Ortiz de Zárate[a], Arina Gruia Anghel[b] y Luis Manuel Fernández Martínez[c(*)]

[a] *Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España*
https://orcid.org/0000-0003-4418-3016 aitana.gonzalez@ucm.es
[b] *Universidad a Distancia de Madrid, Madrid, España,*
https://orcid.org/0000-0002-7095-7911 arina.gruina@udima.es
[c] *Universidad a Distancia de Madrid, Madrid, España*
https://orcid.org/0000-0002-5683-6443 luismanuel.fernandez.m@udima.es

ARTICLE INFO

Keywords
microLearning, mobile learning, Telegram, satisfaction, academic engagement, learning.

ABSTRACT

Technology and education offer the possibility of teaching through mobile devices using a microLearning approach. We analyse the effects of a microLearning experience via Telegram, following Kirkpatrick's model. We evaluated satisfaction with the training, academic engagement, knowledge acquisition and personal transfer through a quasi-experimental pre-post design with a non-equivalent control group and convenience sampling. The intervention consisted of a microLearning activity taught via Telegram that required reflection, documentation, and oral communication. The control group participated in a standard intervention comprised of a traditional distance education activity, completing a written task that required reflection and documentation. The sample was made up of 105 students from the university. Academic engagement, satisfaction with the activity, personal transfer, acquired knowledge and academic performance were measured. Data analysis included descriptive statistics, confirmatory factor analysis and nonparametric estimation tests. Results showed that, although the intervention did not produce differences in academic engagement and satisfaction with training, it did produce differences in personal transfer, knowledge acquisition and academic performance. The data collected contributes to process of university's evidence-based innovation. Results contribute to the development of knowledge for theory building and professional and teaching practice in Spain and the rest of the world.

Palabras clave
microLearning, aprendizaje móvil, Telegram, satisfacción, engagement académico, aprendizaje.

RESUMEN

La tecnología y la educación ofrecen la posibilidad de impartir docencia a través del dispositivo móvil en formato microLearning. En este estudio, se analizan los efectos de una experiencia de microLearning a través de Telegram, siguiendo el modelo de Kirkpatrick. Para ello, evaluamos la satisfacción con la actividad, el *engagement* académico, la adquisición de conocimientos y la transferencia personal, a través de un diseño cuasi experimental pre-post con grupo control no equivalente y muestreo por conveniencia. La intervención estuvo conformada por una actividad de microLearning impartida en formato audio vía Telegram que requería la reflexión, documentación y comunicación oral. El grupo control participó en una intervención estándar conformada por una actividad tradicional en educación a distancia consistente en la realización de una tarea escrita que precisaba la reflexión y la documentación. La muestra incluyó a 105 estudiantes de una universidad española en línea. Para el análisis de datos, se utilizaron técnicas de estadística descriptiva, análisis factorial confirmatorio y pruebas de estimación no paramétricas. Los resultados mostraron que, aunque la intervención no produjo diferencias en el *engagement* académico y la satisfacción con la formación, sí las produjo en la transferencia personal, la adquisición de conocimientos y el rendimiento académico. Los datos recabados contribuyen al proceso de innovación

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 14/03/2024. Revisado, 10/07/2024. Aceptado, 23/09/2024. Publicado, 31/07/2025.
e-ISSN: 2444-8729

de la universidad online basado en evidencias. Los resultados contribuyen al desarrollo del conocimiento para la construcción teórica y para la práctica profesional y docente en España y el resto del mundo.

1. Introducción

En las últimas décadas se han producido grandes cambios derivados del desarrollo tecnológico, y la transformación digital se ha extendido por todos los sectores, incluido el de la educación superior (Abad-Segura et al., 2020). La tecnología, aquella que nos sirve para mantenernos interconectados, y que nos facilita el aprendizaje digital (Mahlow & Hediger, 2019), emerge como potencial aliado de los profesores para reforzar el proceso de enseñanza-aprendizaje. En primer lugar, porque se sitúa como alternativa sostenible que reduce el consumo de energía (Global Industry Analysts, 2020). En segundo lugar, porque permite mantener el curso de la enseñanza en situaciones en las que la distancia física no lo permitiría, o en las que las restricciones sociales se ven impuestas, como ocurrió ante la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID-19 (Xie & Siau, 2020). En tercer lugar, el desarrollo tecnológico nos permite, además, desarrollar competencias en los estudiantes en un mundo global y digital. La tecnología podría servir de ayuda a los profesores, ofreciendo un canal a través del cual desarrollar este tipo de habilidades.

En este escenario, el uso de los dispositivos móviles con fines pedagógicos se ha visto en aumento (Gan & Balakrishnan, 2017). Esta progresión se tornó súbita con la irrupción de la pandemia ocasionada por el COVID-19, que forzó la transición de la educación a la era digital (Aguilera-Hermida et al., 2021). La educación superior fue mediada por la tecnología y pasó a realizarse en el mundo virtual (Aguilera-Hermida, 2020; Hodges et al., 2020). Esta situación supuso un gran impulso para la educación *online*, y visibilizó y generó oportunidades para aplicar el uso, no solo de ordenadores y aplicaciones de videoconferencia, sino también de los dispositivos móviles y sus aplicaciones a la enseñanza y a la educación superior. Los dispositivos móviles (*smartphones*, móviles, tabletas y otros dispositivos portables), se sumaron a la educación virtual que se venía impartiendo, mostrándose una herramienta disponible para la enseñanza y el aprendizaje (Grant, 2019), facilitando el aprendizaje en cualquier momento y desde cualquier lugar, y ofreciendo un sinfín de aplicaciones cuyo uso educativo se encuentra en periodo de estudio. Los dispositivos móviles permiten el envío de tareas y actividades, la visualización y la escucha de material audiovisual, la reflexión y el aprendizaje a través de experiencias inmediatas, o la compartición de ideas. Además, el uso de la pedagogía a través de estos dispositivos contribuye a la transformación del aprendizaje (Boude, 2019), y permite un tipo de enseñanza basado en el estudiante. Diversos estudios han mostrado su efectividad (Bai, 2019; Fox, 2019) y han indicado que favorece la autorregulación del estudio (Hossain et al., 2019; Lim et al., 2019).

De manera contemporánea aparece el *microLearning* como una estrategia de aprendizaje diseñada para maximizar la atención del estudiante en base a la creación de contenidos y actividades cortas que crea mini-cursos (Alqurashi, 2017) que se presentan de manera separada, y que se basan en la repetición, la conectividad y el constructivismo (Hug, 2005). Además, puede ser impartido vía *smartphone* (además de otros canales, como el presencial, en línea o a través de redes sociales) (Almazova et al., 2018). Este tipo de aprendizaje iría destinado a mantener la atención del oyente, y a maximizar el uso de la memoria a corto plazo.

Aunque este tipo de programas y técnicas se encuentran en auge, es necesario evaluar su eficacia en entornos educativos. Para evaluar la formación, el modelo de los cuatro niveles de Kirkpatrick (2015) es uno de los más utilizados a nivel global. Este modelo evalúa la eficacia de la formación en base a cuatro niveles: la satisfacción, el aprendizaje, la transferencia y los resultados.

En base a lo anterior, el objetivo general del trabajo es el de analizar los efectos de una experiencia de *microLearning* a través de Telegram, en comparación con una tarea de *eLearning* tradicional, en base a los tres primeros niveles del modelo de Kirkpatrick (2015). Para ello se plantearon las siguientes cinco preguntas de investigación (PI):

¿Produce la estrategia docente (microLearning vs tarea virtual tradicional) diferencias…

PI1: en el engagement académico?
PI2: en la satisfacción con la formación de los participantes?
PI3: en la transferencia personal?
PI4: en la adquisición de conocimientos?
PI2.5: en el rendimiento académico?

2. Marco teórico

Para fundamentar teóricamente el trabajo, abordamos los siguientes conceptos e investigaciones relacionadas: *eLearning*, aprendizaje móvil, *microLearning*, y modelo de los cuatro niveles de Kirkpatrick (2015).

2.1. eLearning

En primer lugar, el aprendizaje en línea (*online learning*, *eLearning*, aprendizaje digital o aprendizaje virtual), conforma el método de instrucción más utilizado en el aprendizaje a distancia (Traxler, 2018), y supone aquella enseñanza que se realiza a través de dispositivos tecnológicos e internet (Ozuorcun & Tabak, 2012). Se viene impartiendo desde hace más de 25 años (Garrison, 2016), y su efectividad se ha demostrado en diversos estudios, especialmente en el sector sanitario y de la salud (Lahti, Hätönen et al., 2014; Lahti, Kontio, et al., 2014; Sinclair et al., 2016; Tudor Car et al., 2018).

2.2. Aprendizaje móvil

En segundo lugar, el aprendizaje móvil (*mobile learning* o *m-learning*), sería aquel que implica el uso de la tecnología móvil para facilitar el aprendizaje *online* desde cualquier lugar y en cualquier momento (Días & Víctor, 2017). Sería, por tanto, una modalidad dentro de la categoría del eLearning que ha mostrado su efectividad en diversos estudios (Bai, 2019; Fox, 2019), y parece favorecer la autorregulación del estudiante (Hossain et al., 2019; Lim et al., 2019).

2.3. MicroLearning

En tercer lugar, el microLearning supone una estrategia pedagógica basada en la creación de contenidos de aprendizaje cortos que crea mini-cursos (Alqurashi, 2017). Aunque puede presentarse en otros formatos, suele ser presentada a través de tecnología móvil (Almazova et al., 2018). Está destinado a mantener la atención del oyente, y a maximizar el uso de la memoria a corto plazo. Se ha analizado su efectividad en diversos estudios, como en el sector hotelero (Dolasinski & Reynolds, 2021), ha mostrado su eficacia en el aprendizaje (Lee et al., 2021) y se ha puesto en relación con el autocuidado (Wang et al., 2020) y con una reducción del estrés y la ansiedad, así como una mejora del bienestar (Gawlik et al., 2021).

2.4. Modelo de Kirkpatrick

En cuarto lugar, el modelo de los cuatro niveles de Kirkpatrick (2015) es uno de los modelos más utilizados a nivel global para analizar la efectividad del *microLearning*, por ejemplo, en educación sanitaria (De Gagne et al., 2019) y en banca (Fennelly-Atkinson & Dyer, 2021).

El nivel de la satisfacción es el grado de apreciación expresado por los participantes en base a su participación en la formación, y mide el grado en que los participantes asimilan conocimientos, competencias, actitudes y valores del programa (Kirkpatrick, 2015). Las actividades de *microLearning* se han relacionado con un aumento en la satisfacción y el *engagement* (Bogun et al., 2018; Hurley et al., 2019; Nikou & Economides, 2018; Orwoll et al., 2018).

El nivel de aprendizaje mide el grado en que los participantes han adquirido los conocimientos que se transmitían en la formación (Reio et al., 2017), el grado en el que los principios y técnicas fueron comprendidos e incorporados por los participantes (Kirkpatrick, 2015). Diversas investigaciones miden los cambios en el aprendizaje (Lee et al., 2021; Nikou & Economides, 2018; Polasek & Javorcik, 2019).

El nivel de la transferencia mide el grado en el que los conocimientos, las habilidades y las competencias adquiridas en la formación se aplican posteriormente o resultan en una mejora en el desempeño. Además de esta concepción tradicional, se ha comenzado o a contemplar la transferencia personal como la aplicación de lo aprendido en la vida personal del estudiante (Ford et al., 2019; Stewart et al., 2020).

Por último, el nivel de resultados mide el impacto de la formación los resultados organizativos y en la consecución de sus objetivos estratégicos. Mide cambios producidos por la formación a nivel organizativo (Reio et al., 2017).

En base a la revisión realizada, el modelo parece adecuado para evaluar la eficacia de una actividad de microLearning impartida vía Telegram a estudiantes universitarios que estudian en entornos virtuales.

3. Metodología

A continuación, describiremos diseño, muestra, instrumentos, procedimientos y técnicas de análisis de datos.

3.1. Diseño

Se siguió un diseño cuasiexperimental pre-post con grupo control no equivalente (Gopalan et al., 2020) y muestreo por conveniencia (Andrade, 2021). El diseño cuasi experimental fu elegido debido a que los estudiantes se encontraban matriculados en asignaturas de manera previa (Gopalan, 2020). El grupo control se consideró no equivalente, debido a que, aunque las asignaturas impartidas en ambos grupos procedían de las mismas áreas de estudio, trataron contenidos diferentes. Para reducir el sesgo de selección, y con ello, mejorar la validez interna de la investigación, asignamos las asignaturas al azar a los grupos control y cuasi experimental (U. S. Department of Education, 2017). Además, en línea con Alshaibani y Qusti (2021) realizamos un pretest, lo que minimizó las amenazas a la validez interna, como la historia, la maduración y la instrumentalización (Al-Shareffeen & Al-Kailani, 2007). Utilizamos la técnica de muestreo por conveniencia, como es común en investigación en educación, debido a que los datos procedían de una fuente accesible a los investigadores del estudio (Andrade, 2021).

3.2. Muestra

Los participantes fueron alumnos de una universidad española online que estudiaban en el ámbito de la comunicación y las ciencias sociales y jurídicas. Seleccionamos nueve asignaturas de grado.

En total 196 alumnos contestaron a los cuestionarios (grupo control=113; grupo experimental=83). Se eliminaron las respuestas incompletas y aquellas en las que los alumnos habían contestado únicamente a uno de los cuestionarios, quedando una muestra de alumnos de 105 (grupo control=53; grupo experimental=52).

La edad media de los participantes fue de 34 años (*SD*=9.76; *M control*=33, *SD*=9.92; *M experimental*=33, *SD*=9.67). La media de años transcurridos desde que el participante empezó los estudios de grado fue de 3.31 (*SD*=4.79; *M control*=3.42, *SD*=2.55; *M experimental*=3,21, *SD*=6.92). La Tabla 1 sintetiza la descripción de la muestra.

Tabla 1. Descripción de la muestra

Muestra	***Grupo control***		***Grupo experimental***	
	Frecuencia	***%***	***Frecuencia***	***%***
Facultad				
Facultad de Ciencias Jurídicas	43	81	39	75
Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades	10	19	13	25
Asignatura				
Dirección y gestión del personal	12	23	10	19
Habilidades profesionales	16	30	0	0
Lenguaje publicitario	4	8	0	0
Sistemas de valoración de puestos de trabajo	15	28	0	0
Teoría de la comunicación social	6	11	0	0
Auditoría de recursos humanos	0	0	4	8

Tabla 1. Descripción de la muestra (*continuada*)

Organización y métodos de trabajo	0	0	14	27
Publicidad y manifestaciones culturales	0	0	13	25
Reclutamiento, selección y formación en la empresa	0	0	11	21
Docente				
Docente 1	15	28	18	35
Docente 2	28	53	21	40
Docente 3	10	19	13	25
Sexo				
Masculino	24	45	18	35
Femenino	27	51	33	63
No contesta	2	4	1	2
Estudio de otras carreras con anterioridad				
Sí	20	38	27	52
No	32	60	25	48
No contesta	1	2	0	0
Utilización de Telegram con anterioridad				
No	21	40	21	40
Sí, en algunas ocasiones	24	45	27	52
Sí, en muchas ocasiones	8	15	4	8
Cursó la asignatura con anterioridad				
Sí	2	4	2	4
No	51	96	50	96
Compatibiliza estudios y trabajo				
Sí	45	85	39	75
No	8	15	12	23
No contesta	0	0	1	2
Compatibiliza estudios con el cuidado de menores o personas dependientes				
Sí	11	21	18	35
No	42	79	33	63
No contesta	0	0	1	2

Nota. n=105, n control=53, n experimental=52

3.3. Instrumentos

A continuación, se presentan los instrumentos de medida utilizados.

3.3.1. Cuestionario de Engagement Académico (EQ)

Utilizamos la dimensión vigor de la versión española del cuestionario de *engagement* académico de Schaufeli y Bakker (2003), validado para España por Belando et al. (2012). Este cuestionario se utiliza para medir el

engagement académico, como por ejemplo en los siguientes estudios (Cachón-Zagalaz et al., 2018; Mills et al., 2012; Song et al., 2021) y ha sido utilizado en muestras de estudiantes (Cadime et al., 2016; Meng & Jin, 2017; Merino-Tejedor et al., 2017). La dimensión vigor estaba compuesta por nueve ítems (*Cuando me levanto por la mañana, me siento con ganas de estudiar*). Las respuestas se ofrecen a través de una escala Likert de cinco puntos (1: *nunca*; 5: *siempre*). Fue validado en una muestra de 468 estudiantes universitarios españoles (Merino-Tejedor et al., 2017). El AFC validó la estructura factorial del cuestionario (NNFI=.94, CFI=.96, RMSEA=.04). La fiabilidad fue considerada adecuada (α escala completa=.93, α vigor=.78).

3.3.2. Dimensión de Satisfacción con la Actividad

Utilizamos la dimensión satisfacción con la formación del cuestionario de Factores de Predicción de la Transferencia (FPT) (González-Ortiz-de-Zárate et al., 2020). Mide el grado de satisfacción de los participantes con la formación y el formador, y el grado de aprendizaje percibido. Consta de diez ítems (ej., *La formación en la que he participado me ha gustado*). Las respuestas se dan en base a una escala Likert de cinco puntos (1: *nada de acuerdo*; 5: *totalmente de acuerdo*). Fue validado en una muestra de 1.457 participantes (AFE: n=728; AFC: n=729) (González-Ortiz-de-Zárate et al., 2020). El AFC validó su estructura factorial (TLI=.92, CFI=.93, RMSEA=.06). La fiabilidad del cuestionario (α=.94) y de la dimensión (α AFE=.95, α AFC=.95) fueron adecuadas.

3.3.3. Transferencia Personal

La transferencia personal mide el grado en el que los conocimientos, las habilidades y las actitudes adquiridas a través la formación, son aplicadas en el ámbito de la vida personal del estudiante (Ford et al., 2019; Stewart et al., 2008, 2020). Se utilizó la dimensión de transferencia personal del cuestionario multidimensional de transferencia elaborado por el Grupo de Investigación de Efi (de eficacia de la formación), en colaboración con una de las autoras de esta propuesta de investigación. La escala se encontraba en proceso de validación en diferentes estudios. En este estudio se validó, entre los participantes, la dimensión de transferencia personal. Se compone de siete ítems (ej., *La formación ha modificado mi manera de actuar ante determinadas situaciones en mi vida personal*). El primer ítem procede de la adaptación de Ford et al. (2019), de la dimensión *perform*, subdimensión *used outside my job* (*I used the skill teaching approach outside of my job, for example, in teaching a sport or way of thinking*). Los siete ítems se inspiran en Stewart et al. (2008, 2020), autores que han estudiado la transferencia en programas de *coaching*, y que identifican el desarrollo personal o intrapersonal como uno de los resultados de la formación. El análisis de validez se incluye en el apartado de resultados.

3.3.4. Conocimiento Adquirido

Utilizamos una evaluación inicial de conocimientos compuesta por 5-9 preguntas de desarrollo corto (máximo 10 líneas de respuesta). Esta prueba se administró en el pre-test y en el post-test. Para la elaboración de las pruebas, se elaboró una batería de preguntas de dificultad similar. Para evitar el efecto de recuerdo, se elaboró, en base a esa batería de preguntas, un modelo evaluación pre y un modelo de evaluación post para cada asignatura. Se cuidó la utilización del mismo estilo de redacción para evitar sesgos derivados de la formulación de las preguntas. Tras la realización de la actividad, el profesor de cada asignatura evaluó las respuestas en una escala tradicional de evaluación del 1 al 10.

3.3.5. Rendimiento Académico

El rendimiento académico se evaluó en base a las dos actividades de evaluación continua realizadas por los alumnos, el examen final y la calificación global de la asignatura. Estas actividades fueron evaluadas por los profesores responsables de cada asignatura utilizando el sistema tradicional de calificación de la universidad (1-10).

3.4. Procedimientos

Se detallan a continuación los procedimientos para el grupo experimental y grupo control.

3.4.1. Procedimientos para el grupo experimental

Las medidas se estructuraron tratando de interferir lo menos posible en el funcionamiento habitual del aula, y siguieron el modelo de evaluación continua que tenía establecido la universidad:

1. Sesión de presentación de la asignatura.
2. Pretest. Esta actividad fue acompañada de un consentimiento para la utilización de los números de teléfono de los alumnos para crear el grupo de Telegram. Además, se presentó el consentimiento informado y se informó sobre el tratamiento de los datos, siguiendo los protocolos europeos en materia de confidencialidad, específicamente, en lo establecido en la Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo, de protección de datos personales. En el cuestionario se administró la evaluación inicial de conocimiento, el cuestionario de engagement académico (EQ), la escala de satisfacción y el cuestionario de transferencia personal.
3. Intervención 1.1: Esta actividad estuvo conformada por un primer módulo de microLearning de dos semanas de duración administrado a través de la aplicación Telegram. En ella, se animó al estudiantado a documentarse sobre conceptos centrales de la asignatura y situaciones de actualidad, y a expresar sus reflexiones a través la comunicación oral, grabando sus intervenciones. Para su desarrollo, el profesor enviaba una grabación de audio cada dos días lectivos, con una duración de entre 30 segundos y 5 minutos. Estas grabaciones versaban sobre contenidos centrales de la asignatura, y se invitaba a los alumnos a ponerlas en relación con noticias y situaciones de actualidad.
4. Intervención 1.2. Esta segunda actividad siguió el mismo procedimiento que el utilizado en la intervención 1.1, aunque se utilizaron nuevos conceptos, procedentes de las unidades didácticas impartidas durante segunda mitad de la asignatura.
5. Post-test. En línea con el pre-test, esta actividad fue de carácter voluntario y evaluable. Se administró el cuestionario de engagement académico (EQ), la escala de satisfacción y el cuestionario de transferencia personal.
6. Examen final. El examen final constó de una parte tipo test, un caso práctico, y preguntas de desarrollo teórico.

3.4.2. Procedimientos para el grupo control

Se tomaron las mismas medidas que en el grupo cuasi experimental. Se administró una intervención estándar, consistente en dos buzones de entrega y unas instrucciones para realizar las actividades, en línea con las actividades tradicionales de la universidad. Este tipo de actividades utilizan la lectura, la documentación, el razonamiento y la comunicación escrita como habilidades básicas.

3.5. Análisis de Datos

Los datos fueron analizados con el programa SPSS 26 y en el módulo Amos. Para analizar la validez de los instrumentos se realizaron AFC del cuestionario de engagement académico (EQ), el cuestionario de satisfacción y el cuestionario de transferencia personal. Para evaluar la calidad de los constructos y determinar si se ajustaban de manera adecuada a los datos, se analizaron el índice de ajuste chi-cuadrado (x^2) y otros índices de ajuste relativo (TLI>.90, CFI>.90, RMSEA con un límite superior del intervalo de confianza < .08 (Hair et al., 2014; Meyers et al., 2016). Se evaluó la consistencia interna de las escalas a través de los coeficientes de fiabilidad Alpha de Cronbach > .70 (Nunnally, 1978).

Se ha identificado que el índice RMSEA presenta problemas con modelos pequeños que presentan pocos grados de libertad, como es el caso de los modelos presentados en esta investigación. En estos casos, el índice puede indicar erróneamente un ajuste pobre, incluso cuando el modelo se ajusta bien a los datos (Kenny et al., 2015). En estas situaciones se recomienda especificar modelos alternativos que eliminen determinados parámetros, para determinar si esos parámetros adicionales son necesarios en el modelo (Kenny et al., 2015). Si el ajuste empeora, se retiene el modelo que mejor se ajuste a los datos.

Para examinar las diferencias en el engagement académico entre los grupos, la satisfacción y la transferencia personal, se examinaron las puntuaciones de los grupos, tanto en el pre-test como en el post-test. Debido a que la variable independiente era nominal y las variables dependientes engagement académico, satisfacción

con la formación y transferencia personal eran ordinales, decidimos utilizar el estadístico no paramétrico U de Mann-Whitney (Campbell, 2021). Para evaluar las medidas post de las variables conocimiento adquirido y rendimiento académico, dado que se trataba de variables continuas, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para identificar si era indicado utilizar la prueba paramétrica de t para muestras independientes en lugar de utilizar la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. La Tabla 2 muestra los resultados de la prueba de normalidad.

Tabla 2. Pruebas de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	***df***	***Sig.***	**Estadístico**	***df***	***Sig.***
Calificación Cuestionario conocimientos Pre	.15	104	<.001	.957	104	.002*
Calificación Cuestionario conocimientos Post	.20	104	<.001	.968	104	.014
Calificación AEC1	.20	104	<.001	.878	104	<.001*
Calificación AEC2	.11	104	.007	.948	104	<.001*
Calificación Examen Final	.10	104	.023	.975	104	.043*
Calificación Final asignatura	.08	104	.170	.985	104	.295

Nota. * $p < .05$

Dado que cuatro de las seis variables que medían conocimientos no cumplían con la asunción de normalidad, decidimos aplicar el estadístico no paramétrico U de Mann-Whitney (Campbell, 2021).

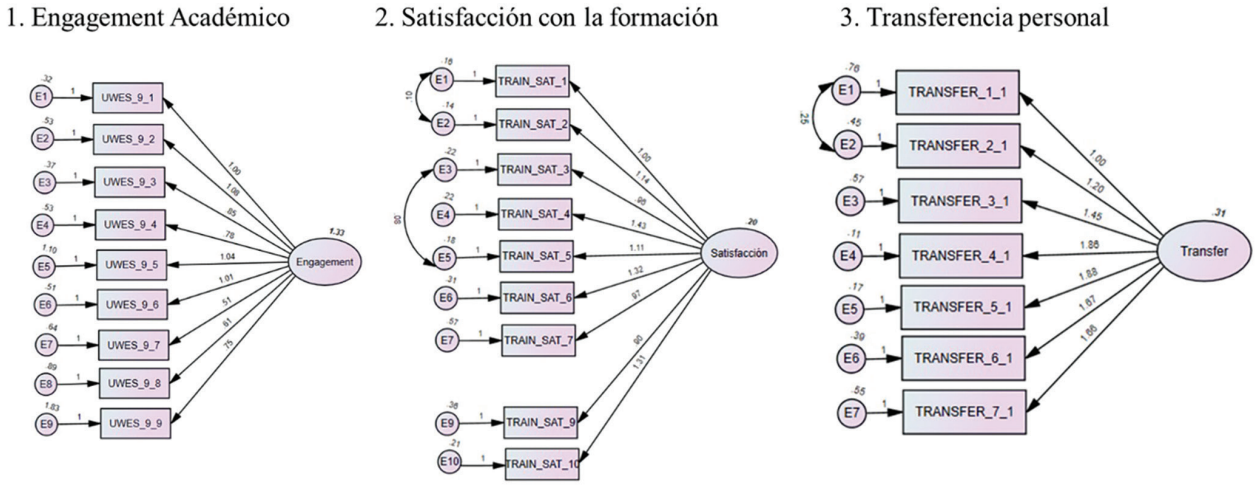
4. Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

4.1. Análisis de validez

Este subepígrafe contiene la validación de los instrumentos de medida. La Figura 1 muestra los modelos especificados y la Tabla 3 los resultados obtenidos en los AFC.

Figura 1. Modelos especificados en los AFC.



Nota. n=105.

Tabla 3. Resultados obtenidos en los AFC.

Escala	χ2	TLI	CFI	RMSEA	α	N ítems
Engagement académico (EQ)	58.94 (df = 27, p < .001)	.94	.96	.09 CI [.06 y .13]	.92	9
Satisfacción con la formación	35.37 (df = 25, p < .001)	.98	.98	.06 CI [.00 y .09]	.90	10
Transferencia personal	73.91(df = 13, p < .001)	.92	.86	.19 CI [.15 y .24]	.93	7

Nota. n=105.

4.2. Pruebas de diferencia de medias

A continuación, la Tabla 4 presenta las medianas, medias, desviaciones típicas de las variables estudiadas y el nivel de significación de la prueba U de Mann-Whitney.

Tabla 4. Medianas, medias y desviaciones típicas de las variables estudiadas.

Variable	Control						Experimental					
	Pre			Post			Pre			Post		
	Mdn	*M*	*SD*	*Mdn*	*M*	*SD*	*Mdn*	*M*	*SD*	*Mdn*	*M*	*SD*
Engagement	4.44	4.13	1.09	4.44	4.15	1.24	4.44	4.167	1.024	4.33	4.14	1.14
Satisfacción	4.00	3.96	0.50	4.10	4.07	0.79	4.10	3.95	0.513	4.2	4.29	0.60
Transferencia	4.86	3.52	0.92	3.57**	3.46	0.94	3.86	3.294	0.943	3.14**	3.11	1.04
Conocimiento	5.00**	4.83	1.67	7.50**	7.47	1.28	3.5**	3.729	1.971	7.80**	8.14	1.00
AEC1	-	-	-	9.00	8.65	1.20	-	-	-	8.5	9.16	0.79
AEC2	-	-	-	7.50**	7.94	0.91	-	-	-	7.00**	8.80	1.03
Examen Final	-	-	-	6.70***	6.73	1.18	-	-	-	7.30***	7.79	1.26
Nota final	-	-	-	7.60**	7.32	1.17	-	-	-	7.50**	7.97	1.49

Nota. n=105 (n control=53, n experimental=52

** $p \leq .05$; *** $p \leq .001$

Para comprobar que no existían diferencias en las variables entre los grupos en las medidas pre, se aplicó el estadístico no paramétrico U de Mann-Whitney, a través de cual no se encontraron diferencias entre los grupos en las variables engagement académico, satisfacción con la formación y transferencia personal cuando se midieron de forma previa a la intervención. Sin embargo, la prueba U de Mann-Whitney indicó que el conocimiento previo fue mayor en el grupo control (Mdn=5.00) que en el grupo experimental (*Mdn*=3.50), *U*=1209.000, p≤.05.

Para comprobar las posibles diferencias generadas en las variables dependientes en base a la intervención, se aplicó el estadístico no paramétrico U de Mann-Whitney. Este estadístico indicó que no existían diferencias en las medidas post de las variables engagement académico y satisfacción con la formación. Además, los resultados obtenidos en la AEC1 por los dos grupos fueron similares.

Sin embargo, el estadístico indicó que la transferencia personal fue mayor en el grupo control (Mdn=3.57) que en el grupo experimental (*Mdn*=3.14), *U*=1535.000, p≤.05, indicando que las actividades realizadas tradicionalmente en la universidad generarían un nivel mayor de transferencia personal. También indicó que el conocimiento adquirido fue mayor en el grupo experimental (Mdn=7.80) que en el grupo control (*Mdn*=7.50), *U*=2545.000, *p*≤.05. Además, los resultados del rendimiento académico también fueron superiores en el grupo experimental. La AEC2, el examen y los resultados finales en la asignatura fueron superiores en el grupo experimental (*Mdn AEC2*=7.00, *Mdn examen final=7.30*, *Mdn calificación final*=7.50) que en el grupo control (*Mdn AEC2*=7.50, *Mdn examen final=6.70*, *Mdn calificación final*=7.60), *U AEC2*=2108.000, *p*≤.05; *U examen final*=2459.500, *p*≤.001; *U calificación final*=2576.500, *p*≤.05. Estos resultados indican que la intervención generó diferencias en la transferencia

personal, el conocimiento adquirido, y el rendimiento académico (medido a través de las AEC, el examen y la calificación final de la asignatura).

En base a los resultados obtenidos, se respondió de la siguiente forma a las preguntas de investigación. Primero, la intervención no produjo diferencias en el engagement académico (PI1) y la satisfacción con la formación (PI2). Por último, la intervención sí produjo diferencias en la transferencia personal (PI3), la adquisición de conocimientos (PI4) y el rendimiento académico (PI5).

5. Discusión

La investigación realizada cumple con el objetivo general del trabajo al analizar los efectos de una experiencia de *microLearning* a través de Telegram, en comparación con una tarea de eLearning tradicional. Para ello se analizaron los resultados obtenidos para las variables satisfacción con la actividad, engagement académico, adquisición de conocimientos y transferencia personal.

En primer lugar, los datos analizados respecto a las preguntas de investigación 1 y 2, que estudiaban las diferencias en el *engagement* académico y la satisfacción con la formación, mostraron que no existían diferencias entre los grupos en base a estas variables. Estos resultados implican que la participación en un programa formativo en el que se sigue el modelo pedagógico del *microLearning* (Alqurashi, 2017) no genera diferencias en *engagement* académico y en satisfacción con respecto a la participación en un sistema online tradicional, lo que sugiere que el *microLearning* impartido a través de Telegram generaría un *engagement* y un nivel de satisfacción similar al generado por la actividad *online* tradicional. Estos datos indican que ambos planteamientos pedagógicos serían igualmente válidos a la hora de generar ganas y motivación en los estudiantes y a la hora de predisponerles para que se encuentren satisfechos con las actividades realizadas. En segundo lugar, los datos analizados respecto a las preguntas de investigación 3, 4 y 5, que estudiaban las diferencias en la transferencia personal y el rendimiento académico respectivamente, mostraron que la intervención sí produjo diferencias en la transferencia personal, la adquisición de conocimientos y el rendimiento académico. Los resultados que indicaron que la transferencia personal fue mayor en el grupo control que en el experimental sugieren que las actividades realizadas tradicionalmente en la universidad generarían un nivel mayor de transferencia personal. Es decir, los estudiantes serían más propensos a aplicar en su vida personal los aprendizajes adquiridos a través las actividades tradicionales de la universidad que los adquiridos a través de *microLearning*. Este resultado implica que, dentro de la categoría de aprendizaje online, las actividades que venían realizando los estudiantes de la universidad generan más transferencia personal que las actividades que siguen el modelo pedagógico del microLearning impartido a través de Telegram. Recomendamos continuar la investigación para determinar si las diferencias se deben al modelo pedagógico del microaprendizaje (Alqurashi, 2017), o si pueden ser atribuidas al aprendizaje móvil (Grant, 2019).

Asimismo, el conocimiento adquirido fue mayor en el grupo experimental, sugiriendo que el conocimiento adquirido tras la aplicación de *microLearning* fue mayor que tras la aplicación de las actividades online tradicionales. Por otro lado, los resultados del rendimiento académico también fueron superiores en el grupo experimental, sugiriendo que el rendimiento académico también mejoraría tras la aplicación del microLearning en comparación con las actividades tradicionales. En resumen, los resultados presentados implican que la actividad de *microLearning* generaría menores niveles de transferencia personal y mayores niveles de conocimientos y rendimiento académico que las actividades online tradicionales. Los resultados se suman a estudios previos en los que se había mostrado la efectividad del aprendizaje móvil (Bai, 2019; Fox, 2019) y que habían indicado que favorecía la autorregulación del estudio (Hossain et al., 2019; Lim et al., 2019).

Dado que la transformación digital se ha extendido prácticamente por todos los sectores (Abad-Segura et al., 2020), recomendamos continuar profundizando en la investigación en esta línea con estudiantes procedentes de otras ramas de conocimiento, como pueden ser las ciencias de la salud y las ingenierías (Abad-Segura et al., 2020).

El presente estudio evalúa la formación impartida en base al modelo de los cuatro niveles de Kirkpatrick (2015), analizando tres de los cuatro niveles: satisfacción, conocimiento adquirido y transferencia del aprendizaje. Estos resultados se suman a los obtenidos al utilizar el modelo para analizar la efectividad del microLearning en educación sanitaria (De Gagne et al., 2019) y en banca (Fennelly-Atkinson & Dyer, 2021). Recomendamos continuar la investigación incluyendo el análisis del cuarto nivel (Reio et al., 2017) para obtener una visión completa de la evaluación del microLearning en base a este modelo.

Entre las limitaciones del estudio, cabe mencionar que, debido al diseño elegido, no fue posible diferenciar los efectos de la condición de *microLearning* (Alqurashi, 2017) de los efectos del aprendizaje móvil (Grant, 2019), recomendamos por tanto continuar la investigación a través de la aplicación de diseños experimentales

que incluyan una tercera condición en la que se realice microLearning sin la necesidad de aplicarlo a través del dispositivo móvil. De esta manera, podremos determinar si la tecnología, en este formato, actúa como aliado del profesor en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Mahlow & Hediger, 2019).

Recomendamos también ampliar el estudio con muestra procedente de otras ramas de conocimiento, para obtener una visión global del estudiantado, además de incluir muestra procedente de otros países hispanohablantes para comparar los resultados con los obtenidos en otros contextos y culturas.

Esta investigación presenta implicaciones claras a la hora de tomar decisiones respecto a la inclusión de actividades móviles presentadas siguiendo los modelos pedagógicos del microLearning. El profesorado y los agentes de decisión podrán utilizar los resultados para decidir en qué momentos y ante qué estudiantes convendrá incorporar este tipo de actividades, o, por el contrario, mantener el modelo virtual tradicional de efectividad ampliamente probada. En los casos en los que se prime aumentar la transferencia de los aprendizajes a la vida personal de los estudiantes, recomendaremos al profesorado optar por un modelo pedagógico virtual tradicional. No obstante, en los casos en los que el profesorado pretenda obtener una ventaja diferencial respecto a la adquisición de conocimientos y al rendimiento académico, recomendaremos optar un modelo basado en el MicroLearning que pueda ser impartido a través del dispositivo móvil.

Contribución de los autores

Aitana González Ortiz de Zárate: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción - borrador original
Arina Gruia Anghel: Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción - revisión y edición
Luis Manuel Fernández Martínez: Investigación, Metodología, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción - revisión y edición

Referencias

Abad-Segura, E., González-Zamar, M. D., Infante-Moro, J. C., & Ruipérez García, G. (2020). Sustainable management of digital transformation in higher education: Global research trends. *Sustainability, 12*(5), 2107. https://doi.org/10.3390/su12052107

Aguilera-Hermida, A. P. (2020). College students' use and acceptance of emergency online learning due to Covid-19. *International Journal of Educational Research Open, 1*, 100011. https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2020.100011

Aguilera-Hermida, A. P., Quiroga-Garza, A., Gómez-Mendoza, S., Del Río Villanueva, C. A., Avolio Alecchi, B., & Avci, D. (2021). Comparison of students' use and acceptance of emergency online learning due to COVID-19 in the USA, Mexico, Peru, and Turkey. *Education and Information Technologies, 26*(6), 6823-6845. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10473-8

Al-Shareffeen, K., & Al-Kailani, K. (2007). *Introduction to Research Method in Educational and Social Science.* Dar Almessera Publication.

Almazova, A. U., Almazova, N., & Rogovaya, Y. (2018). Prospects of Introduction of Microlearning into the Process of Teaching Postgraduate Students a Foreign Language. *12th International Technology, Education and Development Conference (Valencia, Spain, 5-7 March, 2018)* (pp. 3175-3182). IATED. https://doi.org/10.21125/inted.2018.0608

Alqurashi, E. (2017). Microlearning: A Pedagogical Approach for Technology Integration. *Turkish Online Journal of Educational Technology,* (Special Issue for *IETC* 2017), 942–947.

Alshaibani, M. H., & Qusti, E. S. (2021). The role of smartphone app "WhatsApp" on achievement motivation and social intelligence among female undergraduate students. *Perspectives in Psychiatric Care, 57*(2), 597-603. https://doi.org/10.1111/ppc.12582

Andrade, C. (2021). The inconvenient truth about convenience and purposive samples. *Indian Journal of Psychological Medicine, 43*(1), 86-88. https://doi.org/10.1177/0253717620977000

Bai, H. (2019). Pedagogical practices of mobile learning in K-12 and higher education settings. *TechTrends*, *63*, 611–620. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00419-w

Belando, N., Ferriz-Morell, R., & Moreno-Murcia, J.A. (2012). Propuesta de un modelo para la mejora personal y social a través de la promoción de la responsabilidad en la actividad físico-deportiva. *RICYDE*. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte, 29*(8), 202-222. https://doi.org/10.5232/ricyde2012.02902

Bogun, M. M., Jelesoff, N. E., Nassar, C. M., Thacker, C. R., Rivera, J. C., Bourges, C. J., III, Sethi, K., Egbuonu-Davis, L., Beal, A. C., Greenwood, D. A., Chatha, H., Kataria, A., McNeill, D. B., Goland, R., & Magee, M. F. (2018). Innovative Tailored Microlearning Approach to Insulin Self-Management Education Shows High Engagement Levels among Diverse Adults. *Diabetes, 67*(Supplement_1), Article 249-OR. https://doi.org/10.2337/db18-249-OR

Boude, O. R. (2019). How teachers integrate mobile devices in the classroom. *Espacios*, *40*(29), 2.

Cachón-Zagalaz, J., Lara-Sánchez, A., Zagalaz-Sánchez, M. L., López-Manrique, I., & González González de la Mesa, C. (2018). Propiedades psicométricas de la Utrecht Work Engagement Scale en estudiantes de educación. *Suma Psicológica, 25*(2), 113-121. https://doi.org/10.14349/sumapsi.2018.v25.n2.3

Cadime, I., Lima, S., Marques Pinto, A., & Ribeiro, I. (2016). Measurement invariance of the Utrecht Work Engagement Scale for Students: A study across secondary school pupils and university students. *European Journal of Developmental Psychology, 13*(2), 254-263. https://doi.org/10.1080/17405629.2016.1148595

Campbell, M. J. (Ed.). (2021). *Statistics at Square One* (12th ed.). Wiley Backwell.

De Gagne, J. C., Park, H. K., Hall, K., Woodward, A., Yamane, S., & Kim, S. S. (2019). Microlearning in health professions education: scoping review. *JMIR Medical Education, 5*(2), e13997. https://doi.org/10.2196/13997

Dias, L., & Victor, A. (2017). Teaching and learning with mobile devices in the 21st century digital world: Benefits and challenges. *European Journal of Multidisciplinary Studies, 2*(5), 339-344. https://doi.org/10.26417/ejms.v5i1.p339-344

Dolasinski, M. J., & Reynolds, J. (2021). Microlearning in the Higher Education Hospitality Classroom. *Journal of Hospitality & Tourism Education*, *35*(2), 133–142. https://doi.org/10.1080/10963758.2021.1963748

Fennelly-Atkinson, R., & Dyer, R. (2021). Assessing the Learning in Microlearning. In J. R. Corbeil, B. H. Khan, & M. E. Corbeil (Eds.). *Microlearning in the Digital Age: The Design and Delivery of Learning in Snippets* (pp. 95-107). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780367821623-8

Ford, J. K., Bhatia, S., & Yelon, S. L. (2019). Beyond Direct Application as an Indicator of Transfer: A Demonstration of Five Types of Use. *Performance Improvement Quarterly, 32*(2), 183–203. https://doi.org/10.1002/piq.21294

Fox, E. (2019). Mobile technology: a tool to increase global competency among higher education students. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *20*(2), 242–259. https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.3961

Gan, C. L., & Balakrishnan, V. (2017). Enhancing classroom interaction via IMMAP – An Interactive Mobile Messaging App. *Telematics and Informatics, 34*(1), 230-243. https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.05.007

Garrison, D. R. (2016). *E-Learning in the 21st century: A framework for research and practice* (3rd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315667263

Gawlik, K., Guo, J., Tan, A., & Overcash, J. (2021). Incorporating a Microlearning Wellness Intervention into Nursing Student Curricula. *Nurse Educator, 46*(1), 49-53. https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000000842

Global Industry Analysts. (2020). *eLearning. Market Analysis, Trends and Forecasts*. Industry Analysts, Inc. USA. https://d66z.short.gy/A756nw

González-Ortiz-de-Zárate, A., García, M. A. A., Quesada-Pallarès, C., Berrocal, F. B., & McLean, G. N. (2020). Validation of predicting transfer instruments in Spain. *European Journal of Training and Development*, *44*(6/7), 695-715. https://doi.org/10.1108/EJTD-11-2019-0188

Gopalan, M., Rosinger, K., & Ahn, J. B. (2020). Use of quasi-experimental research designs in education research: Growth, promise, and challenges. *Review of Research in Education, 44*(1), 218-243. https://doi.org/10.3102/0091732X20903302

Grant, M. M. (2019). Difficulties in defining mobile learning: Analysis, design characteristics, and implications. *Educational Technology Research and Development, 67*(2), 361-388. https://doi.org/10.1007/s11423-018-09641-4

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis*. Pearson Education Limited.

Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). The difference between emergency remote teaching and online learning. Educause Review. https://bit.ly/3b0Nzx7

Hossain, S., Abdou, B. O., Kettunen, J., & Gregory, S. (2019). A Phenomenographic Research Study of Students' Conceptions of Mobile Learning: An Example From Higher Education. *Sage Open*, *9*(3). https://doi.org/10.1177/2158244019861457

Hug, T. (2005). Micro Learning and Narration. Exploring possibilities of utilization of narrations and storytelling for the designing of micro units and didactical micro-learning arrangements. In *Online Proceedings of the International Conference Media in Transition 4: The Work of Stories* (p. 13). MIT.

Hurley, R. M., Wyatt, K., Johnson, R. F., O'Brien, M. W., Zenz, W. J., Anderson, S. R., Brugger, C. A., Ruddy, K. J., Boughey, J. C., & Pruthi, S. (2019). Previsit breast cancer educational microlearning videos: Impact on

patient satisfaction and engagement. *Journal of Clinical Oncology, 37*(15_suppl), 6526-6526. https://doi.org/10.1200/JCO.2019.37.15_suppl.6526

Kenny, D. A., Kaniskan, B., & McCoach, D. B. (2015). The performance of RMSEA in models with small degrees of freedom. *Sociological Methods & Research, 44*(3), 486-507. https://doi.org/10.1177/0049124114543236

Kirkpatrick, J. (2015). *An introduction to the new world Kirkpatrick model.* Kirkpatrick Partners.

Lahti, M., Hätönen, H., & Välimäki, M. (2014). Impact of e-learning on nurses' and student nurses knowledge, skills, and satisfaction: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies, 51*(1), 136-149. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2012.12.017

Lahti, M., Kontio, R., Pitkänen, A., & Välimäki, M. (2014). Knowledge transfer from an e-learning course to clinical practice. *Nurse Education Today, 34*(5), 842-847. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2013.09.003

Lee, Y. M., Jahnke, I., & Austin, L. (2021). Mobile microlearning design and effects on learning efficacy and learner experience. *Educational Technology Research and Development, 69*(2), 885-915. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09931-w

Lim, G., Shelley, A., & Heo, D. (2019). The regulation of learning and co-creation of new knowledge in mobile learning. *Knowledge Management E-Learning*, *11*(4), 449–484. https://doi.org/10.34105/j.kmel.2019.11.024

Mahlow, C., & Hediger, A. (2019). Digital Transformation in Higher Education-Buzzword or Opportunity? *eLearn Magazine, 2019*(5), 13. http://doi.org/10.1145/3331171

Meng, L., & Jin, Y. (2017). A confirmatory factor analysis of the Utrecht Work Engagement Scale for students in a Chinese sample. *Nurse Education Today, 49*, 129-134. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.11.017

Merino-Tejedor, E., Hontangas, P. M., & Boada-Grau, J. (2017). La evaluación del distanciamiento psicológico (detachment) en estudiantes universitarios: Validación del Cuestionario de Experiencia de Recuperación en contextos educativos. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, *33*(2), 342–350. https://doi.org/10.6018/analesps.33.2.249811

Meyers, L. S., Gamst, G., & Guarino, A. J. (2016). *Applied Multivariate Research: Design and Interpretation* (3rd ed.). Sage.

Mills, M. J., Culbertson, S. S., & Fullagar, C. J. (2012). Conceptualizing and measuring engagement: An analysis of the Utrecht Work Engagement Scale. *Journal of Happiness Studies: An Interdisciplinary Forum on Subjective Well-Being, 13*(3), 519–545. https://doi.org/10.1007/s10902-011-9277-3

Nikou, S. A., & Economides, A. A. (2018). Mobile-based micro-learning and assessment: Impact on learning performance and motivation of high school students. *Journal of Computer Assisted Learning, 34(3*), 269-278. https://doi.org/10.1111/jcal.12240

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw-Hill.

Orwoll, B., Diane, S., Henry, D., Tsang, L., Chu, K., Meer, C., Hartman, K., & Roy-Burman, A. (2018). Gamification and microlearning for engagement with quality improvement (GAMEQI): A bundled digital intervention for the prevention of central line–associated bloodstream infection. *American Journal of Medical Quality, 33*(1), 21-29. https://doi.org/10.1177/1062860617706542

Ozuorcun, N. C., & Tabak, F. (2012). Is m-learning versus e-learning or are they supporting each other? *Procedia: Social and Behavioral Sciences, 46*, 299–305. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.110

Polasek, R., & Javorcik, T. (2019). Results of Pilot Study into the Application of MicroLearning in Teaching the Subject Computer Architecture and Operating System Basics. In *2019 International Symposium on Educational Technology (ISET) (Hradec Kralove, Czech Republic, 2-4 July 2019)* (pp. 196-201). IEEE. https://doi.org/10.1109/ISET.2019.00048

Reio, T. G., Rocco, T. S., Smith, D. H., & Chang, E. (2017). A critique of Kirkpatrick's evaluation model. *New Horizons in Adult Education and Human Resource Development*, *29*(2), 35-53. https://doi.org/10.1002/nha3.20178

Schaufeli, W. B., & Bakker, A. B. (2003). Original: UWES - Utrecht Work Engagement Scale preliminary manual. *Occupational Health Psychology Unit.* Utrecht University

Sinclair, P. M., Kable, A., Levett-Jones, T., & Booth, D. (2016). The effectiveness of Internet-based e-learning on clinician behaviour and patient outcomes: A systematic review. *International Journal of Nursing Studies, 57,* 70–81. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2016.01.011

Song, H. D., Hong, A. J., & Jo, Y. (2021). Psychometric Investigation of the Utrecht Work Engagement Scale-17 Using the Rasch Measurement Model. *Psychological Reports, 124*(3), 1384-1411. https://doi.org/10.1177/0033294120922494

Stewart, L. J., Palmer, S., Wilkin, H., & Kerrin, M. (2008). Towards a model of coaching transfer: Operationalising coaching success and the facilitators and barriers to transfer. *International Coaching Psychology Review, 3*(2). https://doi.org/10.53841/bpsicpr.2008.3.2.87

Stewart, L. J., Palmer, S., Wilkin, H., & Kerrin, M. (2020). Toward a Model of Coaching Transfer: Operationalizing Coaching Success and the Facilitators and Barriers to Transfer. In J. Passmore, & D. Tee (Eds.), *Coaching Researched: A Coaching Psychology Reader* (pp. 379-407). John Wiley & Sons Ltd. https://doi.org/10.1002/9781119656913.ch20

Traxler, J. (2018). Distance learning—Predictions and possibilities. *Education Sciences*, *8*(1), 35. https://doi.org/10.3390/educsci8010035

Tudor Car, L., Kyaw, B. M., & Atun, R. (2018). The role of eLearning in health management and leadership capacity building in health system: a systematic review. *Human Resources for Health, 16*(1), 1-9. https://doi.org/10.1186/s12960-018-0305-9

U. S. Department of Education. (2017). *Standards handbook (Version 4.0)*. What Works Clearinghouse. https://d66z.short.gy/ZzINvq

Wang, C., Bakhet, M., Roberts, D., Gnani, S., & El-Osta, A. (2020). The efficacy of microlearning in improving self-care capability: a systematic literature review. *Public Health, 186,* 286-296. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.07.007

Xie, X., & Siau, K. (2020). Online Education During and After COVID-19 Pandemic. *AMCIS 2020 TREOs*, (93). https://d66z.short.gy/pSUrKI

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Artificial Intelligence in Professional and Vocational Training: Exploring Teachers and Students' Knowledge and Use

La Inteligencia Artificial en la Formación Profesional: explorando su conocimiento y uso desde la perspectiva del profesorado y el alumnado

Alejandro Araújo Ameijeiras[a], Olalla García-Fuentes[b](*), Manuela Raposo-Rivas[c]

[a] *Universidade de Vigo, Ourense, España.*
https://orcid.org/0000-0002-7109-0723 aaraujoameijeiras@gmail.com
Universidade de Vigo, Ourense, España.
[b] https://orcid.org/0000-0001-9084-0078 olalla.garcia.fuentes@uvigo.gal
[c] *Universidade de Vigo, Ourense, España.*
https://orcid.org/0000-0001-7781-7818 mraposo@uvigo.gal

ARTICLE INFO

Keywords
artificial intelligence; vocational training; students; teachers.

ABSTRACT

Artificial intelligence is one of the technologies with the most significant transformative potential in education. This study investigates the level of knowledge and use of artificial intelligence in vocational education. A mixed-methods approach with an exploratory-descriptive design was used to analyse the perceptions of 150 students and 20 teachers from a public educational institution in the healthcare field. Data were collected through an ad-hoc online questionnaire and analysed through descriptive statistical and dispersion methods, all processed through SPSS software. The results show that both groups have limited knowledge of artificial intelligence-based tools, with Canva and ChatGPT being the most recognised. A significant relationship was found between age and artificial intelligence knowledge, with younger participants reporting greater familiarity with these technologies. The findings underline the need for training programmes that address these gaps and accommodate generational differences in technology adoption.

Palabras clave
inteligencia artificial; Formación Profesional; alumnado; profesorado.

RESUMEN

La Inteligencia Artificial es una de las tecnologías con mayor potencial transformador en el campo educativo. Este estudio investiga el nivel de conocimiento y uso de la inteligencia artificial en el ámbito de la formación profesional. A través de un enfoque mixto y un diseño exploratorio-descriptivo, se estudiaron las percepciones de 150 estudiantes y 20 docentes de la rama sanitaria. Los datos se recopilaron mediante un cuestionario *ad-hoc* en línea y se analizaron mediante procedimientos de estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central y de dispersión a través del software SPSS. Los resultados muestran que ambos grupos tienen una noción limitada de herramientas basadas en Inteligencia Artificial, siendo Canva y ChatGPT las más reconocidas. Se encontró una relación significativa entre la edad y el conocimiento de la inteligencia artificial, destacando que los participantes más jóvenes reportan un mayor uso de estas tecnologías. Los hallazgos subrayan la necesidad de implementar programas formativos que aborden estas carencias y se adapten a las diferencias generacionales.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 08/10/2024. Revisado, 26/02/2025. Aceptado, 04/04/2025. Publicado, 17/07/2025.
e-ISSN: 2444-8729

1. Marco teórico

La Inteligencia Artificial (IA) es una rama de las ciencias de la computación enfocada en el desarrollo de algoritmos y sistemas que realizan tareas típicamente asociadas con la inteligencia humana, como el reconocimiento de voz, la toma de decisiones o la percepción visual (Parlamento Europeo, 2021). Las principales disciplinas de la IA incluyen el *Machine Learning*, que permite a los sistemas aprender y mejorar a partir de experiencias sin programación explícita, y el *Deep Learning*, que utiliza redes neuronales profundas para procesar grandes volúmenes de datos y generar predicciones complejas (Smith, 2018).

La IA se está convirtiendo en una de las tecnologías con mayor potencial transformador en diversos sectores, y el ámbito educativo no ha sido la excepción. Está cambiando profundamente el sector educativo al introducir tecnologías que optimizan tanto el proceso de enseñanza como el de aprendizaje. Como indica Aparicio-Gómez (2023), la IA permite personalizar el aprendizaje, proporcionar retroalimentación inmediata, automatizar tareas rutinarias y generar recursos didácticos personalizados, mejorando así la calidad y efectividad del proceso educativo. Además, las aplicaciones basadas en IA, según Chan y Tsi (2023), mejoran la accesibilidad para estudiantes con necesidades educativas especiales, proporcionando herramientas de asistencia como lectores de pantalla y sistemas de traducción automática, facilitando así su participación en actividades académicas. También Kasneci et al. (2023) indican que herramientas de IA como los sistemas de tutores inteligentes y las plataformas de aprendizaje adaptativo, facilitan la adaptación a las necesidades específicas de los estudiantes, promoviendo así un aprendizaje más eficiente y eficaz.

Particularmente, los *chatbots*, como señala la investigación desarrollada por Mitsea et al. (2025), son útiles para mejorar habilidades tanto básicas como complejas, incluyendo la lectura, la escritura, el pensamiento crítico y la resolución de problemas dentro de entornos educativos gamificados.

En lo que respecta a la Formación Profesional (FP), esta ha experimentado un crecimiento notable en España. En el curso 2022-2023, más de 1.083.963 estudiantes estaban matriculados en estos estudios, lo que representa un aumento del 32,6% en los últimos cinco años. Este crecimiento ha sido particularmente fuerte en los ciclos de Grado Superior, que han registrado un incremento del 41,9%, seguidos por el Grado Medio, con un aumento del 26,8%. Además, la oferta de FP sigue expandiéndose con la introducción de nuevas titulaciones y cursos de especialización adaptados a sectores emergentes con alta demanda laboral, como la sanidad y la tecnología. Dado que los ciclos de FP están incorporando cada vez más herramientas tecnológicas, el alumnado y el profesorado deben estar equipados con las competencias digitales adecuadas para utilizar la IA de manera efectiva en sus prácticas educativas y laborales (Galindo-Domínguez et al., 2024). Un primer paso para ello es conocerlas y usarlas.

A nivel institucional, se están impulsando iniciativas para integrar la IA en el sistema educativo. En 2018, la Comisión Europea lanzó su Plan Coordinado sobre Inteligencia Artificial (Comisión Europea, 2018), instando a los Estados miembros a desarrollar estrategias nacionales para promoverla en sectores clave, incluida la educación. Asimismo, en el marco de programas educativos como Erasmus+, se han implementado proyectos dirigidos a mejorar las competencias digitales del profesorado y el alumnado en toda Europa. Un ejemplo es el proyecto Tacle AI, que proporciona recursos para que el profesorado comprenda y aplique la IA en sus prácticas diarias (Tacle AI, 2020). En 2020, la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial de España destinó 600 millones de euros para el período 2021-2023, con el fin de fomentar la investigación, la formación y la adopción de tecnologías de IA, centrándose especialmente en áreas como la sanidad, la industria y la educación (Gobierno de España, 2020).

Diversos trabajos han abordado el conocimiento y la percepción de la IA en la educación por parte del profesorado y el alumnado. El estudio desarrollado por Zawacki-Richter et al. (2019) reveló que, aunque la IA tiene un potencial significativo en la educación superior, gran parte del profesorado todavía tiene un conocimiento limitado sobre su aplicación pedagógica. Los autores también destacan que los docentes tienden a percibir la IA más como una herramienta de apoyo que como una tecnología central en la enseñanza.

De manera similar, Laupichler et al. (2023) encontraron que el profesorado muestra una autopercepción limitada de sus competencias en IA, especialmente en áreas como el conocimiento teórico y las implicaciones éticas de la IA en la educación. Sin embargo, la investigación destaca también que están interesados en recibir formación adicional para mejorar su competencia en este ámbito (Laupichler et al., 2023). En este sentido, Holmes y colaboradores (2019) sugieren que la adopción de la IA en la educación no será efectiva sin una formación continua y adecuada para los docentes, ya que un 75% de ellos reconocieron la necesidad de recibir formación en IA para potenciar sus destrezas, habilidades y comprensión de esta tecnología.

En el ámbito de la formación inicial, Díaz Pino et al. (2024) exploran la relevancia de la inteligencia artificial generativa en la formación inicial del profesorado a través de un estudio bibliográfico exploratorio en las

bases de datos Scopus y Web of Science y concluyen que para su uso es imprescindible el apoyo institucional y políticas claras y transparentes. Según los autores, la formación sobre esta temática no sólo debe capacitar para identificar sus posibilidades, sino también para reconocer sus riesgos y peculiaridades.

En España, el estudio desarrollado por Galindo-Domínguez et al. (2024) concluyó que el alumnado muestra una curiosidad creciente sobre la IA, pero, al igual que el profesorado, presenta lagunas significativas en términos de conocimiento técnico y práctico, subrayando la necesidad de implementar programas de formación para ambos grupos. En cuanto al uso de herramientas basadas en IA, Bond et al. (2021) señalan que, aunque el profesorado conoce algunas herramientas como Grammarly y Turnitin, su implementación efectiva en las aulas es limitada. Esto se debe, en parte, a la falta de formación específica sobre cómo utilizar estas herramientas de manera pedagógica. Sin embargo, herramientas como Canva y Microsoft Copilot están ganando popularidad entre los docentes gracias a su accesibilidad y facilidad de uso (Bond et al., 2021).

Por su parte, el alumnado tiende a utilizar más las herramientas de IA relacionadas con la automatización de tareas, como Socratic y Brainly (Cabero-Almenara et al., 2024). Además, estudios como el de Delcker et al. (2024) han analizado cómo la edad influye en el uso de la IA y de la tecnología en general. Sus resultados indican que los docentes más jóvenes están más familiarizados con la IA y otras tecnologías digitales, lo que facilita su adopción en el aula. En contraste, los docentes de mayor edad muestran más resistencia y una tendencia a utilizar herramientas digitales de manera menos frecuente (Delcker et al., 2023). Este patrón se refleja también en el alumnado, donde los estudiantes más jóvenes suelen tener una mayor predisposición para utilizar tecnologías de IA, mientras que los estudiantes de edad superior muestran una actitud más cautelosa (Galindo-Domínguez et al., 2024). Estos hallazgos subrayan la importancia de adaptar las estrategias de formación a diferentes grupos de edad para maximizar la adopción de la IA en el ámbito educativo.

2. Metodología

Teniendo en cuenta este contexto, el trabajo que aquí se presenta tiene por objetivo general averiguar el nivel de conocimiento y la percepción que el profesorado y alumnado de FP del ámbito sanitario poseen sobre la IA y su aplicación en el contexto educativo, así como identificar el grado de uso de herramientas basadas en IA en el entorno de aprendizaje. Para dar respuesta a este objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Averiguar el conocimiento del profesorado y el alumnado sobre herramientas basadas en IA, así como determinar su uso.
- Analizar la influencia de la edad y la modalidad de FP en el conocimiento y uso de herramientas de IA por parte del profesorado y del alumnado de ciclos formativos de la familia de sanidad.

Partiendo de los objetivos propuestos, se formulan como hipótesis las siguientes:

- El profesorado y el alumnado de FP posee poco conocimiento sobre IA, por lo que está interesado en mejorar su formación sobre IA.
- El profesorado y alumnado de menor edad sabe más sobre IA y conoce y utiliza más herramientas basadas en esta tecnología que el de mayor edad.
- La tipología del ciclo formativo no influye en el nivel de conocimiento ni en el uso de IA por parte del profesorado ni del alumnado.

Este estudio emplea un enfoque cuantitativo, no experimental bajo un diseño descriptivo correlacional, pues se lleva a cabo con la intención de especificar las características y propiedades atribuidas a la inteligencia artificial por parte del alumnado y el profesorado (Hernández-Sampieri et al., 2018). Además, diseño correlacional permite analizar la relación que existe entre diferentes variables en un contexto determinado sin manipular las variables, lo que resulta adecuado cuando el objetivo es explorar asociaciones en un entorno real (Creswell & Creswell, 2017).

2.1. Muestra

La población de estudio está compuesta por profesorado y alumnado de los ciclos formativos de la familia de sanidad (Farmacia y parafarmacia, cuidados auxiliares de Enfermería, Emergencias Sanitarias e Imagen para el

diagnóstico y Medicina Nuclear) de un Instituto público de Educación Secundaria situado en Galicia (España). La selección de estos grupos se basó en su relevancia directa con el ámbito educativo y su potencial interacción con tecnologías basadas en IA. Se trata, por lo tanto, de una muestra no probabilística intencional o de conveniencia (Hernández-Sampieri et al., 2018).

Para contar con la participación del profesorado se envió un correo electrónico institucional a todos los miembros activos del departamento de sanidad, que en ese momento eran 22 docentes. Utilizando un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 8%, se calculó un tamaño muestral necesario de 19 docentes. Finalmente, se logró la participación de 20 profesores/as, lo que representa una tasa de respuesta que cumple con los requisitos para el análisis estadístico propuesto.

Para la captación del alumnado, se envió el cuestionario de manera individual a las direcciones de correo electrónico. Se parte de una población total de 707 estudiantes matriculados en módulos o ciclos completos de la modalidad sanitaria. Aplicando los mismos parámetros de intervalo de confianza y margen de error que para el profesorado, se determinó un tamaño muestral de 85 alumnos/as. Finalmente, se obtuvo una participación efectiva de 150 estudiantes.

La participación de ambos colectivos fue voluntaria y anónima, asegurándose la confidencialidad de las respuestas. Se proporcionó a los participantes información completa sobre el propósito del estudio, respetando así los principios éticos y normativos que guían la investigación con personas, incluyendo aspectos relacionados con la confidencialidad, consentimiento informado y voluntariedad (APA, 2020).

2.2. Características sociodemográficas de la muestra

El análisis demográfico reveló diferencias significativas en la composición de los grupos de estudio. Como se observa en la Tabla 1, la edad media del profesorado participante es de 44,6 años, con un rango de edad que oscila entre 29 y 65 años. El 75% del profesorado es menor de 48 años, lo que indica una población predominantemente en la mitad de su carrera profesional. En contraste, la edad media del alumnado es de 36,2 años, con edades que varían entre 18 y 59 años, y un 75% de los estudiantes son menores de 45 años.

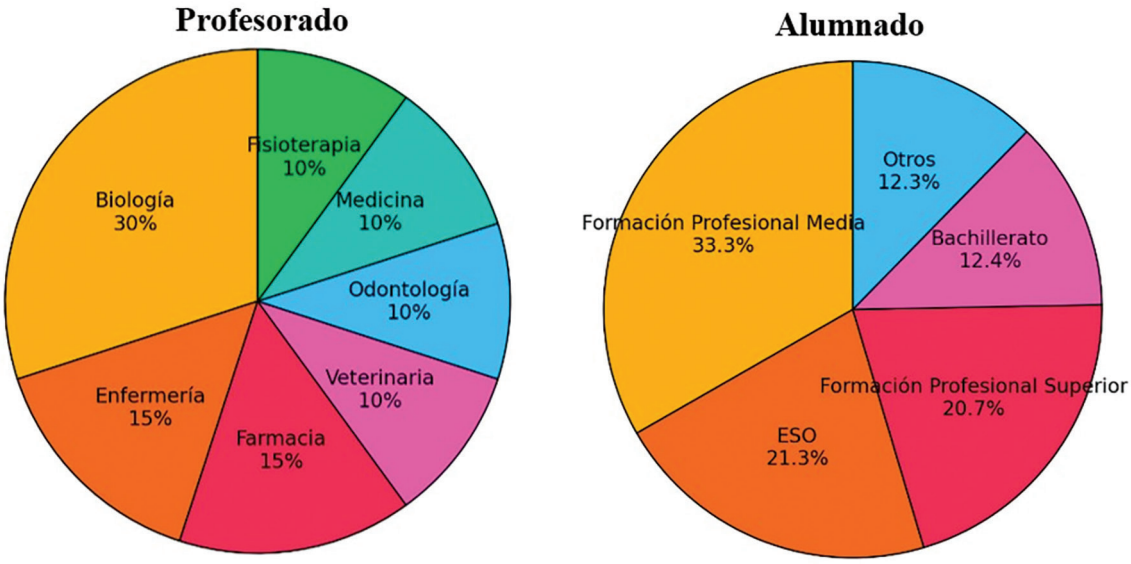
Tabla 1. Datos descriptivos de edad para ambos grupos.

Estadístico	**Edad profesorado (años)**	**Edad alumnado (años)**
Media	44,65	36,24
Mediana	44,50	37,00
Desviación Típica	9,320	11,246
Mínimo	29	18
Máximo	65	59
Percentil 25	39,00	28,00
Percentil 75	48,00	45,00

En cuanto a la distribución por género, el 90% del profesorado participante son mujeres (n=18), lo cual refleja una fuerte presencia femenina en el personal docente del área sanitaria. Las titulaciones de acceso a la docencia, tal como se observa en la Figura 1, fueron diversas, destacando Biología (30%), Enfermería (15%), y Farmacia (15%), frente a otras áreas como Veterinaria, Odontología, Medicina y Fisioterapia también representadas, lo que subraya una formación académica multidisciplinar entre el profesorado. En relación con los años de experiencia previa, el 70% (n=14) del profesorado lleva 10 años o menos realizando su actividad docente.

Del mismo modo, en relación con el alumnado (Figura 1), en términos de género se aprecia que el 79.3% (n=119) son mujeres, lo que refleja una tendencia similar a la observada en el grupo docente. Las vías de acceso a los ciclos formativos también mostraron diversidad: el 33.3% ingresó desde la Formación Profesional media, el 21.3% desde la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), y el 20.7% desde la Formación Profesional superior. Otros accesos incluyeron Bachillerato y otros estudios previos, destacando la diversidad en los antecedentes académicos de los estudiantes. Además, el 80% (n=120) cuenta con 2 años o menos cursando FP en alguno de sus regímenes (ordinario, modular adulto o modular a distancia).

Figura 1. Titulaciones de acceso del profesorado y del alumnado.



Por último, las modalidades formativas impartidas por el profesorado y cursadas por el alumnado oscilan de manera igualitaria y predominante entre el régimen modular adultos y a distancia (ver Tabla 2).

Tabla 2. Modalidades formativas impartidas y cursadas.

Régimen de FP	**Profesorado % (N)**	**Alumnado % (N)**
Modular adultos	38% (n=14)	39.9% (n=59)
Modular a distancia	38% (n=14)	35.1% (n=52)
Ordinario	24% (n=9)	25% (n=37)

2.3. Instrumentos y procedimiento

Para la recopilación de datos se elaboró un cuestionario *ad-hoc* mediante la plataforma Microsoft Forms con una versión para el profesorado y otra para el alumnado. La elaboración del cuestionario se fundamentó en instrumentos previos, como los presentados por Rott et al. (2022) y López Esteban (2023), quienes evaluaron la percepción sobre la IA en diversos estudios educativos.

El cuestionario está compuesto por 5 grandes bloques que aúnan un total de 20 preguntas de tipo numérico, de respuesta múltiple, de escala tipo Likert, así como preguntas abiertas (ver Tabla 3).

Tabla 3. Bloques y tipología de preguntas del cuestionario.

Bloque	**Tipología de preguntas**
Bloque I: datos sociodemográficos	1 pregunta numérica, 4 preguntas de respuesta múltiple y 1 pregunta de respuesta abierta
Bloque II: conocimiento y uso de la IA	5 preguntas de escala tipo Likert de cinco puntos, donde 1=nada y 5=mucho
Bloque III: papel de la IA en los procesos educativos	6 preguntas de escala tipo Likert de cinco puntos para señalar el grado de acuerdo o desacuerdo, y 3 preguntas abiertas

Fue revisado por dos expertos del área de tecnología educativa y uno en metodología, los cuales presentan un alto índice de concordancia (k=0,83). Para determinar la consistencia interna del cuestionario se utilizó el

coeficiente alfa de Cronbach en ambos grupos, garantizando la fiabilidad de los datos recabados (Tavakol & Dennick, 2011). Se obtuvo un valor de,874 en el caso del profesorado y de,749 en el alumnado, lo que indica una fiabilidad adecuada (Rodríguez-Rodríguez & Reguant-Álvarez, 2020). Los valores del alfa de Cronbach basado en los elementos tipificados fueron superiores en ambas versiones del cuestionario.

2.4. Análisis de datos

Para el análisis de los datos, se empleó el software *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS*) en su versión 19, reconocido por su versatilidad y robustez en el tratamiento de datos complejos en investigación educativa (Field, 2018).

El análisis se inició con procedimientos de estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central como la media y mediana, y de dispersión, como la desviación estándar y el rango intercuartílico, complementados con representaciones gráficas.

Para verificar la normalidad de las distribuciones, se aplicaron las pruebas de Shapiro-Wilks para el grupo de profesores (n<50) y Kolmogorov-Smirnov para el grupo de estudiantes (n≥50), de acuerdo con el tamaño muestral de cada subgrupo (Corder & Foreman, 2014).

En el análisis inferencial, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para examinar la relación entre variables cuantitativas con distribución normal, y el coeficiente de Spearman para aquellas que no cumplían con esta condición. Además, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis para analizar la relación entre la modalidad de FP y el conocimiento y uso de IA, debido a que las variables no presentaban una distribución normal. Tras rechazar la hipótesis nula en algunos casos, se realizó un análisis post-hoc de Bonferroni para identificar las diferencias significativas.

3. Resultados

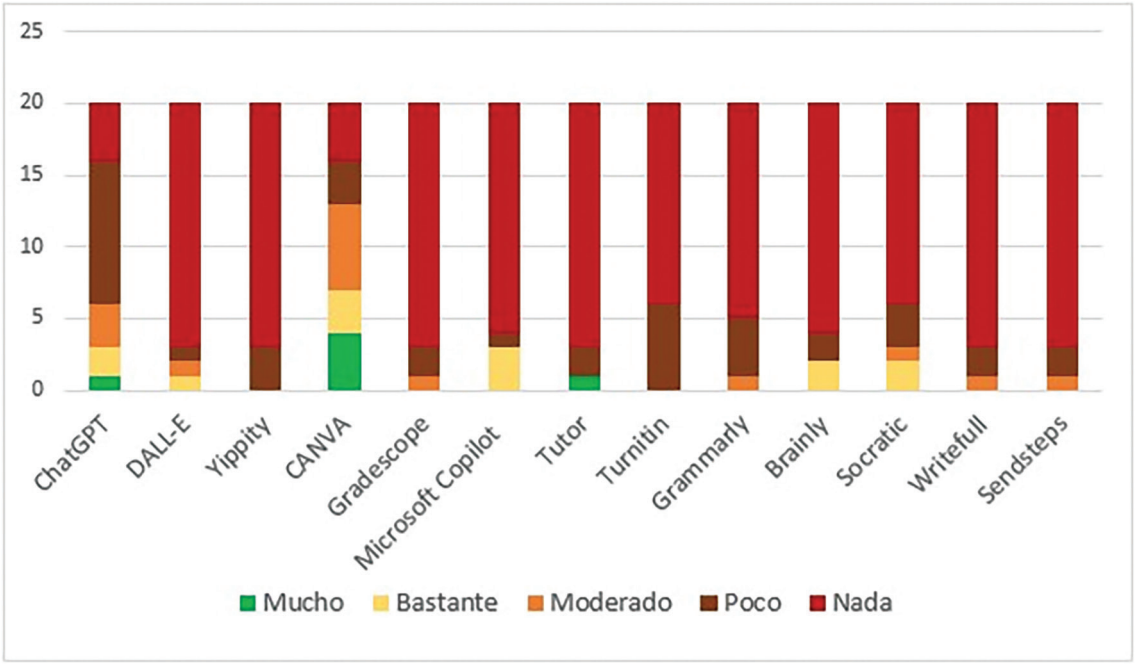
Los resultados obtenidos en relación con el conocimiento y uso de la IA muestran, tal como se aprecia en la Tabla 4, que el 70% del profesorado (n=14) afirma que su nivel de conocimiento sobre esta tecnología es poco o moderado. Estos resultados son similares a los del alumnado, pues el 67% (n=102) manifiesta estar en la misma situación. En relación con el conocimiento de herramientas concretas de IA, como ChatGPT, Canva, Dall-e, Yippity, entre otras, destaca que el 55% (n=11) del profesorado y el 46% (n=69) del alumnado afirma tener poco conocimiento sobre ellas. En una línea similar, atendiendo al uso que hacen de herramientas de IA, los resultados obtenidos muestran que el 45% (n=9) del profesorado y el 44% (n=66) del alumnado refiere no usarlas, destacando que únicamente el 10% (n=2) del profesorado y el 3,3% (n=5) del alumnado aseguran utilizarlas “bastante”. Sólo dos estudiantes reconocen que las emplean “mucho”.

Tabla 4. Conocimiento y uso de IA por parte del alumnado y del profesorado.

Ítem	Mucho		Bastante		Moderado		Poco		Nada	
	Prof.	Alum.	Prof.	Alum.	Prof.	Alum.	Prof.	Alum.	Prof.	Alum.
Conocimientos sobre concepto y principios de la IA	5% (n=1)	4,7% (n=7)	15% (n=3)	10% (n=15)	35% (n=7)	25,3% (n=38)	35% (n=7)	42,7% (n=64)	10% (n=2)	17,3% (n=26)
Conocimientos sobre herramientas	5% (n=1)	2% (n=3)	15% (n=3)	6% (n=9)	10% (n=2)	13,3% (n=20)	55% (n=11)	46% n=69	15% (n=3)	32% (n=49)
Utilización de herramientas	-	1,3% (n=2)	10% (n=2)	3,3% (n=5)	25% (n=5)	12,7% (n=19)	20% (n=4)	28,7% (n=43)	45% (n=9)	44% (n=66)

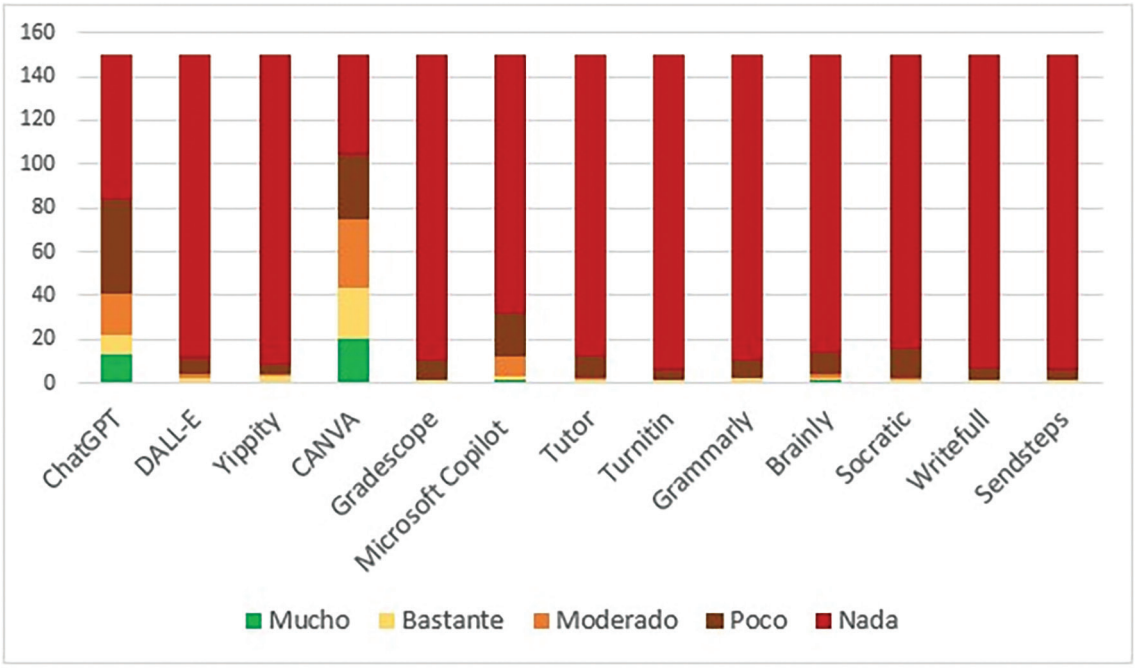
De manera más detallada, en relación con el uso de herramientas específicas por parte del profesorado, tal como se aprecia en la Figura 2, cinco fueron las que alcanzaron un valor igual o superior al 10% en la suma de las categorías bastante y mucho: Canva (n=7, 35%), ChatGPT (n=3, 15%), Microsoft Copilot (n=3, 15%), Socratic (n=2, 10%) y Brainly (n=2, 10%).

Figura 2. Principales herramientas de IA que conoce y usa el profesorado.



En cuanto al alumnado, solo Canva (n=43, 28.6%) y ChatGPT (n=22, 14.7%) superaron el 10% en la suma de las categorías bastante y mucho. Para el resto de las herramientas, más del 90% de los estudiantes reportan disponer de poco o ningún conocimiento, como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3. Principales herramientas de IA que conoce y usa el alumnado.

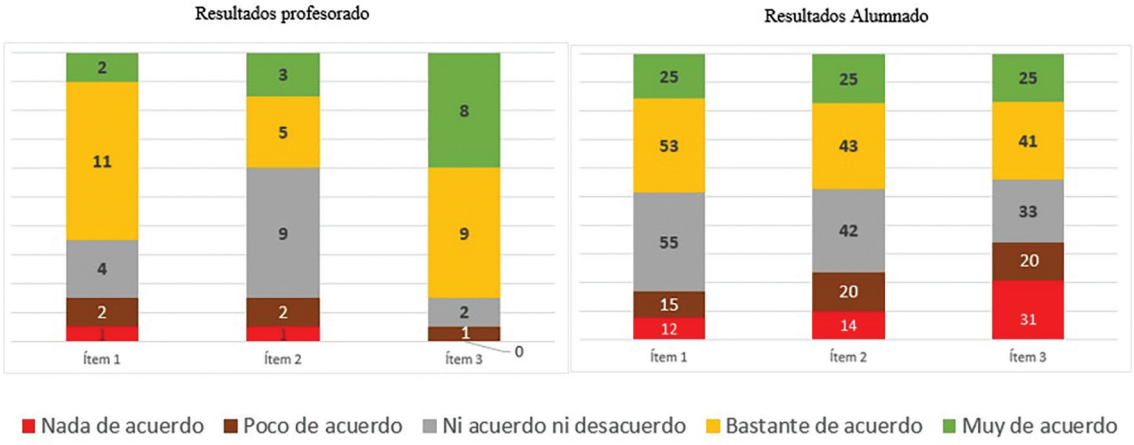


En relación con la formación necesaria sobre IA, se preguntó al profesorado y al alumnado su grado de acuerdo en relación a estos tres ítems: 1) Todos los docentes deberían tener una formación mínima en IA, ya

que esto facilitaría el proceso de enseñanza y aprendizaje y mejoraría la calidad de la educación a través de un aprendizaje más personalizado e interactivo; 2) Creo que la formación en IA podría ser beneficiosa para el aprendizaje y/o el futuro desempeño profesional del alumnado; 3) Me gustaría recibir formación en IA.

Los resultados arrojan, tal como se aprecia en la Figura 4, que el 65% de los docentes (n=13) están bastante o muy de acuerdo con que la formación en IA tendría consecuencias positivas para el alumnado. En este sentido, también destaca la neutralidad del 45% (n=9) en lo que se refiere a la repercusión que podría tener que el alumnado adquiriera conocimientos en IA sobre su capacitación en el ejercicio de su profesión. Por su parte, la opinión del alumnado difiere muy poco entre los dos ítems, mostrándose aproximadamente la mitad de ellos bastante o muy de acuerdo para ambos. Por último, al 85% del profesorado (n=17) le gustaría bastante o mucho recibir formación en IA, mientras que la proporción de alumnado con esa opinión es considerablemente inferior (44%; n=66).

Figura 4. Perspectiva sobre la formación y autoformación del profesorado y el alumnado.



3.1. ¿Influye la edad en el conocimiento y uso de la IA?

Teniendo en cuenta los resultados presentados hasta el momento y con la finalidad de analizar y conocer la posible relación entre la edad y el conocimiento y uso de la IA, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson cuando las variables seguían una distribución normal, y el coeficiente de correlación de Spearman cuando no lo hacían. La normalidad de los datos se evaluó mediante las pruebas de Shapiro-Wilk o de Kolmogorov-Smirnov, en función del tamaño de la muestra, y sus resultados los encontramos en la Tabla 5.

Tabla 5. Pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov para la edad y conocimiento de la IA en el profesorado y el alumnado.

	Shapiro-Wilk Grupo Profesorado			**Kolmogorov-Smirnov* Grupo Alumnado**		
	Estadístico	**gl**	**Sig**	**Estadístico**	**gl**	**Sig**
Edad	,943	20	,270	,106	150	,000
Conocimiento sobre IA	,917	20	,087	,257	150	,000
Conocimiento de herramientas que utilicen IA	,828	20	,002	,281	150	,000
Uso de herramientas que utilicen IA	8,15	20	,001	,327	150	,000

*Corrección de la significación de Lillerfors

En los análisis de correlación llevados a cabo entre las variables mencionadas no se obtuvo ningún valor de Sig.<0,05 en el grupo del profesorado. Sin embargo, esto sí ocurrió en el alumnado, presenta un valor de Sig. fue <0,05 en todas las relaciones estudiadas entre edad y las variables relativas al conocimiento y uso de la IA. En definitiva, la edad del profesorado no influye en el conocimiento y uso de la IA, mientras que en el grupo de estudiantes sí que resulta significativa la relación entre edad y nociones y utilización de la IA.

3.2. ¿Influye el ciclo formativo y la modalidad en el conocimiento y uso de la IA?

La influencia de la modalidad de FP sobre el conocimiento y uso de la IA y de plataformas basadas en esta tecnología en el ámbito educativo se evaluó mediante la prueba de Kruskal-Wallis para muestras no paramétricas, después de haber confirmado que los datos de la variable "modalidad de FP" no seguían una distribución normal. Los resultados obtenidos para el grupo de docentes no permitieron descartar la hipótesis nula, siendo la sig.>0,05 en todos ellos, tal como se aprecia en la Tabla 6.

Tabla 6. Influencia de la modalidad FP cursada en el conocimiento y uso de IA del profesorado.

			Profesorado		Alumnado	
	Hipótesis nula	**Test**	**Sig.**	**Decisión**	**Sig.**	**Decisión**
1	La distribución de Conocimiento sobre IA es la misma entre las categorías de Modalidad de FP de impartición.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,131	Retener la hipótesis nula.	,405	Retener la hipótesis nula.
2	La distribución de Conocimiento de herramientas que utilizan IA es la misma entre las categorías de Modalidad de FP de impartición.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,233	Retener la hipótesis nula.	,038	Rechazar la hipótesis nula.
3	La distribución de Uso de herramientas que utilizan IA es la misma entre las categorías de Modalidad de FP de impartición.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	,820	Retener la hipótesis nula.	,007	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es.05.

Sin embargo, por lo que se refiere al alumnado sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la modalidad de FP cursada y dos de las variables: el conocimiento de herramientas basadas en IA (Sig.=0,038), y el uso de dichas herramientas (Sig.=0,007).

Los resultados de la prueba post-hoc de Bonferroni indicaron, como se puede observar en la Tabla 7, que solo la comparación entre las modalidades "Distancia" y "Ordinario" mostraba diferencias significativas, con una Sig.=0,035 y una Desv.= -2.520 en lo relativo al conocimiento de herramientas basadas en IA y una Sig.=0,005 y una Desv.=-3.155 en cuanto a su utilización.

Tabla 7. Comparaciones por parejas de modalidad de FP cursada y conocimiento de herramientas que usan IA.

Muestra	**Prueba estadística**	**Error típico**	**Desv. Prueba estadística**	**Sig.**	**Sig. ady.**
0.1	-11.827	7.580	-1.560	.119	.356
0.2	-21.602	8.571	-2.520	.012	.035
1-2	-9.775	8.357	-1.170	.242	.726
0.1	-8.811	7.253	-1.215	.224	.673
0.2	-25.873	8.201	-3.155	.002	.005
1-2	-17.061	7.996	-2.134	.033	.099

4. Discusión y conclusiones

El presente estudio ha revelado información relevante sobre el nivel de conocimiento y el uso de herramientas basadas en IA inteligencia artificial entre el profesorado y el alumnado de ciclos formativos de la familia de sanidad. Se observó que ambos grupos presentan un conocimiento limitado en cuanto al concepto y las herramientas de IA en el entorno educativo, coincidiendo así con la investigación de Zawacki-Richter et al. (2019) que

ya señalaba que, a pesar del creciente potencial de la IA, su conocimiento y aplicación sigue siendo insuficientes entre el profesorado.

Los resultados obtenidos muestran que únicamente el 5% del profesorado y 10% del alumnado afirman tener un conocimiento alto sobre la IA, lo que evidencia una falta de formación específica, tal y como señalaron Laupichler et al. (2023).

En cuanto al empleo de herramientas de IA, los hallazgos ponen de manifiesto que tanto el profesorado como el alumnado utilizan un número escaso de las mismas de forma activa. El 45% del profesorado y el 44% del alumnado refieren no hacer uso de herramientas de IA en su práctica docente o formativa, cifras que coinciden con los hallazgos de Bond et al. (2021), quienes identificaron que, aunque se conoce la existencia de diversas herramientas, su implementación en las aulas sigue siendo limitada. En nuestro caso, los participantes manifiestan conocer algunas herramientas como Canva y ChatGPT que destacan entre las pocas que se emplean en un porcentaje próximo al 10%, tanto por parte del profesorado como del alumnado. Al igual que indican Bond et al. (2021) estos resultados sugieren que la accesibilidad y facilidad de uso, se muestran como factores clave para la adopción de nuevos recursos digitales que van conociéndose por su popularidad e interfaz sencilla, tal como sucede con Canva.

Uno de los datos más significativos del presente estudio es la influencia de la edad en el conocimiento y uso de la IA. Se ha confirmado que, tanto en la muestra de participantes que pertenece al grupo de profesorado como de alumnado, los más jóvenes declaran una mayor familiaridad con estas tecnologías, mientras que los de mayor edad muestran una resistencia y desconocimiento más altos, lo cual está en línea con lo encontrado por Delcker et al. (2023), quienes destacaron que los docentes más jóvenes son más propensos a adoptar tecnologías digitales en el aula. Los hallazgos que se ponen de manifiesto en este trabajo sugieren que los programas de formación deben adaptarse a las necesidades específicas de los distintos grupos de edad. Mientras que los más jóvenes parecen estar más dispuestos a integrar tecnologías basadas en IA, los de mayor edad podrían beneficiarse de programas formativos más centrados en la alfabetización digital y en la demostración de cómo estas herramientas pueden mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje o en la gestión del cambio en las instituciones.

De los resultados obtenidos destaca la necesidad urgente de formación en IA tanto para el profesorado como para el alumnado de formación profesional. La falta de conocimiento y uso de estas herramientas revela que, a pesar de los esfuerzos institucionales para integrar la IA en el sistema educativo (INTEF, 2024; UNESCO, 2024), persisten lagunas significativas en competencias digitales. Esto refuerza las conclusiones de Holmes et al. (2019), quienes indican que la adopción de la IA en la educación solo será efectiva si se implementan programas de formación continuada.

Dado el crecimiento de la Formación Profesional en España, y su enfoque en sectores emergentes como la sanidad y la tecnología, es imprescindible que las instituciones educativas sigan priorizando la integración de tecnologías de IA en sus programas de formación. Además, nuestro estudio pone de relieve que la modalidad del ciclo formativo (ordinaria *vs.* a distancia) no influye de manera significativa en el nivel de conocimiento o uso de la IA por parte de los participantes, lo que sugiere que las estrategias de formación en IA pueden ser transversales a distintas modalidades dentro de la formación profesional.

Otro aspecto clave de este trabajo es que explora tanto la perspectiva del profesorado como la del alumnado, y esta visión dual permite una comprensión más completa de las diferencias y similitudes en cuanto al conocimiento, empleo y percepción de la IA en el aula, proporcionando una base sólida para futuras propuestas formativas, donde el eje sobre el que pivotan sea el ámbito profesional (en este caso, sanidad) y no tanto el rol de los destinatarios (alumnado *vs.* profesorado).

Una de las principales limitaciones de este estudio pudiera ser el tamaño de la muestra, ya que, aunque se alcanzaron tamaños muestrales adecuados para el análisis estadístico, los datos se recogieron en un único instituto de formación profesional en Galicia, lo que restringe la generalización de los resultados a otras instituciones y contextos, aunque bien pueden ser resultados ejemplificadores de la realidad habitual en este tipo de instituciones. Otra limitación se relaciona con que la investigación se basa en autopercepciones, lo que puede generar sesgos de deseabilidad social, dado que las personas participantes pueden sobreestimar o subestimar sus niveles de conocimiento y uso de la IA. Para minimizarla, se podría llevar a cabo una indagación más profunda en el campo, con técnicas como la entrevista individual o los grupos de discusión.

Pese a estas limitaciones, este trabajo aborda un tema de gran trascendencia en el contexto educativo actual, pues la creciente incorporación de la IA en la educación y el mercado laboral refuerza la pertinencia de este análisis, sobre todo en sectores relevantes como la sanidad y la tecnología. Además, se centra en el ámbito de la Formación Profesional, un área clave que ha experimentado un crecimiento considerable en España, otorgándole una aplicabilidad directa en un campo que está en plena expansión y que es fundamental para el desarrollo de competencias tecnológicas y digitales.

En conclusión, este trabajo refuerza la importancia de conocer y utilizar la IA en la educación en general y, particularmente, en la Formación Profesional del ámbito sanitario, pero también subraya la necesidad de mejorar la formación tanto para el profesorado como para el alumnado. Para que la IA despliegue todo su potencial en el contexto educativo, al servicio de un determinado proyecto formativo, es esencial que tanto el profesorado como el alumnado, cuenten con las competencias necesarias para integrar de manera efectiva estos recursos en su práctica diaria.

Financiación

Este trabajo ha sido cofinanciado por *Programa de axudas á etapa posdoutoral da Xunta de Galicia* (Consellería de Cultura, Educación, Formación Profesional e Universidades) concedido a una de las autoras. Ref: ED481B_088.

Contribución de los autores

Alejandro Araújo Ameijeiras: Conceptualización; Curación de datos; Análisis formal; Investigación; Metodología; Software; Redacción - borrador original.
Olalla García-Fuentes: Curación de datos; Análisis formal; Metodología; Supervisión; Visualización; Redacción - borrador original; Redacción - revisión y edición.
Manuela Raposo-Rivas: Conceptualización; Investigación; Metodología; Supervisión; Validación; Redacción - revisión y edición.

Referencias

Aparicio-Gómez, W. O. (2023). Vista de La Inteligencia Artificial y su Incidencia en la Educación: Transformando el Aprendizaje para el Siglo XXI. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación educativa, 3*(2), 217-229. https://doi.org/10.51660/ripie.v3i2.133

APA. (2020). *Principios éticos de los psicólogos y código de conducta*. Asociación Estadounidense de Psicología. https://www.apa.org/ethics/code

Bond, M., Zawacki-Richter, O., & Gouverneur, F. (2021). Revisión sistemática de las aplicaciones de la IA en la educación superior: ¿Dónde están los educadores? *Revista internacional de tecnología educativa en la educación superior, 16*(39). https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Cabero-Almenara J., Palacios-Rodríguez, A., Loaiza-Aguirre, M. I., & Rivas-Manzano, M. R. (2024). Acceptance of Educational Artificial Intelligence by Teachers and its Relationship with some variables and pedagogical beliefs. *Education Sciences. 14*(7), 740. https://doi.org/10.3390/educsci14070740

Chan, C., & Tsi, L. (2023). The AI Revolution in Education: Will AI Replace or Assist Teachers in Higher Education? *ArXiv.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.01185

Comisión Europea (2018). *Plan coordinado sobre inteligencia artificial*. https://ec.europa.eu/digital-strategy

Corder, G. W., & Foreman, D. I. (2014). *Estadística no paramétrica: un enfoque paso a paso* (2ª ed.). Wiley.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.

Delcker, J., Heil, J. & Ifenthaler, D. (2024). Evidence-based development of an instrument for the assessment of teachers' self-perceptions of their artificial intelligence competence. *Educational Technology Research and Development,* 73, 115–133. https://doi.org/10.1007/s11423-024-10418-1

Field, A. (2018). *Descubrimiento de estadísticas utilizando IBM SPSS Statistics* (5ª ed.). SAGE.

Díaz Pino, A. A, García Aparicio, A., Silva Balaguera, L., & Pacheco Ruíz, M. (2024). La Inteligencia Artificial Generativa en la formación inicial de docentes y educadores. En E. López Meneses, D. Cobos, A. Jaén, A. H. Martín, & L. Molina (ed.). *Calidad e innovación pedagógica: Experiencias docentes y tecnológicas aplicadas al aula* (pp. 1082-1096). Dykinson.

Galindo-Domínguez, H., Delgado, N., Losada, D. & Etxabe, J.M. (2024). An analysis of the use of artificial intelligence in education in Spain: The in-service teacher's perspective. *Journal of Digital Learning in Teacher Education. 40*, 41-56. https://doi.org/10.1080/21532974.2023.2284726

Gobierno de España. (2020). *ENIA: Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital*. https://bit.ly/3oHHUb0

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Editorial Mc Graw Hill Education.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning.* Center for Curriculum Redesign. https://d66z.short.gy/zsL1b1

INTEF. (2024). *Guía sobre el uso de la Inteligencia Artificial en el ámbito educativo*. MECFPD, Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. https://d66z.short.gy/qWErZm

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M., Weller, J., Kuhn, J., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences, 103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Laupichler, M. C., Aster, A., & Raupach, T. (2023). Delphi study for the development and preliminary validation of an item set for the assessment of non-experts' AI literacy. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 4*, 100126. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100126

López Esteban, C. (ed.) (2023). *Propuestas docentes para la integración de la Agenda 2030 y los ODS en la Universidad de Salamanca: Modelos y experiencias en el Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas*. Ediciones Universidad de Salamanca. https://doi.org/10.14201/0AQ0347

Mitsea, E., Drigas, A., & Skianis, C. (2025). A Systematic Review of Serious Games in the Era of Artificial Intelligence, Immersive Technologies, the Metaverse, and Neurotechnologies: Transformation Through Meta-Skills Training. *Electronics*, *14*(4), 649. https://doi.org/10.3390/electronics14040649

Parlamento Europeo. (2021, marzo). *¿Qué es la inteligencia artificial y cómo se usa?* https://d66z.short.gy/HtPVAd

Rodríguez-Rodríguez, J., & Reguant-Álvarez, M. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 13*(2), 1–13. https://doi.org/10.1344/reire2020.13.230048

Rott, K. J., Lao, L., Petridou, E., & Schmidt-Hertha, B. (2022). Needs and requirements for an additional AI qualification during dual vocational training: Results from studies of apprentices and teachers. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 3*, 100102. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100102

Smith B. (2018). *The Future Computed: Artificial Intelligence and its Role in Society*. Microsoft Corporation.

Taccle AI (2020). Taccle AI – The Project. https://taccleai.eu/

Tavakol, M. & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education, 2*, 53–55. https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd

UNESCO. (2024). *Guía para el uso de la IA generativa en educación e investigación*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. https://d66z.short.gy/EWSRmS

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education–where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Secondary Students' Virtual Social Networks Use and Addiction

Uso y adicción a redes sociales virtuales por parte de estudiantes de educación secundaria

Jenifer Andrea Beneth-Benavides[a], Luis Eduardo Paz-Saavedra[b(*)]

[a] *Universidad de Nariño, Pasto, Colombia*
https://orcid.org/0000-0001-6636-0314 jabenetb@udenar.edu.co
[b] *Universidad de Nariño, Pasto, Colombia*
https://orcid.org/0000-0002-1278-4741 luisepaz@udenar.edu.co

ARTICLE INFO

Palabras clave
Adicción a redes sociales, adolescencia, enseñanza secundaria, estudiante de secundaria, prevención

RESUMEN

El artículo examina los patrones de uso e indicadores de adicción a las redes sociales virtuales (RSV) entre estudiantes de educación secundaria, con edades comprendidas entre 10 y 18 años, en una institución pública de Pasto, Colombia. El estudio se enfoca en los riesgos potenciales que el abuso de las RSV representa para la vida personal y escolar de los estudiantes. Para ello, se empleó una metodología cuantitativa con una muestra probabilística de 261 estudiantes, a quienes se les aplicó un cuestionario dividido en dos secciones: la primera indaga sobre la frecuencia de uso de estas redes, y la segunda evalúa 24 indicadores de adicción. Los resultados revelan que una gran mayoría de estudiantes presenta un uso moderado de las RSV, mientras que solo una pequeña proporción exhibe múltiples indicadores de adicción, lo que les genera dificultades tanto en el ámbito escolar como personal. En la discusión, se profundiza en los patrones de uso y los principales indicadores de adicción, así como en las dificultades asociadas, con el objetivo de explorar las implicaciones de esta problemática y sugerir estrategias preventivas para este grupo poblacional.

Keywords
social network addiction, adolescence, secondary education, secondary school students, prevention

ABSTRACT

The article examines the patterns of use and indicators of addiction to virtual social networks (VSNs) among secondary school students, aged between 10 and 18, in a public institution in Pasto, Colombia. The study focuses on the potential risks that VSN abuse poses to students' personal and academic lives. A quantitative methodology was employed, using a probabilistic sample of 261 students who completed a questionnaire divided into two sections: the first section inquiries about the frequency of VSN use, and the second evaluates 24 indicators of addiction. The results reveal that the majority of students demonstrate moderate use of VSNs, while only a small proportion exhibit multiple indicators of addiction, which creates difficulties in both their academic and personal lives. The discussion delves into usage patterns, the main indicators of addiction, and associated challenges, with the aim of exploring the implications of this issue and suggesting preventive strategies for this population group.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 28/07/2022. Revisado, 26/11/2022. Aceptado, 06/11/2023. Publicado, 23/06/2025.
e-ISSN: 2444-8729

1. Introducción

El ser humano es sociable por naturaleza, lo que implica que depende constantemente de sus semejantes para progresar, intercambiar información o para comunicarse; es decir, requiere su participación en diferentes redes sociales, término que hace referencia a un conjunto de puntos interconectados por líneas donde cada punto representa a una persona y cada línea a las interacciones que se llevan a cabo entre ellas (Barnes, 1954).

Actualmente, en su afán de cruzar fronteras a nivel global y alcanzar sus objetivos en lugares diferentes a su ubicación geográfica, ese ser humano se ha visto en la necesidad de desarrollar tecnologías avanzadas que le ayuden a alcanzar dichos propósitos (Amezcua, 2019). Es ahí donde se han implementado canales comunicativos más eficientes como las redes sociales virtuales (RSV), las cuales han permitido que buena parte de la interacción entre las personas pase del mundo físico al mundo virtual (Portillo Fernández, 2016).

Si bien las RSV tuvieron en sus inicios una tendencia marcada hacia la comunicación e interacción humana, acercando a quienes se encuentran distantes (Pantaleón Pinto, 2021; Rodado et al., 2021), con el pasar del tiempo han ido evolucionando a tal punto de permitir, además de la comunicación, otra serie de utilidades como facilitar la búsqueda y difusión de información, la comercialización de bienes y servicios, etc., ofreciendo beneficios económicos gracias a su utilización (Mendoza et al., 2021). Por supuesto, hay que tener en cuenta que existen riesgos y aspectos negativos al momento de usarlas, como la difusión de noticias falsas (Bustos, 2020), el robo de información, la suplantación de identidades (Coz et al., 2012), la exposición a extorsiones, "sexting", "grooming", acceso a contenidos no apropiados, o invasión a la intimidad de los usuarios (Baño Carvajal & Reyes Estrada, 2020; Pacheco Amigo et al., 2018); e incluso, conductas que atentan contra la integridad de las personas más jóvenes en retos virales como «la ballena azul», «el desafío de fuego», «la cintura a4», por solo mencionar algunos ejemplos (Quintana, 2021).

Pese a lo anterior, claramente las RSV desempeñan un rol importante en la cotidianidad humana, por supuesto, si se utilizan de manera adecuada, pues para nadie es un secreto que toda actividad que se practique en exceso puede resultar nociva generando estados adictivos (Castañeta et al., 2020), y el uso desmedido de estas redes puede conllevar a la misma situación (Antezana Vargas y Alfaro Urquiola, 2019).

Cabe resaltar que el estado adictivo requiere que una persona atraviese por varias etapas: satisfacción/tolerancia, generación de problemas, obsesión por estar informado y la necesidad/obsesión de estar conectado (Cabero-Almenara et al., 2020). Este proceso podría provocar que el ser humano deje de lado actividades importantes como sus labores escolares, el deporte, la lectura e inclusive su familia (Cía, 2013). En este sentido, dependiendo de la gravedad de la situación, autores como Chávez Arizala y Coaquira Tuco (2022) y Estrada Araoz y Gallegos Ramos (2020), plantean tres niveles en los indicadores de adicción: bajo, medio/moderado y alto, en los que se ubica a cada persona según diversas condiciones.

En el caso de las personas adolescentes, normalmente son fácilmente influenciables por lo que ven o lo que escuchan, pues su nivel de madurez en muchas ocasiones es insuficiente por su misma edad, llevándolas a guiarse más por la emoción o la impulsividad, lo cual puede llevarlas a caer en las trampas y engaños de personas mal intencionadas (Mendoza et al., 2021) convirtiéndolas en la población mayoritariamente propensa a generar adicción por las RSV (Echeburúa Odriozola, 2012; Pinos Paredes et al., 2018). A propósito, una realidad indiscutible es que los niños, niñas y adolescentes, hoy en día procuran tener círculos de amistad amplios para sentirse bien (Tejada Rivera & Méndez Gárate, 2018); es decir, mientras más amigos tienen, mejor es su autoestima, razón por la que han encontrado en las RSV el espacio predilecto para tal fin. Saben que, si publican una foto, cuantos más seguidores tengan van a recibir una mayor cantidad de "likes" o comentarios, lo que los hace sentir populares, pero a la vez, puede ser punto de partida para procesos adictivos.

A propósito de adicción, existen ciertas señales de alarma que, de ser tenidas en cuenta, permitirían hacer una intervención primaria para su control. En el caso de las adicciones a las tecnologías digitales o a las RSV, la situación no es diferente, pues ya se han establecido ciertos indicios para estar alerta, entre los cuales Echeburúa Odriozola y Requesens Moll (2012) plantean: privarse de sueño para estar conectado a la red; descuidar otras actividades importantes; pensar en la red constantemente, incluso cuando no se está conectado a ella; sentirse irritado cuando la conexión falla o es muy lenta; perder la noción del tiempo transcurrido; mentir sobre el tiempo real que se está conectado en red o jugando; aislarse socialmente, mostrarse irritable y bajar el rendimiento en los estudios; sentir euforia y activación anómalas cuando se tiene acceso a la red.

Ahora bien, considerando la vulnerabilidad de las personas adolescentes, vale la pena prestar mayor atención a este grupo etario (Rodado et al., 2021), más aún si se tiene en cuenta que son la generación que, por primera vez, tiene acceso permanente a este tipo de tecnologías (Fernández-de-Arroyabe et al., 2018); esto facilitado por el hecho de que los padres y madres de familia permiten el uso de tecnologías a sus hijos desde muy tempranas edades sin realizar una verificación de lo que hacen con las mismas (Varona-Fernández &

Hermosa-Peña, 2020), lo cual podría resultar perjudicial ya que, si no se tiene bases lo suficientemente fuertes del potencial de acceso al mundo virtual, podría acercarlos a los diferentes riesgos, como el de la adicción. Para Echeburúa Odriozola y Requesens Moll (2012) la población adolescente pareciera estar más predispuesta hacia el uso desmedido de las RSV en temáticas relacionadas con el ocio y la diversión más que por lo que realmente debería interesarse: sus estudios. Así mismo, Núñez et al. (2022) y Arroyo (2018) mencionan que usar de forma desmedida las RSV, puede conllevar a que las personas se aíslen, bajen su rendimiento tanto académico como laboral, cambien drásticamente su conducta y tengan una inclinación al sedentarismo y la obesidad, situaciones que a toda luz representan una gran problemática.

Teniendo en cuenta la importancia de toda la situación descrita, en la presente investigación se planteó como objetivo principal identificar el nivel de los indicadores de adicción a las RSV que presentan estudiantes de secundaria de un colegio de la ciudad de Pasto (Colombia); institución que cuenta con una población superior a mil estudiantes, con edades comprendidas entre los 10 y 18 años. Para este propósito, se inició identificando las RSV más utilizadas o de preferencia por parte del estudiantado, la frecuencia de uso de dichas redes, el tiempo que destinan a las mismas y las actividades preferidas mientras permanecen conectados.

2. Metodología

La presente investigación tuvo un enfoque de tipo cuantitativo, con un diseño no experimental y un alcance exploratorio descriptivo (Hernández et al., 2014). Se llevó a cabo durante el año 2021 con una muestra probabilística de estudiantes entre los 10 y 18 años de edad, a quienes se les aplicó un cuestionario orientado a establecer los usos de RSV y a analizar diferentes indicadores de adicción a las mismas. Específicamente, el contexto de investigación fue la Institución Educativa Municipal Liceo Central de Nariño de la ciudad de Pasto (Colombia), establecimiento de carácter oficial y de género mixto que atiende una población de 1130 estudiantes (año 2021), de los cuales 314 cursan educación primaria (grados 1° a 5°), y 816 de educación secundaria y media (grados 6° a 11°).

2.1. Población y muestra

A partir de la población total, conformada por 816 estudiantes de educación básica secundaria y media, se obtuvo una muestra probabilística con un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5%. De esta manera, la muestra quedó conformada por 261 estudiantes seleccionados en forma aleatoria. Para su selección se tomó el listado general del estudiantado de todos los grados, y se ordenó alfabéticamente; posteriormente a cada uno de los 816 miembros de la población se les asignó un número aleatorio, seleccionado los consecutivos desde el uno hasta el 261. Como resultado, la muestra quedó conformada por 145 estudiantes de género femenino (56%) y 116 de género masculino (44%). Así mismo, el número de estudiantes por cada grado quedó distribuido de la siguiente manera: 23 estudiantes son pertenecientes al grado sexto (9%), 54 estudiantes de grado séptimo (21%), 42 del grado octavo (16%), 43 de grado noveno (16%), 51 estudiantes de grado décimo (20%) y 48 de grado once (18%).

2.2. Instrumento de recolección de información

El cuestionario utilizado consta de dos partes: la primera sobre información general de cada estudiante y sobre el uso de RSV; la segunda, con 24 indicadores de adicción a las mismas, basado en un cuestionario diseñado y validado por Escurra Mayaute y Salas Blas (2014).

Para la validación de contenido de la primera parte del cuestionario se realizó una revisión de expertos con la colaboración de tres profesionales de la educación, quienes realizaron sugerencias mínimas para su mejoramiento; además, se realizó una prueba piloto con 15 estudiantes con características similares a la población estudio. Esta prueba permitió establecer que no existían dificultades operativas o de comprensión para su correcto diligenciamiento.

En cuanto a la segunda parte sobre indicadores de adicción, previamente se había realizado la validación de contenido a través de criterio de jueces y pruebas de usuario, lo mismo que la validez del constructo y su fiabilidad. Para este propósito, se llevó a cabo un estudio exploratorio factorial de componentes principales donde se midió el índice KMO y el test de esfericidad de Bartlett, seguido del análisis de fiabilidad interna mediante

alfa de Cronbach, y finalmente, el estudio factorial confirmatorio y el método de máxima verosimilitud. De esta manera, todos los análisis concluyeron que el instrumento es confiable (Escurra Mayaute & Salas Blas, 2014). Además, en la presente investigación se realizó una nueva revisión de expertos y prueba piloto, las cuales no arrojaron dificultades para que el instrumento fuese aplicado tal como fue diseñado y validado previamente; de la misma forma, con la nueva muestra se calculó nuevamente el alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.893, el cual confirma la fiabilidad del instrumento para el presente estudio.

Respecto a la recolección de información, se realizaron sesiones en línea por cada grado; así, cada estudiante respondió el cuestionario en privado, contando con un medio de comunicación sincrónico, en caso de que fuese necesario algún tipo de aclaración o apoyo ante cualquier inconveniente de carácter técnico.

3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados organizados en dos temáticas: uso de redes sociales virtuales y niveles de riesgo de adicción a las mismas.

3.1. Uso de redes sociales virtuales

En primer lugar, se identificó las RSV en las que cada estudiante tiene cuentas activas: Facebook, Twitter, YouTube, Facebook Messenger, Instagram, WhatsApp, Snapchat y TikTok. Las opciones de respuesta para esta pregunta fueron «Si» y «No».

Por género, los resultados indican que la red con mayor utilización es WhatsApp, pues es utilizada por el 100% de los chicos y el 96% de las chicas, seguida de YouTube y Facebook; en el caso de esta última, la diferencia en el porcentaje de uso por géneros es del 9%, con un 88% para los chicos y 79% para las chicas. También se pudo apreciar que las RSV que tienen mayor porcentaje de uso por parte de las chicas son especializadas en compartir videos y fotografías: TikTok 74% (chicos 59%), Instagram 68% (chicos 60%) y Snapchat 64% (chicos 34%). Finalmente, la red social con menor utilización es Twitter, que solo alcanza 25% en los chicos y 21% de las chicas.

En cuanto a los resultados por grado, estos se pueden observar en la Figura 1.

Entre los datos más relevantes se observa que WhatsApp y YouTube son las redes más utilizadas desde grado seis hasta once. La primera tiene mayor uso, pues el porcentaje está situado entre el 94% y el 100%. YouTube supera el 80% de uso en los grados sexto, séptimo y octavo, y el 90% en los grados noveno, décimo y once. Facebook, Messenger e Instagram tienen un comportamiento similar entre ellas; su uso va aumentando desde el grado sexto (52% Facebook, 30% Messenger y 17% Instagram), hasta el grado décimo donde se establece su máxima utilización (100%, 90% y 88% respectivamente). Para el grado once se refleja una pequeña disminución en el uso de cada una de ellas.

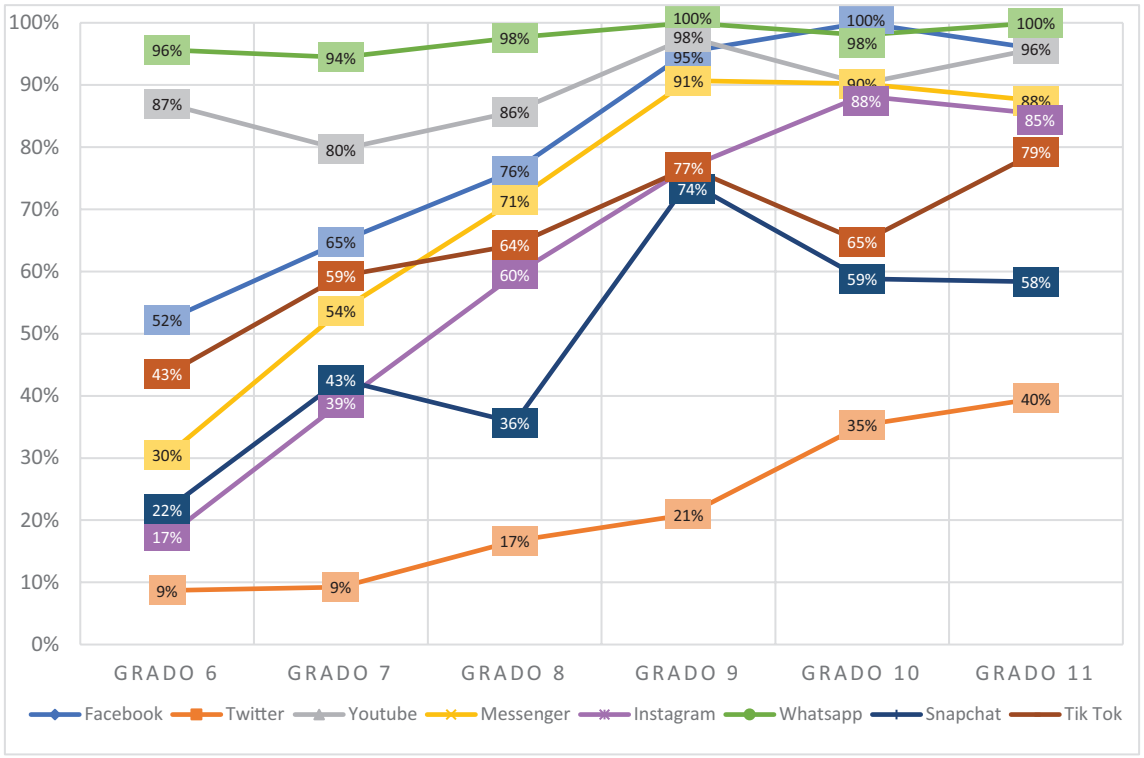
3.1.1. Frecuencia de uso

Para este aspecto se preguntó la frecuencia de uso diario de cada una de las redes, utilizando las siguientes opciones de respuesta: «No la uso» (36%), «Menos de una hora al día» (27%), «Entre 1 y 2 horas al día» (14%), «Entre 2 y 3 horas al día» (10%) y «Más de 3 horas al día» (12%). Con el propósito de analizar si esa frecuencia de uso se podía constituir en un posible indicador de adicción, se utilizó los resultados encontrados en estudiantes que afirman hacer uso de RSV en las dos últimas opciones, es decir, más de dos horas al día.

Al analizar esta información por género se encontró que WhatsApp es la más usada en periodos mayores a dos horas diarias por parte de ambos géneros, con 67% de las chicas y 65% de los chicos. Estos porcentajes superan en gran medida a Facebook, TikTok, YouTube, Messenger e Instagram, que tienen el 13% y el 33% de utilización con dicha frecuencia. Para el caso de Snapchat y Twitter, la permanencia de conexión diaria es mucho más baja, pues el rango de utilización con esa intensidad horaria es tan solo del 2% al 4%.

Para el análisis por edad se usó la categorización propuesta por Gaete (2015), que divide la adolescencia en tres etapas. De esta manera, el mayor porcentaje de estudiantes que hacen uso de RSV en periodos superiores a dos horas se encuentra en la adolescencia tardía (17 años en adelante), con 36%; valor que disminuye en la adolescencia media (14 a 16 años) pasando al 31% y en la adolescencia temprana (10 a 13 años), con 12%.

Figura 1. Uso de RSV por grado



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Actividades en las que se usan

Para analizar este aspecto, se formuló la siguiente pregunta: ¿Con qué frecuencia utilizas tus redes sociales para las siguientes actividades?; y se plantearon las ocho alternativas que se observan en la Figura 2. La escala de respuesta utilizada fue: siempre, casi siempre, algunas veces, casi nunca y nunca.

Los resultados indican que la actividad que más realizan es chatear, pues un 37% la realizan siempre, seguida de ver series o películas, escuchar y/o descargar música y estudiar y compartir información académica, todas ellas con un 33%. En cuanto a «estudiar y compartir información académica», al observar la frecuencia «Casi Siempre», se puede notar que esta tiene el porcentaje más alto respecto a las demás actividades (35%).

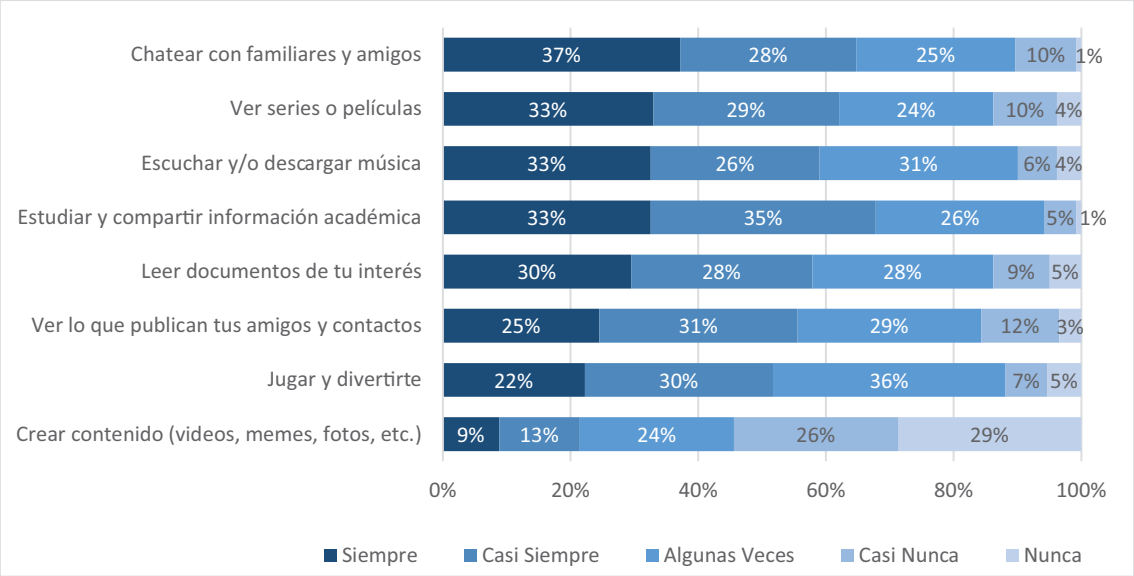
Teniendo en cuenta las frecuencias «Siempre», «Casi Siempre» y «Algunas Veces», las primeras siete actividades muestran porcentajes de uso por encima del 85%, lo cual indica claramente que las RSV tienen amplia aceptación para diferentes actividades cotidianas; además, el mayor porcentaje de utilización se presenta en temas académicos (94%).

Por otra parte, se puede apreciar que la actividad que se realiza con menos frecuencia es crear contenido (videos, memes, fotos), ya que al sumar las frecuencias «Siempre», «Casi Siempre» y «Algunas Veces», se obtiene solamente un 46%.

3.2. Niveles de riesgo de adicción a las redes sociales virtuales

Para el análisis de los niveles de riesgo de adicción a las RSV se utilizó el cuestionario de adicción a redes sociales (ARS) construido por Escurra Mayaute y Salas Blas (2014) que consta de 24 afirmaciones (ver Tabla 4), cada una de ellas con cinco opciones de respuesta: «Nunca», «Casi nunca», «Algunas veces», «Casi siempre», «Siempre». Como ya fue descrito en el apartado 2.2 sobre el instrumento de recolección de información, dicho cuestionario fue sometido a un proceso de validación que incluyó revisión de expertos y pruebas de usuario, además de pruebas de validez del constructo y fiabilidad (Escurra Mayaute & Salas Blas, 2014).

Figura 2. Frecuencia de uso de RSV por actividad



Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Estudiantes en cada nivel de los indicadores de adicción

Para analizar los resultados se utilizó las siguientes valoraciones: Nunca=0, Casi Nunca=1, Algunas veces=2, Casi Siempre=3 y Siempre=4. De esta manera, al sumar los valores de cada una de las 24 afirmaciones se obtiene la puntuación de cada estudiante en un rango de 0 puntos si responde «Nunca» en todas las afirmaciones, hasta 96 puntos si responde «Siempre». Posteriormente se separaron los resultados en tres rangos: bajo (0 a 32), moderado (33 a 64) y alto (65 a 96).

Es importante aclarar que la afirmación 13 (Tabla 4) se valora de manera inversa (Nunca=4, Siempre=0) porque el posible indicador de adicción en este caso es que «nunca» pueda desconectarse de las RSV. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes por niveles según los indicadores de adicción a RSV

Rango	Nivel	Estudiantes	Porcentaje
0 a 32 puntos	Bajo	129	49%
33 a 64 puntos	Moderado	127	49%
65 a 96 puntos	Alto	5	2%

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, casi la totalidad de estudiantes se encuentran en los niveles bajo y moderado de los indicadores de adicción a RSV, con 49% en cada nivel. También existe un 2% de estudiantes en el nivel alto.

3.2.2. Ponderados por afirmación en cada nivel de adicción

Para este aspecto se realizó un análisis diferenciado en cada uno de los tres grupos de estudiantes, según el nivel en el que se encuentran (bajo, moderado y alto). En cada nivel se calculó la valoración promedio de cada uno de los 24 indicadores, utilizando los rangos para cada indicador que se muestran en la Tabla 2.

En esta tabla, el color verde en la columna "Nivel de riesgo" se utiliza para indicar que las actividades no están generando conflictos en los estudiantes, el amarillo como señal de alerta o riesgo medio de que las RSV puedan generar adicción, y el rojo como señal de peligro o riesgo alto (Campos Bartolo et al., 2019). Así mismo,

Tabla 2. Rangos y niveles para cada indicador según la frecuencia

Frecuencia	Rango	Nivel de riesgo
Nunca	0 a 0.8	Riesgo Bajo
Casi nunca	0.9 a 1.6	Riesgo Bajo
Algunas veces	1.7 a 2.4	Riesgo Medio
Casi siempre	2.5 a 3.2	Riesgo Alto
Siempre	3.3 a 4.0	Riesgo Alto

Fuente: elaboración propia.

estos colores se utilizan en la Tabla 3 para el análisis de los indicadores en cada uno de los tres grupos de estudiantes según su nivel; además, en la Tabla 3 la primera columna tiene el número de cada uno de los 24 indicadores evaluados y que se pueden apreciar en la Tabla 4.

Tabla 3. Resultados por afirmación en los tres niveles de indicadores de adicción

Estudiantes nivel alto		Estudiantes nivel moderado		Estudiantes nivel bajo	
Indicador	Promedio	Indicador	Promedio	Indicador	Promedio
1	4.0	12	2.57	12	1.85
6	4.0	1	2.48	18	1.67
7	4.0	4	2.48	1	1.57
8	4.0	18	2.47	4	1.45
21	4.0	17	2.44	14	1.33
5	3.6	9	2.31	17	1.28
10	3.6	16	2.31	2	1.25
11	3.6	8	2.23	16	1.19
15	3.6	10	2.16	9	1.05
16	3.6	14	2.12	8	1.03
17	3.6	2	2.09	10	0.99
4	3.2	11	1.96	13	0.95
9	3.2	13	1.87	11	0.84
12	3.2	24	1.66	3	0.82
19	3.2	22	1.56	21	0.6
3	3.0	3	1.49	22	0.6
2	2.8	5	1.40	23	0.6
14	2.8	23	1.40	24	0.6
23	2.8	21	1.31	5	0.48
18	2.4	15	1.13	20	0.47
20	2.4	7	1.07	19	0.36
22	2.4	20	1.00	7	0.34
13	1.8	6	0.91	15	0.26
24	1.6	19	0.88	6	0.19

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Estudiantes en nivel alto

Según los resultados, un 2% del estudiantado obtuvo más de 64 puntos en el cuestionario (Tabla 1), lo cual corresponde al nivel alto de los indicadores. Este grupo reconoce un comportamiento negativo frente a las proposiciones planteadas, pues 19 de ellas promediaron por encima de 2.4 (riesgo alto, color rojo), lo cual significa que el uso de RSV les genera dificultades en esos 19 indicadores (Tabla 3). En este caso, estas redes fácilmente pueden incidir como un instrumento distractor que los lleva a sentir necesidad de conexión más frecuente, perder la noción del tiempo o llegar a sentir ansiedad si no se pueden conectar a sus redes. Adicionalmente, en este grupo de estudiantes solo 5 indicadores no superan la valoración de 2.4 y por tanto se encuentran en un nivel de riesgo medio (indicadores 18, 20, 22 y 13) o bajo (indicador 24) lo que indica que los estudiantes tienen un mayor control sobre esas situaciones.

3.2.4. Estudiantes en nivel moderado

Para el 49% de estudiantes que se encuentran en este nivel (Tabla 1), en la Tabla 3 se observa que cinco indicadores se encuentran en nivel alto (12, 1, 4, 18 y 17); es decir, superan el promedio de 2.4 (color rojo). En nueve afirmaciones el promedio se situó en el rango 1.6 a 2.4 (color amarillo), y diez afirmaciones obtuvieron un promedio inferior a 1.6 (color verde). Según estos resultados, si bien aún existen cinco indicadores en nivel alto, este grupo de estudiantes presenta un mayor control al hacer uso de sus RSV; así mismo, el hecho de que haya nueve indicadores en amarillo implica que existe algún riesgo en cada una de las situaciones planteadas para aspectos académicos, personales y familiares de cada estudiante.

3.2.5. Estudiantes en nivel bajo

Los resultados indican un 49% de estudiantes en este nivel (Tabla 1). Respecto a los indicadores (Tabla 3), se observa que los promedios en 22 de ellos están por debajo de 1.6 (color verde), lo cual indica que son situaciones que no representan mayores dificultades para este grupo; además, existen solo dos indicadores que resultan moderadamente conflictivos (color amarillo): «12. Pienso en que debo controlar mi actividad de conectarme a las redes sociales» y «18. Estoy atento(a) a las alertas que me envían desde las redes sociales a mi teléfono o computador», situaciones que podrían llegar a influir negativamente en los estudiantes.

Los anteriores resultados, vistos comparativamente por cada indicador se pueden apreciar en la Tabla 4. La primera columna muestra cada uno de los 24 indicadores y las otras tres corresponden a los grupos de estudiantes según su nivel de riesgo de adicción. De esta manera se puede apreciar la situación particular de cada indicador en los tres grupos de estudiantes analizados.

Tabla 4. Comparación del promedio de valoración por indicador en cada grupo de estudiantes

Indicador	**Alto**	**Medio**	**Bajo**
1. Siento gran necesidad de permanecer conectado(a) a las redes sociales.	4.0	2.48	1.57
2. Necesito cada vez más tiempo para atender mis asuntos relacionados con las redes sociales.	2.8	2.09	1.25
3. El tiempo que destinaba para estar conectado(a) a las redes sociales ya no me satisface, necesito más.	3.0	1.49	0.82
4. Apenas despierto ya estoy conectándome a las redes sociales.	3.2	2.48	1.45
5. No sé qué hacer cuando quedo desconectado(a) de las redes sociales.	3.6	1.40	0.48
6. Me pongo de malhumor si no puedo conectarme a las redes sociales.	4.0	0.91	0.19
7. Me siento ansioso(a) cuando no puedo conectarme a las redes sociales.	4.0	1.07	0.34
8. Entrar y usar las redes sociales me produce alivio, me relaja.	4.0	2.23	1.03
9. Cuando entro a las redes sociales pierdo el sentido del tiempo.	3.2	2.31	1.05
10. Generalmente permanezco más tiempo en las redes sociales, del que inicialmente había destinado.	3.6	2.16	0.99
11. Pienso en lo que puede estar pasando en las redes sociales.	3.6	1.96	0.84

(continúa)

Tabla 4. Comparación del promedio de valoración por indicador en cada grupo de estudiantes (*continuación*)

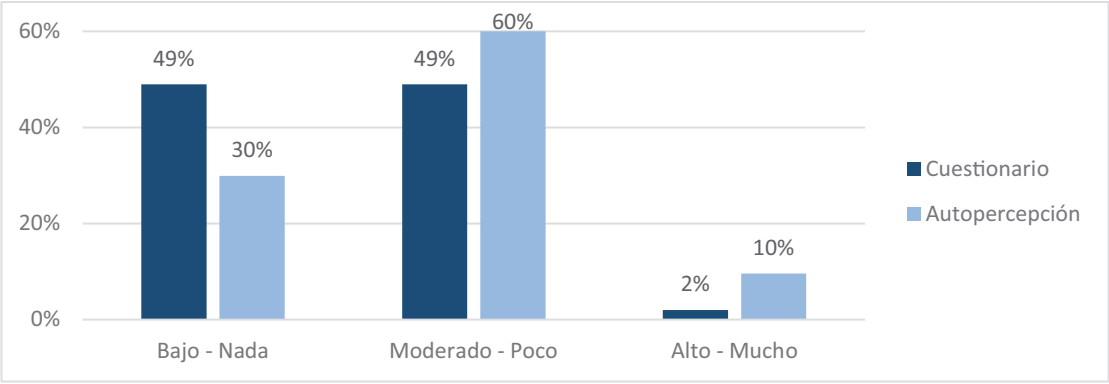
Indicador	Alto	Medio	Bajo
12. Pienso en que debo controlar mi actividad de conectarme a las redes sociales.	3.2	2.57	1.85
13. Puedo desconectarme de las redes sociales por varios días.	1.8	1.87	0.95
14. Me propongo sin éxito, controlar mis hábitos de uso prolongado e intenso de las redes sociales.	2.8	2.12	1.33
15. Aun cuando desarrollo otras actividades, no dejo de pensar en lo que sucede en las redes sociales.	3.6	1.13	0.26
16. Invierto mucho tiempo del día conectándome y desconectándome de las redes sociales.	3.6	2.31	1.19
17. Permanezco mucho tiempo conectado(a) a las redes sociales.	3.6	2.44	1.28
18. Estoy atento(a) a las alertas que me envían desde las redes sociales a mi teléfono o computador.	2.4	2.47	1.67
19. Descuido a mis amigos o familiares por estar conectado(a) a las redes sociales.	3.2	0.88	0.36
20. Descuido las tareas y los estudios por estar conectado(a) a las redes sociales.	2.4	1.00	0.47
21. Aun cuando estoy en clase, me conecto con disimulo a las redes sociales.	4.0	1.31	0.6
22. Mi pareja, o amigos, o familiares; me han llamado la atención por mi dedicación y el tiempo que destino a las cosas de las redes sociales.	2.4	1.56	0.6
23. Cuando estoy en clase sin conectar con las redes sociales, me siento aburrido(a).	2.8	1.40	0.6
24. Creo que es un problema la intensidad y la frecuencia con la que entro y uso la red social.	1.6	1.66	0.6

Fuente: elaboración propia.

3.2.6. Autopercepción sobre adicción a las redes sociales

Como último aspecto se cuestionó a los estudiantes respecto a la percepción de adicción que cada uno tenía sobre sí mismo, para esto se preguntó: ¿Se considera adicto a las redes sociales?, con las opciones de respuesta: mucho, poco o nada. Los resultados muestran que la mayoría de estudiantes consideraron tener «poco» nivel de adicción con un 60%; la segunda opción más escogida fue «nada», con 30%, y finalmente solo el 10% respondió «mucho». Adicionalmente, conocidos los resultados de niveles arrojados por el cuestionario y los de la autopercepción, se procedió a contrastarlos con el propósito de visualizar qué tanta similitud o diferencia se presenta, tal como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3. Paralelo entre resultados del cuestionario y la autopercepción



Fuente: elaboración propia.

Como se observa, el porcentaje de estudiantes que se autoperciben como «nada» adictos (30%) es menor en un 19% respecto al porcentaje de estudiantes en el nivel bajo obtenido según el cuestionario (49%). El porcentaje de quienes se consideran «poco» adictos (60%) es mayor en un 11% a los que se encuentran en

el nivel moderado obtenido con el cuestionario (49%). Finalmente, aunque un 10% respondieron «mucho» ante la pregunta de si se considera adicto a las RSV, este porcentaje disminuyó al 2% según los resultados del cuestionario.

Finalmente, para determinar si existe relación entre el nivel obtenido mediante el cuestionario y la autopercepción, se realizó una prueba comparativa de las dos variables, obteniendo un chi cuadrado de 69.4, con una significación asintótica bilateral p=0; resultado que indica diferencias significativas entre las dos variables. Por ejemplo, del 10% de estudiantes que se autoperciben en un nivel alto de adicción, 1% está en el nivel bajo según el cuestionario, 8% en el nivel moderado y solo 2% en el alto; esto es una muestra de que, en general, se autoperciben en un nivel mayor de adicción al que arrojan los resultados del cuestionario.

4. Discusión

Los resultados en relación a la preferencia de uso de RSV muestran que los chicos prefieren tener cuenta en redes como Facebook, YouTube y Messenger, mientras que las chicas tienen mayor preferencia por Tik Tok, Instagram y Snapchat. Al respecto, Valencia-Ortiz et al. (2020) y Tejada Garitano et al. (2019), plantean que las preferencias de las chicas están relacionadas con búsqueda y descarga de música e imágenes, mientras que las preferencias masculinas van ligadas a actividades de ocio y diversión como juegos en línea y contenidos audiovisuales, lo cual se puede ver reflejado en los resultados encontrados. En contraste, Twitter no es una red ampliamente utilizada, esto debido quizá a que dicha red no ofrece actividades de interés para la población de estudio, pues su orientación suele estar encaminada mayoritariamente hacia el uso con fines políticos (Bayón, 2017).

Pasando a la frecuencia de uso por género, aunque un mayor porcentaje de chicos tienen cuentas activas en RSV como WhatsApp, YouTube, Facebook, y Messenger, el género femenino las utiliza con mayor frecuencia en lapsos mayores a dos horas diarias; en este sentido, se puede observar que el porcentaje de chicas en cada RSV es un tanto superior, resultado similar al encontrado en investigaciones realizadas por Valencia-Ortiz et al. (2020) quienes afirman que las chicas encabezan la tendencia de uso por encima de los chicos.

Otro punto de interés son las actividades realizadas por la población de estudiantes mientras están conectados a sus redes sociales; en este caso, la actividad de preferencia es chatear, seguida por ver series o películas. Estos resultados coinciden con estudios como el realizado por Álvarez et al. (2019) quienes encontraron que un alto porcentaje de estudiantes reconoce que las RSV son más afines con actividades de entretenimiento como chatear, divertirse con amigos, ver fotos, entre otras. Así mismo, las actividades de índole académico también tienen una frecuencia importante, pues la mayoría de estudiantes afirmaron que las usan siempre o casi siempre para estudiar y compartir información académica (68%); esto concuerda con lo encontrado por Delgado Vásquez et al. (2020), quienes concluyen que el estudiantado no descuida sus actividades académicas por el uso de redes sociales.

Pasando a los resultados respecto a niveles de riesgo de adicción, estos permitieron establecer que existe un porcentaje igual de estudiantes que se encuentra en nivel bajo y moderado (49%); así, estos resultados presentan ciertas diferencias con los obtenidos por Chávez Arizala y Coaquira Tuco (2022) quienes encontraron que el nivel medio es el que presenta un mayor porcentaje; así mismo, se presentan diferencias con lo expuesto por Pillaca (2019), quien encuentra superioridad en el nivel bajo, mientras Salazar-Concha et al. (2020) indican ausencia del nivel alto de adicción a RSV, situación que se diferencia levemente con el 2% encontrado en la presente investigación.

Analizando con mayor detalle, de los tres niveles propuestos por Chávez Arizala y Coaquira Tuco (2022), el 2% de los estudiantes que obtuvieron nivel alto de adicción, presentan dificultades muy marcadas en las afirmaciones propuestas; en este sentido, el hecho de que la mayoría de ponderaciones hayan quedado por encima de 2.4 significa que son indicadores de alto riesgo de adicción; por ejemplo, en el caso de «Siento gran necesidad de permanecer conectado(a) a las redes sociales. (Afirmación 1)» y «Me pongo de malhumor si no puedo conectarme a las redes sociales. (Afirmación 6)» su ponderación respectiva fue 4.0, lo que significa que los estudiantes se identifican con la frecuencia «siempre» en estos indicadores, lo que claramente representa una dificultad frente al uso de las RSV. En relación con estas problemáticas, autores como Jasso et al. (2017) han encontrado que dedicar mucho tiempo al uso de RSV implica posteriores problemas en aspectos como el cognitivo, emocional y conductual.

Pasando al nivel moderado, el 49% de la muestra obtuvo valoraciones en el rango de 32 a 64 puntos. En este caso, si bien este grupo presenta un mayor control sobre las actividades propuestas, algunas de ellas podrían resultar conflictivas. Por ejemplo: «12. Pienso en que debo controlar mi actividad de conectarme a las redes

sociales» o «4. Apenas despierto ya estoy conectándome a las redes sociales», son indicadores de que pueden estar conectados a sus redes sin sentir el paso del tiempo, pudiendo llegar a irrumpir en aspectos académicos, sociales y familiares, situación que también ha sido planteada por García del Castillo et al. (2019).

En cuanto al 49% que se ubica en el nivel bajo, se observa que prácticamente ninguna de las actividades les genera mayor riesgo, indicando que el uso de RSV es adecuado y se usan en actividades en las que pueden tener un control pleno; aspecto que puede ser aprovechado para obtener beneficios de índole académico, social o personal, tal como lo plantean Tejada Garitano et al. (2019) y Fernández-de-Arroyabe et al. (2018), quienes exploran varias alternativas de uso con resultados interesantes en diversos ámbitos.

Respecto a la pregunta de autopercepción, un 10% de los estudiantes se auto perciben «muy» adictos. Estos resultados presentan ciertas diferencias con investigaciones como las realizadas por Marín-Díaz et al. (2019) y Valencia-Ortiz et al. (2021), pues en ambos casos refieren que el estudiantado no percibe tener conductas nocivas o de mal uso por las RSV, aspecto que contrasta con Giraldo-Luque y Fernández-Rovira (2020) quienes afirman que sí autoperciben su uso de redes como excesivo. Esto último guarda similitud con la presente investigación en donde el porcentaje que se autopercibe «muy» adicto es mayor al obtenido con el instrumento (10% autopercepción, 2% según el instrumento).

Finalmente, en relación a perspectivas de líneas futuras de investigación, estos resultados pueden ser el punto de partida para estudios centrados en profundizar las problemáticas que enfrenta el estudiantado; especialmente quienes presentan riesgo de adicción alto, dado que son las personas más vulnerables ante posibles efectos negativos a nivel personal, social y académico; sin embargo, como limitaciones de la presente investigación, es importante tener en cuenta que el cuestionario aplicado no arroja un diagnóstico clínico de adicción a RSV, que permita dictaminar la ausencia o presencia de enfermedades o trastornos, pues este tipo de adicción aún no está especificado dentro de los criterios del manual diagnóstico y estadístico de trastornos mentales DSM-5 (Asociación Americana de Psiquiatría, 2014), lo cual no impide que los resultados de la aplicación del instrumento se constituyan en un insumo valioso para profundizar en esta problemática.

Agradecimientos

Esta investigación se realizó con el apoyo del programa de Licenciatura en Informática de la Universidad de Nariño y el Liceo Central de Nariño de la ciudad de Pasto, Colombia.

Contribución de los autores

Jenifer Andrea Beneth-Benavides: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Validación, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición
Luis Eduardo Paz-Saavedra: Conceptualización, Análisis formal, Metodología, Supervisión, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición

Referencias

Álvarez, E., Heredia, H., & Romero, M. F. (2019). La Generación Z y las redes sociales. Una visión desde los adolescentes en España. *Revista Espacios*, *40*(20), 9-13.

Amezcua, M. (2019). Tecnologías avanzadas e inteligencia artificial: Oportunidades para una enfermería con competencias ampliadas. *Index de Enfermeria*, *28*(3), 97-99.

Antezana Vargas, C. R., & Alfaro Urquiola, A. L. (2019). Adicción a redes sociales y satisfacción marital: Un estudio correlacional en parejas Paceñas. *Ratio, Fides Et*, *18*(18), 91-110.

Arroyo, J. M. (2018). Influencia del uso excesivo de las redes sociales en el rendimiento académico de los estudiantes del III ciclo de la facultad de Medicina Humana de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, 2017- I. *Revista Enfermeria la Vanguardia*, *6*(1), 18-24. https://doi.org/10.35563/revan.v6i1.215

Asociación Americana de Psiquiatría. (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales DSM-5* (5 Ed.). Editorial Médica Panamericana.

Baño Carvajal, A. E., & Reyes Estrada, J. L. (2020). Vulneración del derecho a la intimidad personal y familiar en las redes sociales. *Crítica y Derecho: Revista Jurídica*, *1*(1), 49-60. https://doi.org/10.29166/criticayderecho.v1i1.2447

Barnes, J. A. (1954). Class and Committees in a Norwegian Island Parish. *Human Relations*, *7*(1), 39-58. https://doi.org/10.1177/001872675400700102

Bayón, C. N. (2017). *El uso de Twitter como herramienta para la comunicación política* [Tesis de maestría no publicada]. Universidad de San Andrés.

Bustos, A. V. (2020). La tecnología: Puerta fácil de los menores a la violencia. *Familia*, *58*, 149-159. https://doi.org/10.36576/summa.131288

Cabero-Almenara, J., Pérez-Díez, J. L., & Valencia-Ortiz, R. (2020). Escala para medir la adicción de estudiantes a las redes sociales. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, *27*, 1-29. https://doi.org/10.29101/crcs.v27i83.11834

Campos Bartolo, L., Vílchez Huamán, W., & Leiva Colos, F. (2019). Relación entre adicción a las redes sociales e impulsividad en escolares de instituciones educativas públicas de Lima Este. *Revista Científica de Ciencias de la Salud*, *12*(2), 17-24. https://doi.org/10.17162/rccs.v12i2.1212

Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química, 37*(3), 160-175. https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4

Chávez Arizala, J. F., & Coaquira Tuco, C. M. (2022). Adicción a redes sociales y estrés académico en estudiantes ecuatorianos de nivel tecnológico. *Apuntes Universitarios*, *12*(3), 17-37. https://doi.org/10.17162/au.v12i3.1101

Cía, A. H. (2013). Las adicciones no relacionadas a sustancias (DSM-5, APA, 2013): Un primer paso hacia la inclusión de las Adicciones Conductuales en las clasificaciones categoriales vigentes. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, *76*(4), 210-217. https://doi.org/10.20453/rnp.v76i4.1169

Coz, J. R., Fojon, E., Heradio, R., & Cerrada, J. A. (2012). Evaluación de la privacidad de una red social virtual. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, *9*(6), 59-73. https://doi.org/10.4304/risti.9.59-73

Delgado Vásquez, A. E., Escurra Mayaute , L. M., Atalaya Pisco, M. C., Pequeña Constantino, J., Rodríguez Tarazona, R. E., & Cuzcano Zapata, A. (2020). Las habilidades sociales y el uso de redes sociales virtuales en estudiantes de quinto grado de secundaria de instituciones educativas estatales y no estatales de Lima Metropolitana. *Persona*, *23*(1), 21-43. https://doi.org/10.26439/persona2020.n023(1).4831

Echeburúa Odriozola, E. (2012). Factores de riesgo y factores de protección en la adicción a las nuevas tecnologías y redes sociales en jóvenes y adolescentes. *Revista Española de Drogodependencias*, *37*(4), 435-447.

Echeburúa Odriozola, E., & Requesens Moll, A. (2012). *Adicción a las redes sociales y nuevas tecnologías en niños y adolescentes*. Ediciones Pirámide.

Escurra Mayaute, M., & Salas Blas, E. (2014). Construcción y validación del cuestionario de adicción a redes sociales (ARS). *Liberabit. Revista de Psicología*, *20*(1), 73-91.

Estrada Araoz, E. G., & Gallegos Ramos, N. A. (2020). Funcionamiento familiar y adicción a redes sociales en estudiantes de educación secundaria de Puerto Maldonado. *Revista San Gregorio*, *40*, 101-117.

Fernández-de-Arroyabe, A., Lazkano-Arrillaga, I., & Eguskiza-Sesumaga, L. (2018). Nativos digitales: Consumo, creación y difusión de contenidos audiovisuales online. *Comunicar*, *26*, 61-69. https://doi.org/10.3916/C57-2018-06

Gaete, V. (2015). Desarrollo psicosocial del adolescente. *Revista Chilena de Pediatría, 86*(6), 436-443. https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.07.005

García del Castillo, J., García del Castillo-López, A., Dias, P., & García-Castillo, F. (2019). Conceptualización del comportamiento emocional y la adicción a las redes sociales virtuales. *Health and Addictions*, *19*(2), 173-181. https://doi.org/10.21134/haaj.v19i2.525

Giraldo-Luque, S., & Fernández-Rovira, C. (2020). Redes sociales y consumo digital en jóvenes universitarios: Economía de la atención y oligopolios de la comunicación en el siglo XXI. *Profesional de la información*, *29*(5), 1-15. https://doi.org/10.3145/epi.2020.sep.28

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill/Interamericana.

Jasso, J. L., López, F., & Díaz, R. (2017). Conducta adictiva a las redes sociales y su relación con el uso problemático del móvil. *Acta de Investigación Psicológica*, *7*, 2832-2838. https://doi.org/10.1016/j.aipprr.2017.11.001

Marín-Díaz, V., Vega-Gea, E., & Passey, D. (2019). Determinación del uso problemático de las redes sociales por estudiantes universitarios. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *22*(2), 135-152. https://doi.org/10.5944/ried.22.2.23289

Mendoza, M. L., Zambrano, Y. A., Bermúdez, L. R., & Viteri, Y. A. (2021). Nuevas tecnologías y nuevos paradigmas: El enfoque de las nuevas sociedades tecnológicas. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, *25*(110), 155-163. https://doi.org/10.47460/uct.v25i110.487

Núñez, G. L., Tejada, S. L., & Zambrano, J. L. (2022). El uso del computador, las redes sociales y las nuevas tecnologías en los adolescentes y jóvenes: Un análisis desde su perspectiva. *Revista Universidad y Sociedad*, *14*(S3), 465-475.

Pacheco Amigo, B. M., Lozano Gutiérrez, J. L., & González Ríos, N. (2018). Diagnóstico de utilización de Redes sociales: Factor de riesgo para el adolescente. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, *8*(16). https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.334

Pantaleón Pinto, D. M. (2021). TIC un medio de comunicación entre migrantes venezolanos en Colombia y sus familiares en Venezuela. *Revista de Investigación*, *45*(102), 240-264.

Pillaca, J. (2019). Adicción a redes sociales y autoestima en estudiantes de una universidad privada de Lima Sur. *Acta Psicológica Peruana, 4*(2), 356-378.

Pinos Paredes, N. Y., Hurtado, S. N., & Rebolledo Malpica, D. M. (2018). Uso del teléfono celular como distractor del proceso enseñanza – aprendizaje. *Enfermería Investiga*, *3*(4), 166-171. https://doi.org/10.29033/ei.v3n4.2018.02

Portillo Fernández, J. (2016). Planos de realidad, identidad virtual y discurso en las redes sociales. *Logos: Revista de Lingüística, Filosofía y Literatura*, *26*(1), 51-63. https://doi.org/10.15443/rl2604

Quintana, S. I. (2021). Retos virales en redes sociales. Facebook y Tiktok como plataformas de expresión-constitución del falso self. *Revista Letra en Psicoanálisis (LeP)*, *7*(1).

Rodado, Z., Jurado, L., & Giraldo, S. (2021). Uso excesivo de las redes sociales en adolescentes de 10 a 14 años un riesgo latente de la nueva era. *Revista Estudios Psicológicos, 1*(1), 33-49. https://doi.org/10.35622/j.rep.2021.01.003

Salazar-Concha, C., Barros, D., & Quinn, J. (2020). Comportamiento en el uso de redes sociales en estudiantes de enseñanza media: Los casos de un colegio particular y uno público en Chile. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, *E42*, 506-519.

Tejada Garitano, E., Castaño Garrido, C., & Romero Andonegui, A. (2019). Los hábitos de uso en las redes sociales de los preadolescentes. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *22*(2), 119-133. https://doi.org/10.5944/ried.22.2.23245

Tejada Rivera, M. C., & Méndez Gárate, A. M. (2018). Uso de Facebook y niveles de autoestima en adolescentes de secundaria. *Revista de Psicología*, *8(*2), 47-60.

Valencia-Ortiz, R., Cabero Almenara, J., & Garay Ruiz, U. (2020). Influencia del género en el uso de las redes sociales por el alumnado y profesorado. *Campus Virtuales*, *9*(1), 29-39.

Valencia-Ortiz, R., Cabero-Almenara, J., & Garay Ruiz, U. (2021). Adicción a las redes sociales en estudiantes mexicanos: Percepciones de discentes y docentes. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, *19*, 103-122. https://doi.org/10.51302/tce.2021.616

Varona-Fernández, M. N., & Hermosa-Peña, R. (2020). Percepción y uso de las redes sociales por adolescentes. *RqR Enfermería Comunitaria*, *8*(2), 18-30.

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

The Use of VR/AR End-User Development Tools in Education: Lessons Learned and Future Challenges

El uso de herramientas de desarrollo de RV/RA en la educación: lecciones aprendidas y retos futuros

Anke Berns[a(*)], Telmo Zarraonandia[b], Teresa Onorati[c], Paloma Díaz[d], Juan-Manuel Dodero[e]

[a] *Departamento de Filología Francesa e Inglesa, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain*
https://orcid.org/0000-0003-3129-7209 anke.berns@uca.es
[b] *Departamento de Informática, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Spain*
https://orcid.org/0000-0003-3574-0984 tzarraon@inf.uc3m.es
[c] *Departamento de Informática, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Spain*
https://orcid.org/0000-0002-3154-249X tonorati@inf.uc3m.es
[d] *Departamento de Informática, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, Spain*
https://orcid.org/0000-0002-9493-7739 pdp@inf.uc3m.es
[e] *Departamento de Ingeniería Informática, Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain*
https://orcid.org/0000-0002-4105-5679 juanma.dodero@uca.es

ARTICLE INFO

Keywords
teacher training, digital literacy, new technology, educational trends

ABSTRACT

This paper focuses on the use and implementation of end-user development (EUD) tools in teaching, with a special focus on creating virtual reality (VR)- and augmented reality (AR)-based teaching and learning resources. The study sheds light on the current trends in teachers' usage, needs, and attitudes towards VR/AR technology, as well as the aspects software designers should consider when developing teachers' VR/AR authoring tools. We surveyed 210 teachers specialising in various subject areas and with different levels of education. We analysed the collected responses, reviewed the existing literature and drew upon our experience as software designers and teacher trainers to identify teachers' readiness and willingness to integrate VR/AR technologies into their teaching and help future software developers create user-friendly and effective VR/AR authoring tools aligned with teachers' interests and needs. The study results indicate that teachers seldom use VR/AR technologies, highlighting the need for increased teacher training in VR/AR technologies and EUD tools and stronger collaboration among software developers, teachers and learners.

Palabras claves
formación de docentes, alfabetización digital, nuevas tecnologías, tendencia educacional

RESUMEN

El presente trabajo aborda el uso e implementación de herramientas de desarrollo para usuarios finales en la enseñanza, con un énfasis especial en aquellas enfocadas a la creación de recursos de realidad virtual y aumentada (RV/RA). Con el fin de identificar tendencias, necesidades y actitudes del profesorado hacia estas tecnologías, junto con los aspectos más relevantes para desarrolladores de software de este tipo de artefactos, se llevó a cabo una encuesta entre 210 profesores de diversas áreas y niveles educativos. Además de evaluar la disposición del profesorado actual para integrar tecnologías de RV y RA en su práctica docente, el estudio buscaba recopilar información que pudiera orientar a futuros desarrolladores en la creación de herramientas de desarrollo útiles, eficaces y de fáciles de usar. Los resultados derivados del análisis de las respuestas recopiladas, combinados con la revisión de la literatura pertinente y la experiencia acumulada por los autores del estudio en calidad de desarrolladores de software y educadores, ponen de manifiesto un escaso uso de estas tecnologías entre el cuerpo docente actual. Esto subraya la necesidad de una mayor capacitación en el empleo de tecnologías de RV y RA, así como en el manejo de herramientas de desarrollo para usuario final asociadas. Además, evidencia la importancia de una mayor colaboración entre desarrolladores, docentes y estudiantes.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 02/02/2024. Revisado, 08/05/2024. Aceptado, 21/03/2025. Publicado, 16/06/2025.
e-ISSN: 2444-8729

1. Introduction

The proliferation of software applications and emerging technologies, such as virtual reality (VR) and augmented reality (AR), presents new opportunities and challenges in education (González-Izard et al, 2018; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Jesionkowska et al., 2020; Özçelik et al., 2022). VR and AR offer unique opportunities for the creation of enriched learning environments that are difficult to replicate using traditional teaching methods and promote exploratory and action- and situation-based learning (Christou et al., 2025; Jesionkowska et al., 2020; Parmaxi, 2020; Romano et al., 2023). Still, despite the increasing availability of VR/AR applications, many are closed software programmes that limit teachers' ability to customise content (Berns & Reyes-Sánchez, 2021; Romano et al., 2020). As a result, efforts have been made to empower teachers as technology designers through end-user development (EUD) tools (Dunleavy & Dede, 2014; Godwin-Jones, 2015; Gruber et al., 2024; Jesionkowska et al., 2020; Mota et al., 2018; Romano et al., 2020).

Despite progress, challenges remain in enabling teachers to effectively design VR/AR resources, as this requires user-friendly EUD tools (Chamusca et al., 2023; Perifanou et al., 2023; Yigitbas et al., 2023). This study aims to identify these challenges through a literature review and a survey of Spanish educators, examining both their struggles with VR/AR integration and the hurdles software developers face in creating user-friendly EUD tools.

2. Related Works

In recent years, several initiatives have emerged to develop VR/AR EUD tools tailored to educators lacking programming expertise. Given the widespread availability of mobile phones, many of these tools prioritise simplifying the creation of marker-based AR materials that students can easily access on their mobile devices (Liu et al., 2022; Lytridis et al., 2018; Romano et al., 2020). Some tools, however, go beyond marker-based approaches by leveraging platforms like ARKit for iOS and ARCore for Android to support markerless AR experiences (Kim et al., 2024). Others take advantage of the advanced capabilities of cutting-edge head-mounted AR displays, such as the HoloLens (Rajaram & Nebeling, 2022). Additionally, researchers have explored tools for authoring VR educational content (Yigitbas et al., 2023) and even hybrid solutions that enable content creation for VR or AR environments (Alex & Alaa, 2024).

Evaluating these tools has highlighted both the potential of the technology to enhance students' learning experience and the challenges and barriers to making it accessible to educators. Research has shown that teachers generally respond positively to using EUD tools, with their attitudes towards ICT significantly influencing their evaluations. At the same time, it has emphasised the importance of user-friendly interfaces to help educators create educational content (Alex & Alaa; Kim et al., 2024; Romano et al., 2020). Several studies have also underlined the need for additional training sessions to help teachers familiarise themselves with these tools and fully leverage their potential in designing effective and student-aligned learning resources (Dengel et al., 2022; Quan, 2017). Additionally, researchers have emphasised the importance of developing more versatile EUD tools with a broader range of functionalities to support diverse educational needs better (Romano et al., 2020).

Despite these studies' valuable contributions, they focus primarily on the experiences of a specific group of teachers and students, using specific tools and focusing mainly on motivation and learning (Christou et al., 2025; Dengel et al., 2022; Gruber et al., 2024; Kaplan-Rakowski et al., 2023; Luo et al., 2024; Parmaxi, 2020; Parmaxi & Demetriou, 2020; Romano et al., 2020; Valero-Franco & Berns, 2023). There remains a lack of longitudinal studies examining these technologies' long-term effect in education. Further research is also needed to explore broader factors, such as educators' predispositions and potential biases towards VR/AR technologies, to better understand their adoption and effectiveness.

3. Research

3.1. Purpose of the Study and Research Questions

This study aims to (1) gain insight into current trends in teachers' use of technology and interest in specific learning approaches and tools, (2) understand teachers' usage, needs and attitudes towards VR/AR technologies,

and (3) identify the aspects software designers should consider when developing VR/AR authoring tools for teachers with no experience in programming so that they can easily create VR/AR resources in line with their teaching needs. The specific research questions (RQs) guiding our study are:

RQ1: What digital tools do teachers use for teaching and creating teaching–learning resources?
RQ2: In which learning approaches and tools are teachers most interested?
RQ3: How familiar are teachers with VR/AR technologies?
RQ4: How do teachers describe their experiences with VR/AR technologies?
RQ5: What are teachers' attitudes towards VR/AR technologies?
RQ6: What are teachers' needs when using such technologies for teaching?
RQ7: What are teachers' attitudes towards using and training in VR/AR authoring tools to create resources aligned with their teaching needs?
RQ8: What are the challenges software developers face when designing VR/AR authoring tools for educators?

The answers to these RQs will help lay the groundwork for a broader research project aimed at supporting teachers in developing their own VR/AR environments and resources aligned with their teaching needs.

3.2. Research Methodology and Data-Collection Tools

The authors employed a quantitative research approach based on a survey (see Appendix) distributed to Spanish primary and secondary schools and universities. The survey was sent via email, social networks and teaching associations to reach a broad community of educators, inviting teachers and researchers from various fields (science, technology, engineering, arts and humanities and mathematics [STEAM]). It was designed following the model proposed by Nistor et al. (2018). To ensure that the questions were detailed enough to provide accurate information on the items being investigated, the survey was validated by three external experts and researchers. Next, it underwent a conventional pre-testing phase. Teachers from different teaching areas and backgrounds were asked to fill out the questionnaire and provide feedback on its content, including the clarity of the language used and the conciseness of the questions. Feedback was collected via individual interviews with the testers, then incorporated into a subsequent version of the questionnaire. The final questionnaire comprised 11 closed questions and 12 closed-ended questions, all of which required an answer and one optional open-ended question allowed respondents to provide more detailed information on their use of VR/AR apps. The questions were organised under different section headings specifying the topic of interest covered (see Table 1).

Table 1. Structure of the Teacher Survey.

Section Heading	**Question Items**	**Data Obtained**
1. Personal background information	Q1–Q6 [Compulsory]	Gender, age, country of teaching, years of teaching experience, subject and level of teaching
2. Use of digital resources and devices for teaching	Q7–Q9 [Compulsory]	General trends in using digital tools for teaching and creating teaching–learning resources and types of digital devices used for teaching
3. Learning approaches	Q10 [Compulsory]	Learning approaches in which teachers are most interested
4. Your need for tools to enhance the teaching–learning process	Q11 [Compulsory]	Teachers' needs for tools
5. Your expertise in VR/AR	Q12–Q13 [Compulsory] Q14–16	Teachers' knowledge of VR/AR
6. Your opinions and attitudes towards VR/AR	Q17–Q20 [Compulsory]	Perceived usefulness of VR/AR for supporting the teaching–learning process
7. Interest in and needs for VR/AR training	Q21–Q24 [Compulsory]	Teachers' training needs and interests

The question types and scales for the analysis are briefly described below. The full questionnaire is included in the Appendix.

3.2.1. Question Types and Scales for the Analysis

The required responses varied since the survey included different types of questions (closed, closed-ended and open-ended). Answers were provided as single or multiple-choice options, five-point Likert ratings or open-ended responses.

3.3. Sample Description

3.3.1. Number and Profiles of Survey Participants: Age, Gender and Teaching Experience

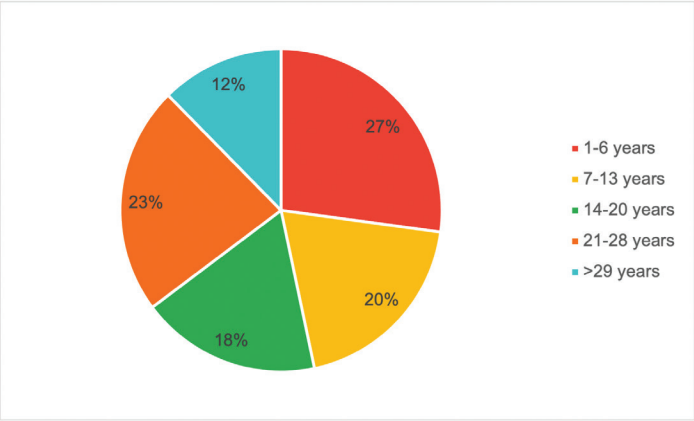
The research was conducted among a random sample of 210 teachers from Spain. Survey participants were between 23 and 65 years of age; 64.76% were women, 34.29% were men, and 0.95% did not disclose their gender. Table 2 displays the distribution of participants based on their STEAM teaching areas. To collect feedback from teachers without information technology (IT) backgrounds, the survey was mostly distributed among educators in the arts and humanities (60.35%), followed by science and technology teachers (19.82% and 13.66%, respectively). Smaller percentages of mathematics (3.96%) and engineering (2.20%) teachers also participated. The subjects' teaching areas span the full range of formal education, including early childhood, primary (15.71%), secondary (50.47%), higher education (24.76%) and vocational training (9.04%).

Table 2. Participants' Teaching Areas, Organised by STEAM Area.

Teaching Area	**Percentage of Participants**
Science	19.82%
Technology	13.66%
Engineering	2.20%
Arts and Humanities	60.35%
Mathematics	3.96%

Participants' teaching experience ranged from less than seven years to 29 years (see Figure 1). The rate of participation in the survey was similar among teachers with 7–28 years of experience (20% for 7–13 years, 18% for 14–20 years and 23% for 21–28 years), slightly higher among novice teachers (27% for 1–6 years) and lower among senior teachers (12% for more than 29 years; Q1–Q6).

Figure 1. Participants' Teaching Experience (in Years).

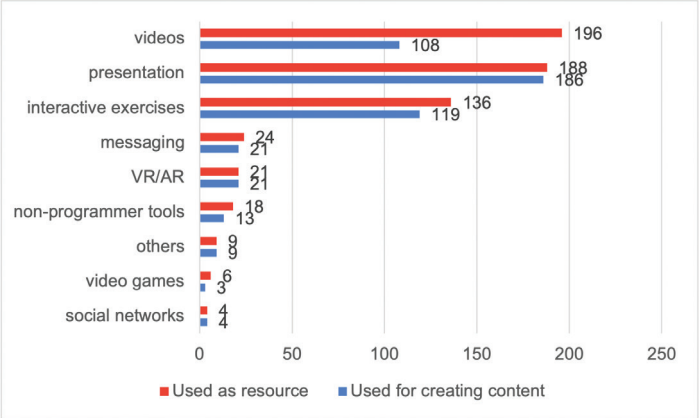


4. Analysis

4.1. Use of Digital Resources

Q8 and Q9 aimed to collect information about the types of digital resources and software most frequently used by teachers to create their educational materials (RQ1; Figure 2). As expected, most teachers reported using digital resources based on videos (196 out of 210 responses) and presentation software (188; e.g., PowerPoint and Google Slides). Interactive exercises and gamified questionnaires were the third most frequently used type of resource. The type of software employed for these activities varied, including Kahoot, Hot Potatoes, JClic, Quizlet, Baamboozle, Padlet, Flippity or H5P. In this case, 184 of the teachers surveyed reported using these tools to create teaching materials. To a lesser extent, participants also mentioned using messaging apps (24), such as WhatsApp, Telegram and Facetime; VR/AR apps (21); and non-programmer tools, such as Scratch, CoSpaces or AppInventor (18). Leaving aside other subject-specific software (9), the least frequently used resources were video games (6) and social networks (4; e.g., TikTok and Instagram). In addition, only around half of the teachers used videos or video games created by themselves and aligned to their teaching needs (Q8). For the other resources mentioned, the percentage of teachers who both used and created their own materials remained consistent, dropping significantly only for non-programmer tools (decreasing from 18 to 13 responses).

Figure 2. Teachers' Use of Digital Resources for Teaching and Creating Teaching Resources.



4.2. Learning Approaches

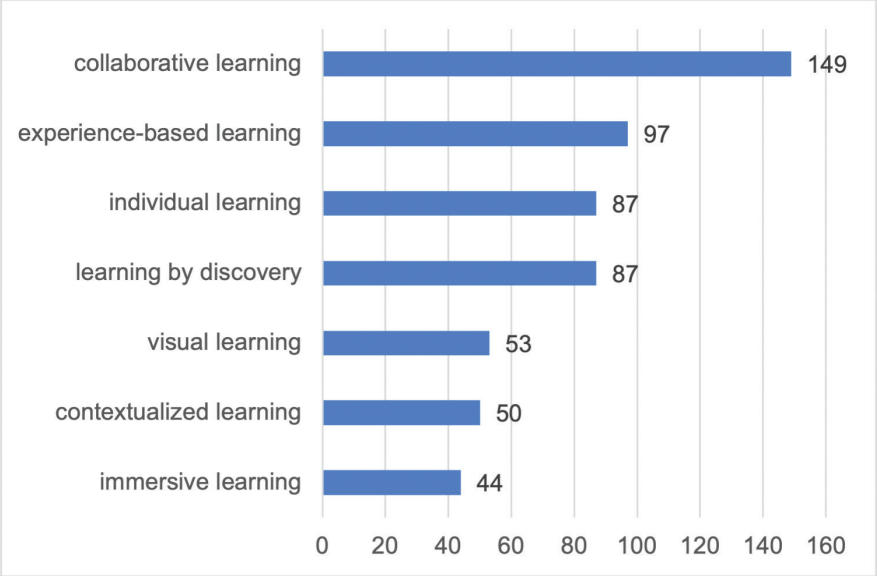
When participants were asked to identify up to three learning approaches or strategies (Q10) of greatest interest to them (RQ2), the most frequently selected were collaborative learning (149 out of 210 responses), followed by experience-based learning (97 responses), discovery learning (87) and individual learning (87). By contrast, visual learning (53 responses), contextualised learning (50), and immersive learning (44) approaches were among the least selected (see Figure 3).

Finally, an analysis of educators' needs across teaching areas revealed no significant differences among them (Table 3).

Table 3. The Three Most Demanded Learning Approaches Per Area.

Arts and Humanities	**Collaborative learning** (25.39%), **experience-based learning** (16.49%) and **individual learning** (16.23%)
Engineering	**Experience-based learning** (30.77%), **collaborative learning** (23.08%) and **visual learning** (15.38%)
Mathematics	**Individual learning** (31.82%), **collaborative learning** (23.08%) and **experience-based learning** (18.18%)
Science	**Collaborative learning** (23.39%), **experience-based learning** (18.18%) and **discovery learning** (13.64%)
Technology	**Collaborative learning** (29.49%), **experience-based learning** (19.23%) and **individual learning** (17.95%)

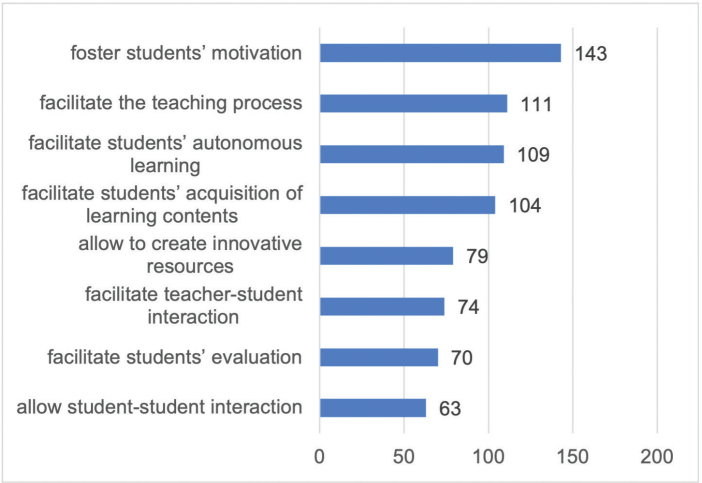
Figure 3. Frequency of Demanded Teaching Approaches Across All STEAM Areas.



4.3. Teachers' Needs Regarding Educational Tools

To better understand teachers' needs and preferences for teaching and learning tools, the survey participants were asked to specify up to five types of educational tools in which they were most interested (Q11). The study found that teachers' primary concern was to find tools that engage students in the learning process (143 out of 210 responses), followed by the need to find tools that facilitate the teaching process (111) and autonomous learning process (109), as well as the acquisition of learning content (104). These needs are clearly framed within an educational context characterised by factors like increasing diversity within classrooms (Carvalho et al., 2019), a lack of motivation among a large portion of the student population (Padilla Piernas et al., 2024) and a growing attention deficit among students (Fabiano et al., 2024). These factors reinforce the need to continuously review and adapt teaching–learning resources to align with students' profiles and specific needs. In this context, it is not surprising that teachers are much less interested in tools that allow them to create innovative teaching and learning resources (79 responses), facilitate teacher–student interaction (74) or support student assessment (70; see Figure 4).

Figure 4. Teachers' Needs for Educational Tools.



Notably, despite their interest in pedagogical approaches like collaborative learning (see Figure 3), teachers showed much less interest in tools that facilitate student–student interaction (63). Table 4 presents the three most requested tools in each area, based on an analysis of teachers' needs.

Table 4. The Three Most Frequently Demanded Tools Per Area.

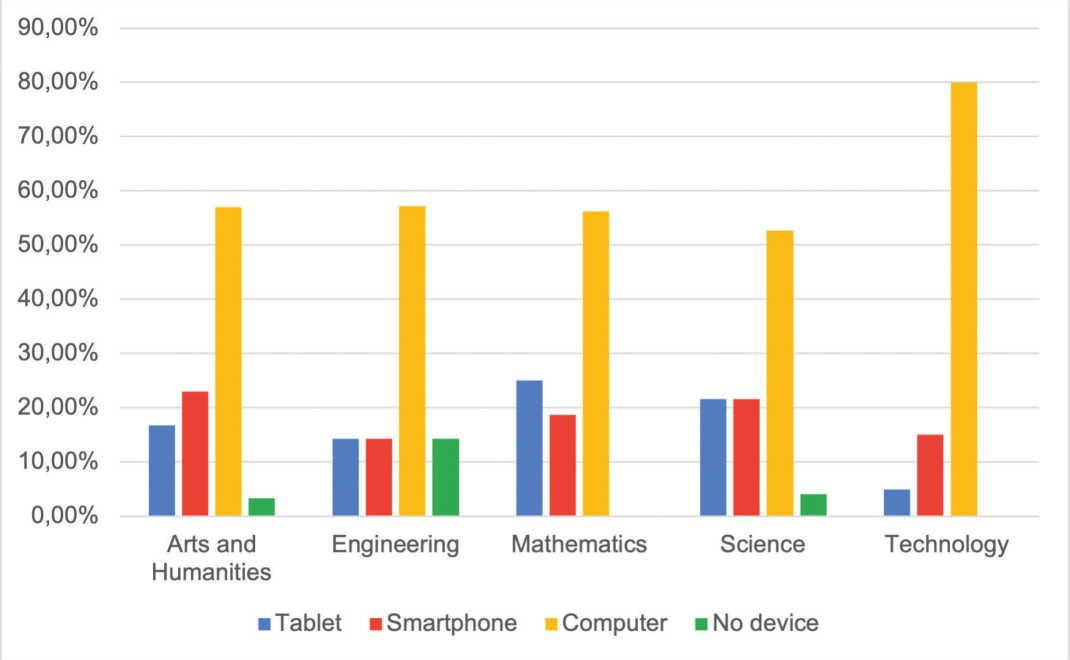
Arts and Humanities	**Tools that foster students' motivation** (20%) and **facilitate** the **acquisition of learning content** (14.65%) and **the teaching process** (14.46%)
Engineering	**Tools that facilitate students' autonomous learning** (22.22%), **facilitate teacher–student interactions** (67%), **facilitate students' evaluation, allow student–student interaction**, **facilitate students' acquisition of learning content** and **foster students' motivation** (11.11% each)
Mathematics	**Tools that facilitate students' autonomous learning** (25%), **foster students' motivation** (20%) and **facilitate students' evaluation** (17.86%)
Science	**Tools that foster students' motivation** (20.25%), **facilitate the teaching process** (17.09%) and **facilitate teacher–student interaction** (12.66%)
Technology	**Tools that facilitate students' autonomous learning** (16%) and **the teaching process (14%)** and **foster students' motivation** (13%)

4.4. Use of Digital Devices for Teaching

The analysis of teachers' use of digital devices in class (Q7) revealed that computers were the most frequently used tool (188 out of 210 responses), while significantly fewer reported using smartphones and tablets (70 and 52, respectively). The proportion of teachers using no electronic devices in the classroom is remarkably low (10 responses).

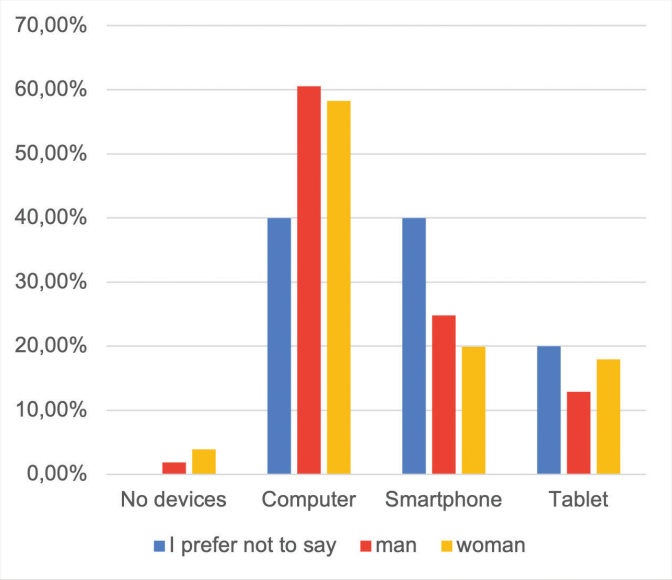
A more detailed examination of teachers' profiles (e.g., by teaching area, gender and age) reveals that technology and mathematics are the areas where electronic devices are used the most, with all teachers in these fields reporting the use of at least one device. The analysis indicates, however, that computers remain the most widely used electronic device, regardless of teaching discipline (Figure 5).

Figure 5. Electronic Devices Used Per Area.



When examining factors like gender or age, the percentage of teachers using computers and smartphones with their students is slightly higher among men (60.55% and 24.77%, respectively) compared to women (58.25% and 19.9%, respectively) and, to some extent, those who did not specify their gender (40% and 60%). Individuals who did not disclose their gender (20%) and women (17.96%) tended to use tablets more frequently than men (12.84%).

Figure 6. Use of Electronic Devices According to Gender.

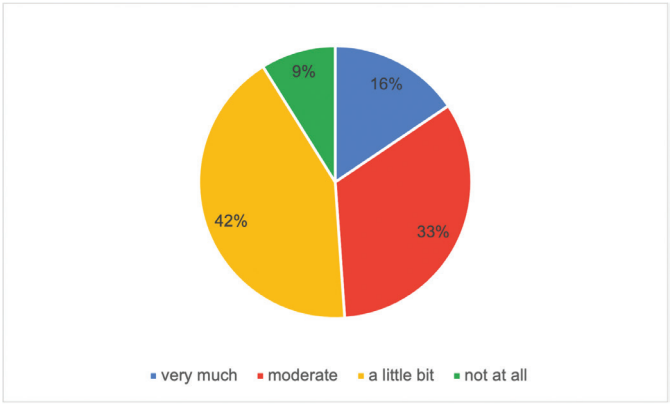


Finally, the use of electronic devices is generally much higher among younger teachers (100% among those aged 23–29) than teachers aged 30–51 years and older, where usage gradually decreases from around 97% to 95%. Although trends and preferences remain similar across all age groups, the percentage of those who use no electronic devices in the classroom increases notably with age, rising from 2.52% to 4.23%.

4.5. Teachers' Expertise in VR and AR Technologies

When analysing teachers' expertise (RQ3) in VR and AR technologies (Q12–Q13), less than half of the surveyed teachers (49%) considered themselves knowledgeable in this area, rating their knowledge as either very high (16%) or moderate (33%). Meanwhile, 42% admitted to having little knowledge of these technologies, and 9% reported having no knowledge at all (see Figure 7).

Figure 7. Teachers' Knowledge of VR and AR Technologies.

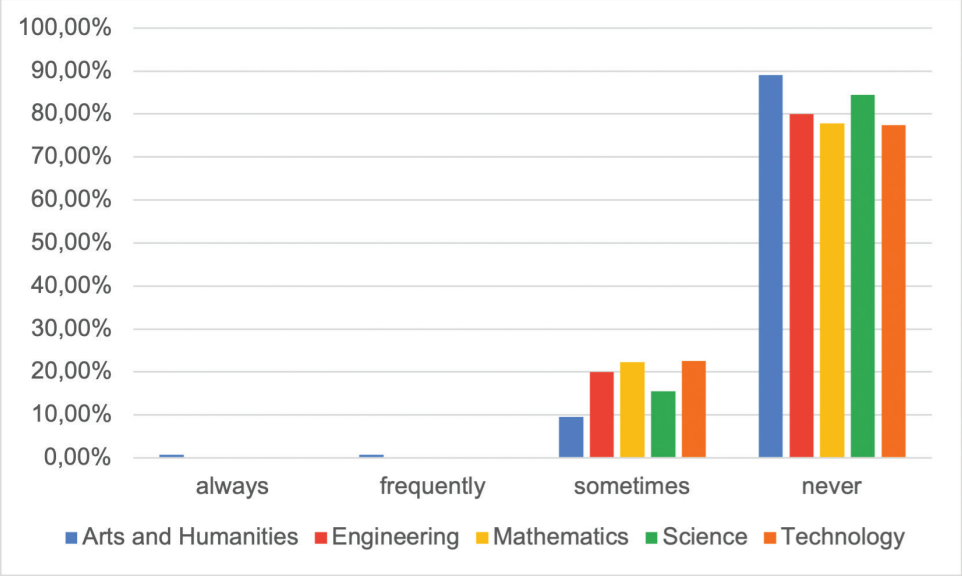


These findings are reinforced by data on teachers' use of VR/AR in their daily lives. Only 22% of the teachers surveyed reported using VR/AR regularly, while 25% report using it rarely and 53% report never having used it. Regarding the VR/AR applications they had used, the most frequently mentioned were commercial software (e.g., Google Arts & Culture, Lens [AR] and IKEA Place) or games (Pokémon Go, Wii and Nintendo).

4.6. Teachers' Experience with VR/AR Technologies for Teaching

An analysis of teachers' experiences with VR/AR suggests that these technologies remain rarely used in the classroom (Q14–Q15); 86.67% of survey participants reported never having used them, 12% had used them occasionally and only 0.96% had used them very often or often (0.48% each). An analysis of participants' responses by teaching area and age reveals that VR/AR technology is most used in fields like technology (22.58%), mathematics (22.22%) and engineering (20%) and is significantly less frequent in fields like science (15.56%) and arts and humanities (9.49%; see Figure 8).

Figure 8. Use of VR/AR Technologies in Teaching, by Field of Study.

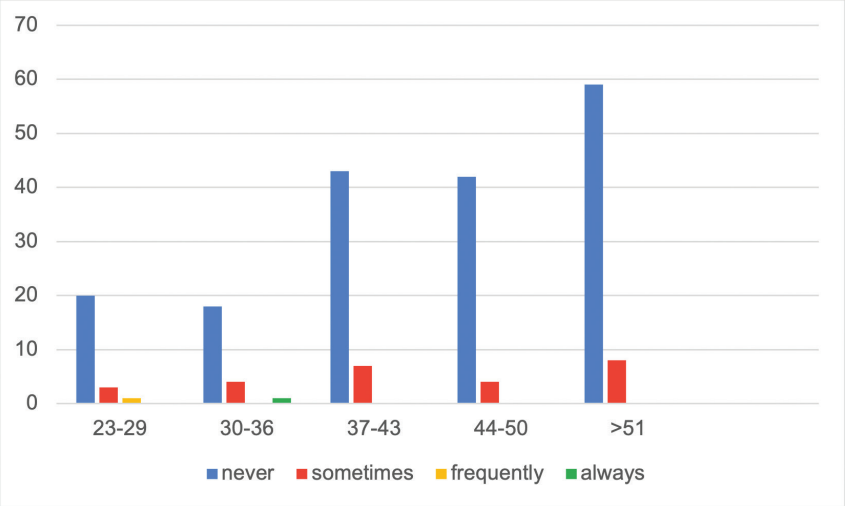


Hence, the data suggest that despite the increasing demands for digital innovation and teacher training in digital literacy (Gutiérrez-Castillo, 2021), the integration of cutting-edge technologies like VR/AR seems to take place at a much lower pace in education than in other areas of society. This is particularly noteworthy given the enormous potential of such technologies to create immersive and interactive experiences that can enhance understanding of abstract and complex concepts in fields like engineering, science and mathematics or allow the exploration of historical and cultural environments that are usually impossible to recreate in traditional classroom settings for teaching the arts and humanities (Christou et al., 2025; Jesionkowska et al., 2020).

4.6.1. Teachers' Use of VR/AR Technologies by Age

When examining teachers' ages, the results suggest that younger teachers (aged 23–36) are more likely to integrate VR/AR technologies (16.67% and 21.74%, respectively) into their teaching compared to senior teachers, whose usage ranged from 8.7% to 11.94%. The use of these technologies, however, was generally very low across all ages (see Figure 9).

Figure 9. Teachers' Use of VR/AR Technologies by Age.



4.6.2. VR/AR Apps Used for Teaching

When asked about the VR/AR applications they use, some teachers mentioned using Google's VR Tour Creator and Quest's Cities for VR to explore different cultures. For AR, Quiver, Roar and Aurasma were cited as tools for visualising and understanding concepts, as well as for motivating students through an innovative learning approach. Many teachers, however, referenced what appeared to be non-commercial software, likely developed by universities or research institutions. In some cases, the apps were used in class to develop listening and speaking skills in foreign languages. Additionally, some teachers could not remember which software they used, suggesting that its use was sporadic. In general, the low number of responses (19 out of 210 teachers) indicate a very limited use of VR/AR applications.

4.6.3. Teachers' Opinions and Attitudes towards VR/AR

Despite the still cautious adoption of VR/AR technologies in teaching (12.76% of the teachers surveyed), the survey data (Q17) suggest that those who had incorporated these technologies into their classes agree on their positive effects in supporting students' learning processes (RQ4). In this context, the four most frequently mentioned positive aspects were the potential to: increase students' motivation (19 responses), visualise and assimilate content (18), promote the exploration of environments often not accessible in conventional teaching/learning environments (16), and—in the case of AR—combine the real and virtual worlds (16; Table 5). Interestingly, teachers saw less potential in VR/AR for facilitating autonomous learning and learning in general (7 and 11 responses, respectively) or allowing learners to visualise and understand abstract content (6).

Table 5. Positive Aspects of AR and VR Technologies for Teaching.

Increase students' motivation	19
Allow the visualisation and assimilation of content	18
Allow the exploration of environments that are often not accessible	16
Combine the real world with the virtual world	16
Facilitate learning	11
Facilitate autonomous learning	7
Allow the visualisation and understanding of abstract content and elements	6

When asked about the negative aspects of this technology (Q18), teacher participants mentioned difficulties in managing the implementation of VR/AR resources for large courses (15 responses), the lack of technological resources (12), the difficulty of its use (11) and problems in terms of software compatibility (10). Issues that raised fewer concerns were the lack of evaluation tools (7), the lack of feedback to guide students during their learning processes (5) and difficulties in implementing the VR/AR technologies without information and communications technology (ICT) support (4; see Table 6).

Table 6. Negative Aspects of VR and AR Technologies for Teaching.

Difficult to implement for large courses	15
Lack of technological resources	12
Not very intuitive/easy to use	11
The software used is not always compatible with students' devices	10
Lack of evaluation tools	7
Lack of feedback to guide students during their learning processes	5
Difficult to implement without ICT support	4
None	2

The feedback from the teachers surveyed reflects, on the one hand, the educational and motivational potential that numerous studies have identified in VR/AR technologies to enhance learning (Akaçyir & Akaçyir, 2017; Christou et al., 2025; Jesionkowska et al., 2020; Luo et al., 2024; Parmaxi, 2020; Parmaxi & Demetriou, 2020; Romano et al., 2020) and, on the other hand, the common concerns teachers have when implementing new technologies. These concerns are primarily related to the fact that most schools still lack the physical and financial resources to implement state-of-the-art technology or provide teachers with the pedagogical and technological training for its successful integration (Jesionkowska et al., 2020; Kaplan-Rakowski et al., 2023; Romano et al., 2023).

4.6.4. Teachers' Suggestions for the Development of VR/AR Teaching–Learning Tools

When teachers were asked to provide their feedback and suggestions for possible improvements in the VR/AR apps they had used for their teaching (Q19), the most frequently mentioned aspects were the need to ensure compatibility with multiple operating systems (e.g., Android, iPhone; 14 responses), the need to facilitate their use and functioning (13) and the availability of a wider range of resources (12). Other aspects requiring improvement were students' feedback mechanisms (10), support for collaborative activities (10), students' evaluations (9) and the provision of more learning content (9). One teacher noted the need to ensure that apps did not require an internet connection but instead could be used offline (Table 7). These requirements also coincide with those expressed by the learners of a case study conducted by Valero-Franco & Berns (2023).

Table 7. Suggestions to Introduce VR/AR in Education.

Improve its compatibility with other operating systems (e.g., Android, iPhone)	14
Facilitate its use and functioning	13
Provide more resources (e.g., audio, video)	12
Provide students with feedback	10
Allow collaborative activities	10
Provide more learning content	9
Allow students' evaluation	9
Other	1

4.6.5. Teachers' Attitudes Towards VR/AR Technologies

The survey also aimed to gain insight into teachers' general attitudes towards VR and AR technologies (RQ5). In this sense, feedback from teachers who had never used VR/AR technologies in their teaching was especially valuable. A look at teachers' feedback (Q20) suggests that the reasons for not having used such technologies were primarily the lack of familiarity with the technology (98 out of 210 responses), followed by the fact that teachers either did not know how to use it in their teaching (74) or simply did not know of any VR/AR apps related to their teaching subjects (65). Notably, however, fewer teachers than initially expected cited reasons like a lack of time or a fear of an increased workload. Only 30 teachers mentioned a lack of time, while another 19 expressed their reluctance to use technologies with which they were unfamiliar. Finally, seven teachers reported not identifying any added value for their teaching (see Table 8).

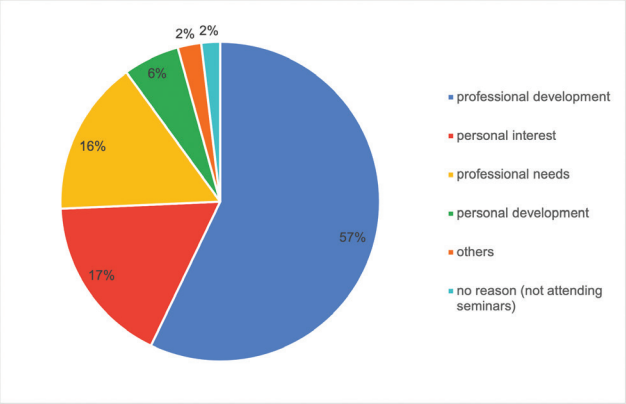
Table 8. Reasons for Not Using VR/AR Technologies.

I am not familiar with this kind of technology.	98
I can't see how to use it in my teaching.	74
I don't know of any VR/AR apps related to my teaching content.	65
I am usually very busy and afraid of a greater workload.	30
I am afraid of using technologies I am not familiar with.	19
VR/AR technologies do not offer any added value for my teaching.	7

4.6.6. Teachers' Interest in Receiving Training in the Use of VR/AR

Based on the feedback given so far and with the aim of identifying teachers' general attitudes towards VR/AR technologies (RQ6), the survey participants were asked whether they would attend a teacher training course on the topic (Q21–Q22). The results indicated a high interest in such training courses (Figure 10).

Figure 10. Reasons for and Attitudes Towards Participating in VR/AR Training Courses.

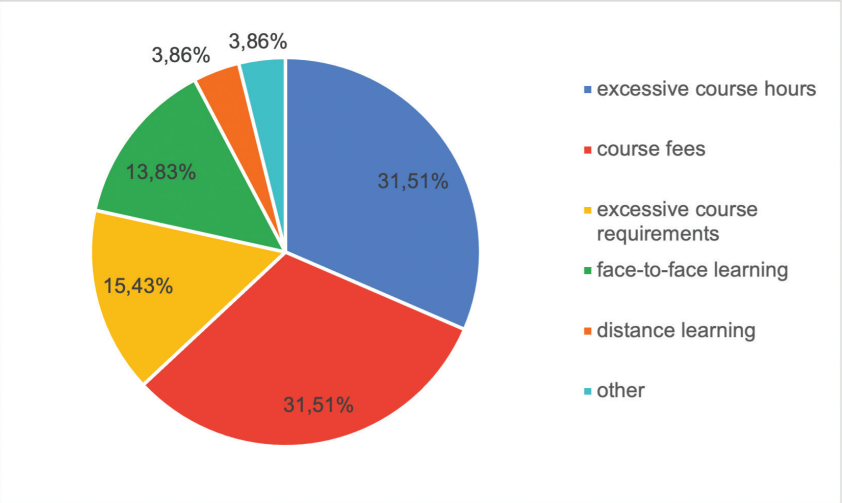


Specifically, 98% of teachers confirmed that they would attend such a course, either for professional development (57%) and needs (16%; i.e., curricula requirements or mandatory or teacher training), personal interest (17%), development (6%) or other reasons (16%). Overall, only a very small percentage of the teacher participants (2%) showed no interest in attending any training in VR/AR technologies.

Despite teachers' generally high interest in receiving training in the use of VR/AR technologies, the data from the survey also indicate that their willingness to attend such training courses might be negatively affected by factors inherent to any course, such as excessive course hours (31.51%), high course fees (31.51%), excessive course requirements (15.43%) or the course format. In this case, teachers preferred distance learning to

face-to-face courses, with 13.83% specifying that face-to-face courses could prevent them from attending a training course on VR/AR technologies. By contrast, only 3.86% considered distance learning to be a reason not to attend such courses (Figure 11).

Figure 11. Reasons for Not Being Willing to Attend VR/AR Training Courses.

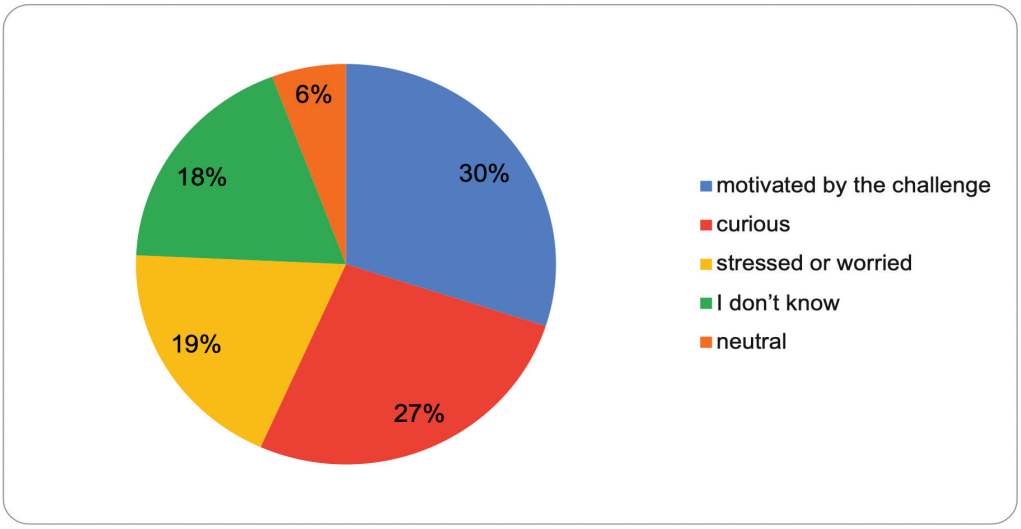


4.6.7. Teachers' Interest in Receiving Training in the Development of VR/AR Teaching–Learning Resources

When analysing teachers' attitudes and willingness to enrol in training courses that cover not only VR/AR technologies but also the use of EUD tools for creating personalised VR/AR teaching and learning resources (Q23; RQ6), 48% expressed strong or very strong interest in such training (33% and 15%, respectively). At the same time, however, many teachers appeared sceptical about using or reluctant to use VR/AR technologies in their teaching; 29% expressed moderate interest, followed by 17% who had little interest and 6% who had no interest.

In addition, when asked about their interest in creating VR/AR resources (Q24), most teachers (57%) confirmed feeling either motivated by the challenge (30%) or curious about it (27%). This was followed by 19% who admitted to feeling stressed or worried about the challenge. The other participants (24%) seemed less enthusiastic and curious about creating their own VR/AR resources (Figure 12).

Figure 12. Feelings About Creating Their Own VR/AR Resources.



5. Findings and Discussion

This section presents the study's findings according to the initial objectives.

5.1. Current Trends in Teachers' Technology Usage

The study's first objective was to gain insight into current trends in teachers' usage of technology and their interest in concrete learning approaches and tools. The results from the analysis highlight that, despite the increasing expansion and availability of cutting-edge technologies and software applications to implement innovative and student-aligned learning materials, most teachers still rely on traditional technologies (RQ1) for both teaching and creating educational resources. Interestingly, the results from all STEAM areas indicate similar trends, with practitioners primarily using educational resources based on videos and presentation software, followed by authoring tools that enable the creation of interactive educational content, such as gamified questionnaires and exercises. Notably, other technologies, such as messaging, VR/AR apps and non-programmer tools (in addition to other subject-specific software), video games or social networks, are seldom used.

When examining the most demanded learning approaches and tools (RQ2) across all five STEAM areas, experience-based and collaborative learning consistently rank among the top three. Additionally, visual learning (engineering), discovery learning (science) and individual learning (arts and humanities and technology) were also mentioned as the most preferred approaches. Regarding teachers' needs for learning tools, survey respondents particularly highlighted their interest in tools that support students' autonomous learning process and actively engage them in the learning process. Both the learning approaches and tools mentioned could be effectively supported by VR and AR technologies, which enable the creation of versatile and student-centred learning environments (Gruber et al., 2024; Jesionkowska et al., 2020; Parmaxi, 2020; Parmaxi et al., 2024). However, greater pedagogical and technical support is needed to encourage teachers to adopt these technologies and fully explore their potential (Christou et al., 2025).

5.2. Teachers' Usage of, Needs for and Attitudes towards VR/AR Technologies

The second objective was to understand teachers' usage of, needs for and attitudes towards VR and AR technologies. The survey data indicate that these technologies are still rarely incorporated into teaching practices across all STEAM areas, with notably low adoption among senior teachers and in fields like arts and humanities. Unsurprisingly, the primary reason for this appears to be a lack of familiarity with these technologies, which prevents educators from recognising their potential to enhance the teaching–learning process (RQ3 and RQ4). Providing teachers with more pedagogical training could help them better understand the educational value of VR/AR technologies and encourage their adoption (RQ6).

A noteworthy finding from the study is the teachers' positive attitude towards such training. Notably, they expressed a strong interest in participating in VR/AR training courses, with fear of using unfamiliar technologies being one of the least-cited reasons for their current lack of adoption (RQ5).

Still, although teachers appear willing to use ready-made VR/AR digital resources, they were significantly less interested in receiving training on educational authoring tools that would enable them to create VR/AR resources independently (RQ7). This reluctance aligns with their preference for traditional tools, such as presentation software, over more innovative alternatives for developing non-VR/AR-based digital educational content. Given this, it is not surprising that, if teachers already recognise the difficulty of creating standard digital educational content, developing materials based on a largely unfamiliar technology may seem challenging, if not intimidating. As a result, they may perceive more potential drawbacks than benefits in using these technologies to enhance the teaching–learning process. This highlights the need to design authoring tools that conceal the complexity of the technology, alleviate such concerns, and potentially increase teachers' willingness to adopt them.

5.3. Challenges in Integrating VR/AR Technologies into the Classroom

The third objective was to identify key factors software designers should consider when developing VR/AR authoring tools to help teachers create resources aligned with their instructional needs (RQ8). The survey

results, combined with our literature review and experience, highlight some significant challenges developers face in designing effective applications for this purpose.

A key priority is to ensure that the authoring tool is user-friendly and intuitive, particularly for teachers with limited technical expertise (Godwin-Jones, 2015; Parmaxi, 2020; Romano et al., 2020). Well-designed graphical user interfaces (GUIs) and prebuilt templates can enhance the non-expert user experience and streamline the development process, as demonstrated by their effective implementation in AR authoring tools, such as *WebART* (Liu et al., 2022) and *ARCreator* (Romano et al., 2020). Novel AR/VR authoring approaches, such as VR immersive authoring (Coelho et al., 2024) or generative AI-assisted authoring (Cuervo-Rosillo et al., 2024), have the potential to significantly lower the technical barrier for educators when applied to this area.

Regardless of the technique used to improve these tools' usability, and given the wide range of requirements that can arise from different teacher needs, learner profiles, subjects and pedagogical strategies, research has consistently emphasised the importance of applying user-centred approaches to the design of authoring tools (Christou et al., 2025; Lytridis et al., 2018; Romano et al., 2020) to ensure that the real needs of practitioners are properly addressed.

Another key challenge lies in adapting standard educational procedures, such as monitoring, tracking and assessment, to these novel environments (Chamusca et al., 2023). This also presents, however, an opportunity to enhance these processes: for example, by leveraging facial biometrics to facilitate monitoring (Daza et al., 2025) or capturing more accurate learning metadata (Mota et al., 2018). The survey also highlighted both technical and user-related issues that software developers should consider. In this context, we offer the following recommendations:

- Ensure the application software is compatible with different platforms (e.g., Android and iOS) and various device versions.
- Ensure scalability to support software implementation for many students.
- Ensure that internet connectivity is not always required, allowing learning tasks to be performed both online and offline whenever possible (Pegrum, 2021).
- Ensure the authoring tool is affordable or free to encourage widespread adoption (Liu et al., 2022).

5.4. Limitations of the Study

Some limitations of this study warrant attention. The survey was conducted solely among teachers within the Spanish educational community. While it can be expected that their circumstances would resemble those of other Western countries or exhibit notable similarities with the broader European Union, considering their adherence to the same strategic framework for cooperation in education and training, it is important to acknowledge potential variations and nuances. Therefore, a larger and more diversified sample size would enhance the generalisability of the findings on teachers' use of VR/AR technologies and EUD tools.

6. Conclusions and Future Directions

While VR/AR technologies are clearly becoming an increasing part of peoples' daily lives, this is not the case in education, where their integration remains lacking (Christou et al., 2025; Kaplan-Rakowski et al., 2023; Parmaxi & Demetriou, 2020). The current study identified trends in teachers' use of technologies in general, and VR/AR technology in particular, and their needs to ensure their effective integration into the teaching–learning processes. The results highlighted not only teachers' interest in using and implementing cutting-edge technologies but also their lack of experience and expertise with such technologies and hence the need for increased training, which should include pedagogical and technical training in the use of VR/AR technologies (Hubbard, 2023) and EUD tools in particular to help teachers create teaching–learning resources that are innovative while at the same time aligned with students' learning needs and learning preferences. The results also emphasise the need for greater collaboration among software developers, teachers and learners to ensure that the learning tools align with the needs of both educators and students, making the teaching–learning process more effective and efficient, as well as dynamic and student-centred.

These results could therefore lay the groundwork for a broader research project aimed at defining important guidelines and principles to help software developers design VR/AR technologies and authoring tools aligned with teachers' needs and help teachers implement such technologies in their teaching syllabus.

Future research could include qualitative data—e.g., interviews, case studies or focus groups—to delve deeper into educators' experiences and the nuances of integrating VR/AR technologies, complementing the quantitative findings and providing a clearer picture of their practical challenges and success factors.

Acknowledgements

This paper is part of the R&D project PID2023-149674OB-I00, funded by MICIU/AEI/10.13039/501100011033 and ERDF, UE and EU NextGenerationEU/PRTR, Sense2makeSense (PID2019-109388GB-I00) funded by the Spanish Research Agency (Agencia Estatal de Investigación), ARIDLL funded by the Erasmus+ KA2 programs (2022-1-NO01-KA220-HED-000088034). The authors also gratefully acknowledge the support and feedback provided by all teachers, external collaborators and validators who participated in the current study and survey.

Authors' contribution

Anke Berns: Conceptualisation, Research, Methodology, Writing - original draft, Writing - proofreading and editing
Telmo Zarraonandia: Conceptualisation, Data curation, Formal analysis, Research, Methodology, Writing - original draft, Writing - proofreading and editing
Teresa Onorati: Conceptualisation, Data curation, Writing - proofreading and editing
Paloma Díaz: Conceptualisation, Methodology, Supervision, Writing - proofreading and editing
Juan-Manuel Dodero: Validation, Writing - proofreading and editing

References

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002

Alex, G., & Alaa, H. (2024). Design and Development of an Authoring Tool for XR-Based Engineering Training. In *2024 IEEE International Conference on Engineering, Technology, and Innovation (ICE/ITMC) (Funchal, Portugal, 24-28 June 2024)*. https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC61926.2024.10794395

Berns, A., & Reyes-Sánchez, S. (2021). Una revisión de apps de realidad virtual para el aprendizaje de idiomas. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *24*(1), 159–177. https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27486.

Carvalho, M., Azevedo, H., Vale, C., & Fonseca, H. (2019). Diversity, inclusion, and education: Challenges in perspective. In L. Gómez Chova, A. López Martínez, & I. Candel Torres (Eds.), *EDULEARN19 Proceedings* (pp. 8157–8162). IATED. https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.2003

Chamusca, I. L., Ferreira, C. V., Murari, T. B., Apolinario, A. L., & Winkler, I. (2023). Towards sustainable virtual reality: Gathering design guidelines for intuitive authoring tools. *Sustainability*, *15*(4), 2924. https://doi.org/10.3390/su15042924

Christou, E., Parmaxi, A., & Christoforou, M. (2025). Implementation and application of extended reality in foreign language education for specific purposes: A systematic literature review. *Universal Access in the Information Society*. https://doi.org/10.1007/s10209-025-01191-w

Coelho, H., Monteiro, P., Gonçalves, G., Melo, M., & Bessa, M. (2024). Immersive creation of virtual reality training experiences. *IEEE Access, 12*, 85773–85782. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3413337

Cuervo-Rosillo, R., Zarraonandia, T., & Díaz, P. (2024). Using generative AI to support non-experts in the creation of immersive experiences. In C. Conati, I. Torre, & G. Volpe (Eds.), *AVI '24: Proceedings of the 2024 International Conference on Advanced Visual Interfaces* (Article 82). ACM. https://doi.org/10.1145/3656650.3656733

Daza, R., Shengkai, L., Morales, A., Fierrez, J., & Nagao, K. (2025). SMARTe-VR: Student Monitoring and Adaptive Response Technology for e-learning in Virtual Reality. *arXiv preprint*, arXiv:2501.10977. https://arxiv.org/abs/2501.10977

Dengel, A., Iqbal, M. Z., Grafe, S., & Mangina, E. (2022). A review on augmented reality authoring toolkits for education. *Frontiers in Virtual Reality*, *3*, 798032. https://doi.org/10.3389/frvir.2022.798032

Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In J. Spector, M. Merrill, J. Elen, & M. Bishop, *Handbook of research on educational communications and technology* (pp.735-745). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59

Fabiano, G. A., Lupas, K., Merrill, B. M., Schatz, N. K., Piscitello, J., Robertson, E. L., & Pelham, W. E., Jr. (2024). Reconceptualizing the approach to supporting students with attention-deficit/hyperactivity disorder in school settings. *Journal of School Psychology*, *104*, 101309. https://doi.org/10.1016/j.jsp.2024.101309

Godwin-Jones, R. (2015). The evolving roles of language teachers: Trained coders, local researchers, global citizens. *Language Learning & Technology*, *19*(1), 10–22.

González-Izard, S., Juanes-Méndez, J. A., García-Peñalvo, F. J., Gonçalvez-Estella, J. M., Sánchez-Ledesma, M. J., & Ruisoto-Palomera, P. (2018). Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine. *Journal of Medical Systems, 42*, 50. https://doi.org/10.1007/s10916-018-0900-2

Gruber, A., Berns, A., & Fominykh, M. (2024). Enhancing language teaching with augmented reality: Insights from the ARIDLL project. In Y. Choubsaz, P. Díez-Arcón, A. Gimeno-Sanz, J. Hriňák, X. Liashuk, S. Pokrivčáková, & H. Vančová (Eds.), *CALL for Humanity - EUROCALL 2024 Short Papers* (pp. 155-162). https://doi.org/10.4995/EuroCALL2024.2024.19056

Gutiérrez-Castillo, J. J. (2021). Presentation: Digital innovation in education [Innovación digital en educación]. *EDMETIC*, *10*(1), I–III. https://doi.org/10.21071/edmetic.v10i1.1317912].

Hubbard, P. (2023). Emerging technologies and language learning: Mining the past to transform the future. *Journal of China Computer-Assisted Language Learning*, *3*(2), 239–257. https://doi.org/10.1515/jccall-2023-0003

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, *123*, 109–123. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002

Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active learning augmented reality for STEAM education—A case study. *Education Sciences*, *10*(8), 198. https://doi.org/10.3390/educsci10080198

Kaplan-Rakowski, R., Papin, K., & Hartwick, P. (2023). Language teachers' perceptions and use of extended reality. *CALICO Journal, 40*(1), 1–23. https://doi.org/10.2139/ssrn.4096263

Kim, J., Miller, J., Wang, K., Dorneich, M. C., Winer, E., & Brown, L. J. (2024). Empowering instructors: Augmented reality authoring toolkit for aviation weather education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *17*, 2195–2206. https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3486630

Liu, E., Cai, S., Liu, Z., & Liu, C. (2022). WebART: Web-based augmented reality learning resources authoring tool and its user experience study among teachers. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *16*(1), 53–65. https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3214854

Luo, S., Zou, D., & Kohnke, L. (2024). A systematic review of research on xReality (XR) in the English classroom: Trends, research areas, benefits, and challenges. *Computers & Education: X Reality, 4*, 100049. https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100049

Lytridis, C., Tsinakos, A., & Kazanidis, I. (2018). ARTutor— An augmented reality platform for interactive distance learning. *Education Sciences*, *8*(1), 6. https://doi.org/10.3390/educsci8010006

Mota, J. M., Ruiz-Rube, I., Dodero, J. M., & Arnedillo-Sánchez, I. (2018). Augmented reality mobile app development for all. *Computers & Electrical Engineering*, *65*, 250–260. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.08.025

Nistor, A., Gras-Velazquez, A., Billon, N., & Mihai, G. (2018). *Science, technology, engineering and mathematics education practices in Europe. Scientix Observatory Report*. European Schoolnet. https://d66z.short.gy/oyn5AW

Padilla Piernas, J. M., Parra Meroño, M. C., & Flores Asenjo, M. P. (2024). Virtual escape rooms: A gamification tool to enhance motivation in distance education [Escape Rooms virtuales: una herramienta de gamificación para potenciar la motivación en la educación a distancia]. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *27*(1), 61–85. https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37685

Parmaxi, A. (2020). Virtual reality in language learning: A systematic review and implications for research and practice. *Interactive Learning Environments*, *31*(1), 172–184. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1765392

Parmaxi, A., Berns, A., Adinolfi, L., Gruber, A., Fominykh, M., Voreopoulou, A., Wild, F., Vassiliou, P., Christou, E., Valero-Franco, C., Aagaard, T., & Hadjistassou, S. (2024). Augmented Reality in Language Learning: Practical Implications for Researchers and Practitioners. In P. Zaphiris & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. 11th International Conference, LCT 2024, Held as Part of the 26th HCI International Conference, HCII 2024, Washington, DC, USA, June 29–July 4, 2024, Proceedings, Part III* (pp. 138-154). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61691-4_10

Parmaxi, A., & Demetriou, A. A. (2020). Augmented reality in language learning: A state-of-the-art review of 2014–2019. *Journal of Computer Assisted Learning*, *36*(6), 861–875. https://doi.org/10.1111/jcal.12486

Pegrum, M. (2021). Augmented reality learning: Education in real-world contexts. In T. Beaven & F. Rosell Aguilar (Eds.), *Innovative language pedagogy report* (pp. 115–120). Research-publishing.net. https://doi.org/10.14705/rpnet.2021.50.1245

Perifanou, M., Economides, A. A., & Nikou, S. A. (2023). Teachers' views on integrating augmented reality in education: Needs, opportunities, challenges and recommendations. *Future Internet*, *15*(1), 20. https://doi.org/10.3390/fi15010020

Özçelik, N. P., Eksi, G., & Baturay, M. H. (2022). Augmented reality (AR) in language learning: A principled review of 2017–2021. *Participatory Educational Research*, *9*(4), 131–152. https://doi.org/10.17275/per.22.83.9.4

Quan, C. G. (2017). The pros and cons of requiring SCRATCH in the applied linguistics classroom: Student and student-teachers' reactions and recommendations, instructor's observations for EISTA 2017. *Proceedings of the 11th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics* (pp. 87–92). Curran Associates.

Rajaram, S., & Nebeling, M. (2022). Paper trail: An immersive authoring system for augmented reality instructional experiences. In S. Barbosa, C. Lampe, & C. Appert (Eds.), *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–16). ACM. https://doi.org/10.1145/3491102.3517486

Romano, M., Díaz, P., & Aedo, I. (2020). Empowering teachers to create augmented reality experiences: The effects on the educational experience. *Interactive Learning Environments, 31*(3), 1546–1563. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1851727

Romano, M., Frolli, A., Aloisio, A., Russello, C., Rega, A., Cerciello, F., & Bisogni, F. (2023). Exploring the potential of immersive virtual reality in Italian schools: A practical workshop with high school teachers. *Multimodal Technologies and Interaction 7*, 111. https://doi.org/10.3390/mti7120111

Valero-Franco, C., & Berns, A. (2023). A virtual reality app created with CoSpaces: Student perceptions and attitudes. In M. Bowdon, K. Yee, & W. Dorner*, Ethical Considerations of Virtual Reality in the College Classroom: Cross-Disciplinary Case Studies of Immersive Technology Implementation* (pp.164-179). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003329718

Yigitbas, E., Klauke, J., Gottschalk, S., & Engels, G. (2023). End-user development for interactive web-based virtual reality scenes. *Journal of Computer Languages*, *74*, 101187. https://doi.org/10.1016/j.cola.2022.101187

Appendix

Teachers' Questionnaire

1. Gender	Man Woman Other I prefer not to say
2. Age	23–29 30–36 37–43 44–50 51
3. Country in which you are teaching	Spain Other
4. Years of teaching experience	1–6 years 7–13 years 14–20 years 21–18 years > 29 years
5. Subjects you teach	Foreign language teaching History History of art Archaeology Mathematics Other

6. Level of education you teach	Primary education Secondary education University Other
7. Which DEVICES do you use regularly with your students in class?	Smartphone Tablet Computer I don't use any electronic devices.
8. Which digital RESOURCES do you use or have you used FOR your TEACHING?	None PowerPoint/Google slides, etc. Videos Video games Kahoot TikTok YouTube WhatsApp, Telegram, etc. Scratch, AppInventor, CoSpaces, ARTutor, H5P, etc. OpenSim and SecondLife VR/AR apps
9. Which digital TOOLS do you use or have you used TO CREATE your teaching resources?	None PowerPoint, Google slides, etc. Videos Video games Kahoot TikTok YouTube WhatsApp, Telegram, etc. Scratch, AppInventor and CoSpaces OpenSim and SecondLife VR/AR apps
10. I am INTERESTED in tools that facilitate ... (Indicate up to 3!)	Individual learning Collaborative learning Contextualised learning Experience-based learning by discovery Immersive learning Visual learning
11. I am INTERESTED in tools that ... (Indicate the most important ones!)	Facilitate the teaching process Allow the creation of innovative resources Facilitate teacher–student interaction Facilitate students' evaluation Allow student–student interaction Facilitate students' acquisition of learning content Facilitate students' autonomous learning Foster students' motivation
12. Have you HEARD or READ about VR and AR?	Not at all A little bit Moderate Enough Very much
13. Have you ever USED a VR/AR app in your daily life?	Not at all A little bit Sometimes Enough Regularly
14. If yes, please indicate which VR/AR apps you have used.	Wii or Nintendo (VR) Google Arts & Culture (VR) IKEA place (VR) Lens (AR) Pokémon Go (AR) I don't remember its name ...

15. Do you use AR/VR apps for your teaching?	Never Sometimes Often Very often Always
16. Please indicate which APPs (name and type of app) and for what TEACHING PURPOSES.	Open-ended question
17. What were the POSITIVE aspects of the app/s used for your TEACHING?	Combine the real world with the virtual world Facilitate learning Allow visualisation and assimilation of contents Allow visualisation and understanding of abstract contents and elements Allow exploration of environments that are often not accessible Increase students' motivation Facilitate autonomous learning None
18. What were the NEGATIVE aspects of the app/s?	Not very intuitive Not very easy to use The software used was not always compatible with students' devices Lack of technological resources Difficult to implement without ICT support Difficult to implement in large courses Lack of feedback to guide students during their learning process Lack of evaluation tools None
19. How could the app be IMPROVED?	Facilitate its use and functioning Improve its compatibility with other operating systems (Android, iPhone, etc.) Provide more resources (audio, video, etc.) Provide more learning content Provide students with feedback Allow students' evaluation Allow collaborative activities None
20. Please indicate why you haven't used any VR/AR app. Mark all reasons applicable!	It does not add any value to my teaching. I can't see how to use it in my teaching. I am not familiar with this kind of technology. I am afraid of using technologies I am not familiar with. I don't know any VR/AR apps related to my teaching content. I am very busy, and I am afraid of a greater workload.
21. For which reason WOULD you attend training on VR/AR? Indicate the MOST IMPORTANT one!	Professional development Professional needs Personal development Personal interest No reason (not attending seminars) Other
22. For which reasons WOULDN'T you attend training on VR/AR?	Excessive course hours Excessive course requirements Course fees Distance learning Face-to-face learning

23. Are you INTERESTED in receiving TRAINING in the USE of VR/AR tools to create your teaching materials?	Not at all A little Moderate Enough Very
24. How would you feel about creating VR/AR resources?	Stressed or worried Motivated by the challenge Curious Neutral I don't know

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Development of 3D vision software for medical training: trainees' assessment of learning effectiveness

Desarrollo de software de visión 3D para la formación médica: evaluación de la eficacia del aprendizaje por parte de los alumnos

Manuela Martín Izquierdo[a], **Marcelo F. Jiménez López**[a, b], **Alberto Prats-Galino**[a, c], **Juan A. Juanes Méndez**[a, d(*)]

[a] *Group VisualMed Systems. University of Salamanca.*
Radiodiagnosis Service. Salamanca University Hospital. Spain
https://orcid.org/0000-0002-5562-3550 mmimhp@gmail.com
[b] *Instituto de Ciencias de la Educación University of Salamanca. Thoracic Surgery Service. Salamanca University Hospital. Spain*
https://orcid.org/0000-0003-2184-0159 mfjl@usal.es
[c] *Laboratory of Surgical NeuroAnatomy (LSNA), Faculty of Medicine and Health Sciences. University of Barcelona. Spain*
https://orcid.org/0000-0002-2710-6433 aprats@ub.edu
[d] *Instituto de Ciencias de la Educación University of Salamanca. Department of Human Anatomy. Faculty of Medicine. University of Salamanca. Spain*
https://orcid.org/0000-0003-2749-3426 jajm@usal.es

ARTICLE INFO

Keywords
technology, 3D vision software, autonomous learning, human anatomy

ABSTRACT

This article presents a technological development that makes it possible to visualize the anatomy of the respiratory system in three dimensions (3D), embedded in magnetic resonance (MRI) serial sections in the coronal, sagittal, and axial planes. The relevant anatomical regions were delimited in the MRI sections with commercial software. This paper presents the opinion of students who have taken the subject of Human Anatomy on the use and management, for their learning, of interactive technological resources for the three-dimensional visualization of body structures. After the students had used a computer application developed by our working group, a satisfaction survey was presented to them to assess their interest in autonomous learning using this technological development. After the results were obtained, we can deduce that the students who used the interactive 3D vision application highlighted its high teaching value, as it is easy to use due to its intuitive interface. They considered this technological teaching resource to have a high degree of satisfaction in their teaching-learning process, given its 3D visual and dynamic nature. For all these reasons, the students considered using these resources to be very useful in their medical training, as opposed to the classic static anatomical atlases. Over the last few years, new technologies have significantly increased the number of applications in diagnostic imaging and medical training, specifically in the medical training in anatomy.

Palabras clave
tecnología, software Visión 3D, aprendizaje autónomo, anatomía humana

RESUMEN

Este artículo presenta un desarrollo tecnológico que permite visualizar la anatomía del aparato respiratorio en tres dimensiones (3D), incrustada en secciones seriadas de resonancia magnética (RM) en los planos coronal, sagital y axial. Las regiones anatómicas relevantes se delimitaron en las secciones de RM con software comercial. Este trabajo presenta la opinión de estudiantes que han cursado la asignatura de Anatomía Humana sobre el uso y manejo, para su aprendizaje, de recursos tecnológicos interactivos para la visualización tridimensional de estructuras corporales. Tras la utilización por parte del estudiantado de esta aplicación informática desarrollada por nuestro grupo de trabajo, se les presentó una encuesta de satisfacción para valorar el grado de interés y aprendizaje autónomo utilizando este tipo de desarrollos tecnológicos. Tras los resultados obtenidos, podemos deducir que los alumnos que utilizaron la aplicación interactiva de visión

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 23/05/2024. Revisado, 26/07/2024. Aceptado, 30/07/2024. Publicado, 12/06/2025.
e-ISSN: 2444-8729

3D destacaron su alto valor didáctico, ya que es fácil de utilizar debido a su interfaz intuitiva. Consideraron que este recurso tecnológico didáctico tiene un alto grado de satisfacción en su proceso de enseñanza-aprendizaje, dado su carácter visual 3D y dinámico. Por todo ello, los alumnos consideraron muy útil el uso de estos recursos en su formación médica, frente a los clásicos atlas anatómicos estáticos. En los últimos años, las nuevas tecnologías han aumentado significativamente el número de aplicaciones en el campo del diagnóstico por imagen y la formación médica, y más concretamente en el campo de la anatomía.
(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

1. Introduction

Macroscopic anatomy is one of the pillars of training in medicine and other health sciences. Traditional teaching methods of human anatomy involve textbooks, atlases, and cadaver dissection (Preim & Saalfeld, 2018).

The three-dimensional view (3D) of the human body architecture represents a significant advance in the teaching-learning process in human anatomy and in the area of clinical diagnosis (Arraez-Aybar et al., 2010; Asensio Romero et al., 2018; Mavar-Haramija et al., 2015; Prats-Galino et al., 2015; Shin et al., 2013).

The advances in medicine have been made hand in hand with advances in imaging techniques and the appearance of new technologies that make clinical practice easier, promoting the safety of practitioners and patients alike. The great anatomical detail provided by images acquired through different current radiological techniques such as multidetector computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) are expanding the horizon of medical sciences in general and human anatomy in particular. A specialized software application that includes the graphic workstations from the Radiodiagnosis Services encodes the information in a standard DICOM format (Digital Imaging and Communications in Medicine) and makes it possible to observe a virtual volume on the computer screen in different planes that can be processed digitally.

Applying volume rendering techniques to these images makes it possible to generate a 3D volume that can be transferred between devices (Malmberg et al., 2017; Perandini et al., 2010). The post-processing of radiological images and the 3D reconstruction of their anatomical structures have improved the visualization of the body morphology and made it possible to diagnose different disorders.

The objective of this study is to present a technological tool for the 3D visualization of the main anatomical structures in the respiratory system, embedded in MRI sections in the three spatial planes (axial, coronal, and sagittal) to make it easier to observe and learn from them, and to improve the knowledge of the configuration of these structures and topographic relations.

2. Materials and Methods

The study used MRI devices at 1.5 Teslas (Signa Horizon. General Electric -GE-) and 3 Teslas (Vida. Siemens) to obtain serial sections in the three spatial planes (Figures 1, 2, and 3).

Figure 1. Axial MRI section of the thorax.

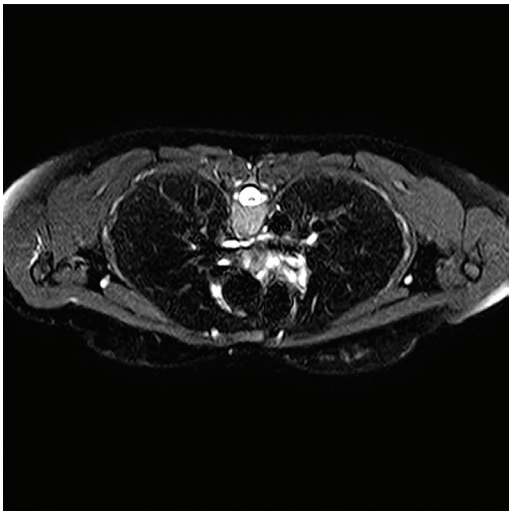


Figure 2. Coronal or frontal MRI section of the thorax.

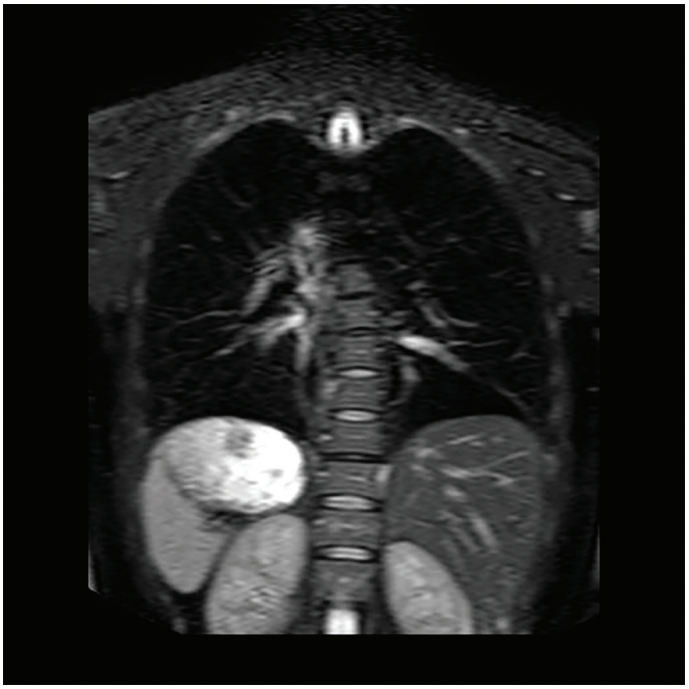
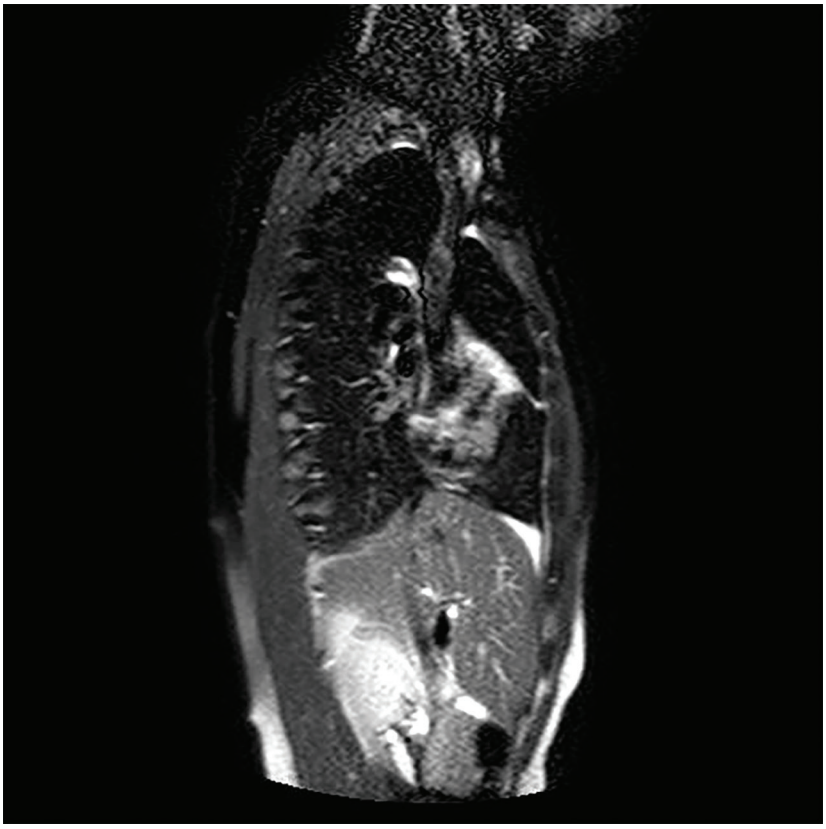


Figure 3. Sagittal MRI section of the thorax.



High-resolution T1- and T2-weighted images were obtained with an established protocol (Loc. SSFSE, Coronal T2 FSE, 2D FIESTA, Axial T2 PROPELLER FSE), as well as EPI DWI sequences, and a dynamic study was conducted before and after gadolinium administration with LAVA sequences (SPGR 3D).

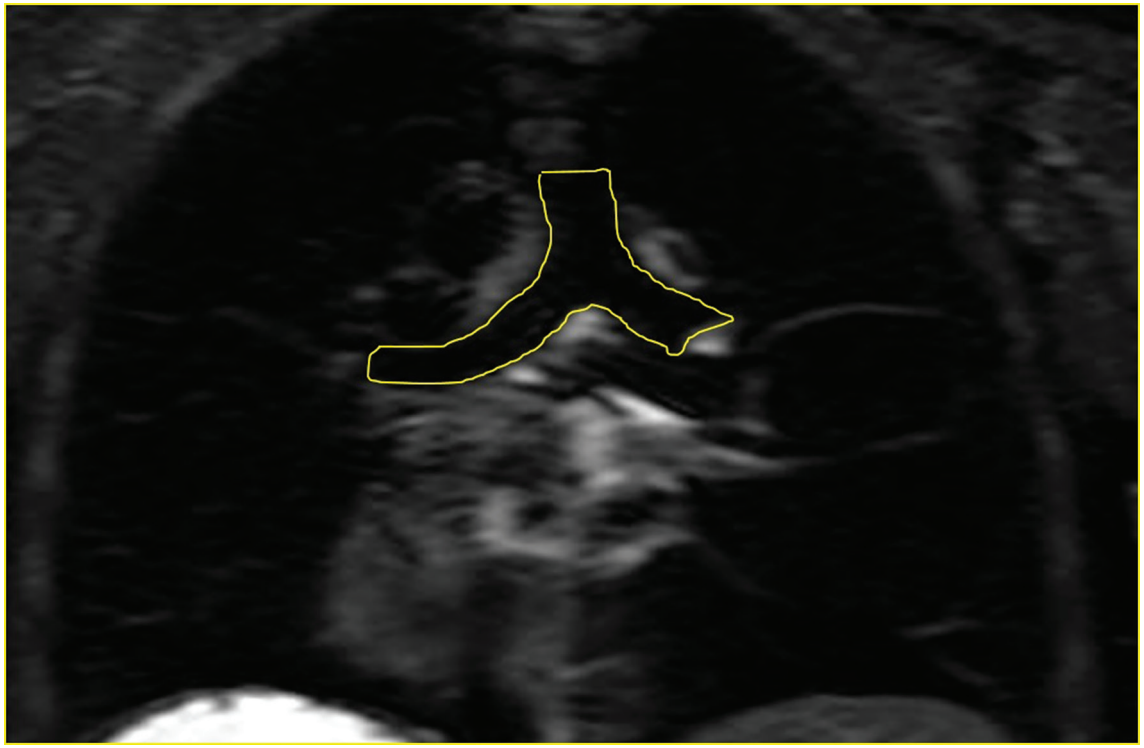
The dynamic study was conducted using the Dixon technique (in-phase/out-of-phase sequences) with GRE sequences (shorter than SE sequences), which is easier to perform when the patient is suspending respiration.

Afterward, the images were registered and re-dimensioned in the three planes to obtain aligned volumes with 1-mm isotropic voxels. The anatomical regions of interest, corresponding to the main structures of the respiratory system, were determined manually with the software 3D Amira© (Mercury/TGS-Europe, Inc.). The segmentation and delimitation of the ROIs (regions of interest) involved the subdivision of each anatomic image into homogeneous regions; that is, the perimeter of a specific structure to be modeled in three dimensions was selected. The software allowed the researchers to improve the surfaces, remove artifacts, select a specific part of the segmentation, or scale the model, among other functions.

The 3D modeling process described above is based on the serial sections in DICOM format that generate the 3D models of the structures of the respiratory system. Although Amira© was primarily used, other open-source software applications were used to render volumes or surfaces, including Osirix, Horos, 3D Slicer, and InVesalius.

The manual segmentation process was very demanding and time-consuming since it was performed individually for each dataset and under the supervision of an anatomical radiologist (Figure 4). The algorithm used was Marching Cubes, which makes it possible to extract a polygonal mesh of an isosurface from voxels. In sum, the different anatomical surface models of triangular mesh were generated from the ROIs.

Figure 4. The process of manual segmentation limits the different regions of interest.



The reconstruction of the trachea and the main bronchi was conducted with ROIs that included the lumen and the adjacent tissue due to the high intensity of the tissue (Figure 4). The lower threshold was set at zero, and the upper threshold was determined based on the average noise level of the signal plus twice its standard deviation. The diaphragm, ribs, and spine have been reconstructed as reference anatomical structures.

Both the MRI sections and the 3D anatomical models generated were visualized in a software application specifically developed by our team. This software represents graphic images in real-time in any spatial orientation, and the images can be stored in bitmap format. It was developed following market standards to make it compatible with most computer devices and the different versions of the Windows OS used by most of the students and universities in Spain. The application was programmed in Visual C++, which, as an integrated development environment, made it possible to implement object-oriented programming (OOP) with the programming languages C, C++, and C++/CLI, together with Windows software development kit (SDK), also known as an application programming interface (API).

Satisfaction surveys were carried out with a group of medical students (n=35) to assess and determine the degree of teaching usefulness of this computer tool, considering a sufficiently representative number to obtain a sample to guide us on the students' satisfaction with the technological development presented. All the students had previous knowledge of the subject and had passed the human anatomy course on splacnology before carrying out the satisfaction survey.

The survey focused exclusively on the computer development itself, trying to assess the effectiveness and satisfaction of the users who used the teaching program on the anatomy of the respiratory apparatus, with three-dimensional views of these structures embedded in radiological sections of magnetic resonance imaging.

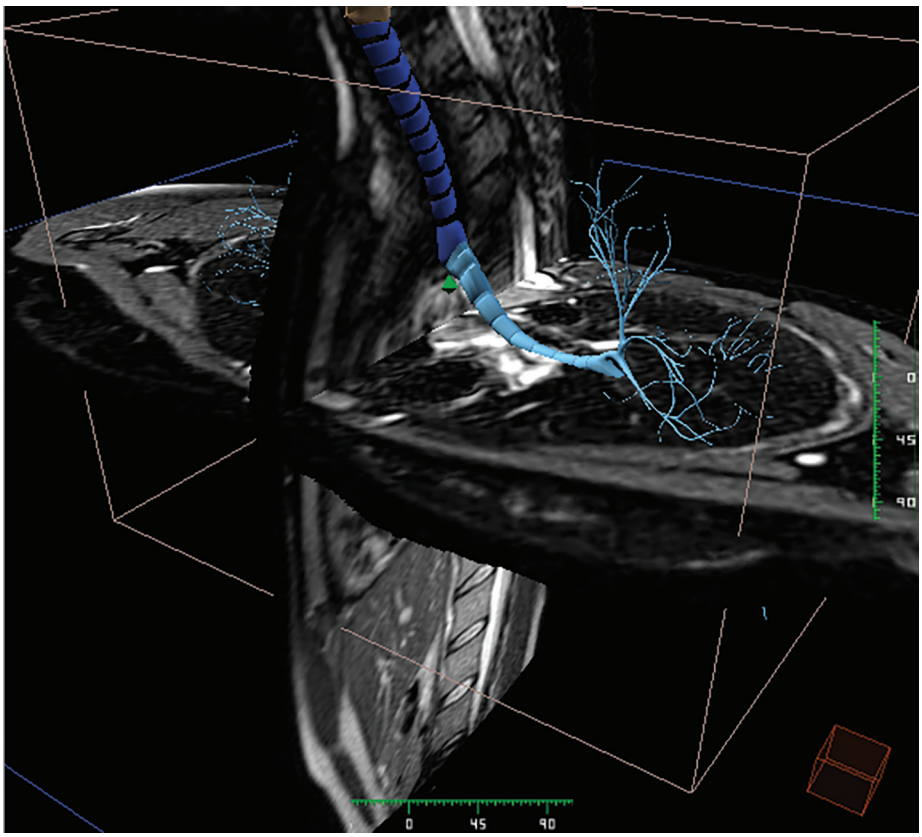
The data were processed with Microsoft Excel spreadsheet software, which allowed us to analyze and process all the survey data and present the different graphs.

3. Results

The MRI technique allowed the team to assess the morphology of the different tissue types, thanks to the generated signal intensities. Different sequences (T1 and T2) made it possible to modify the signal intensity values in the segmentation procedure, representing differences in the tissue's physical and chemical composition.

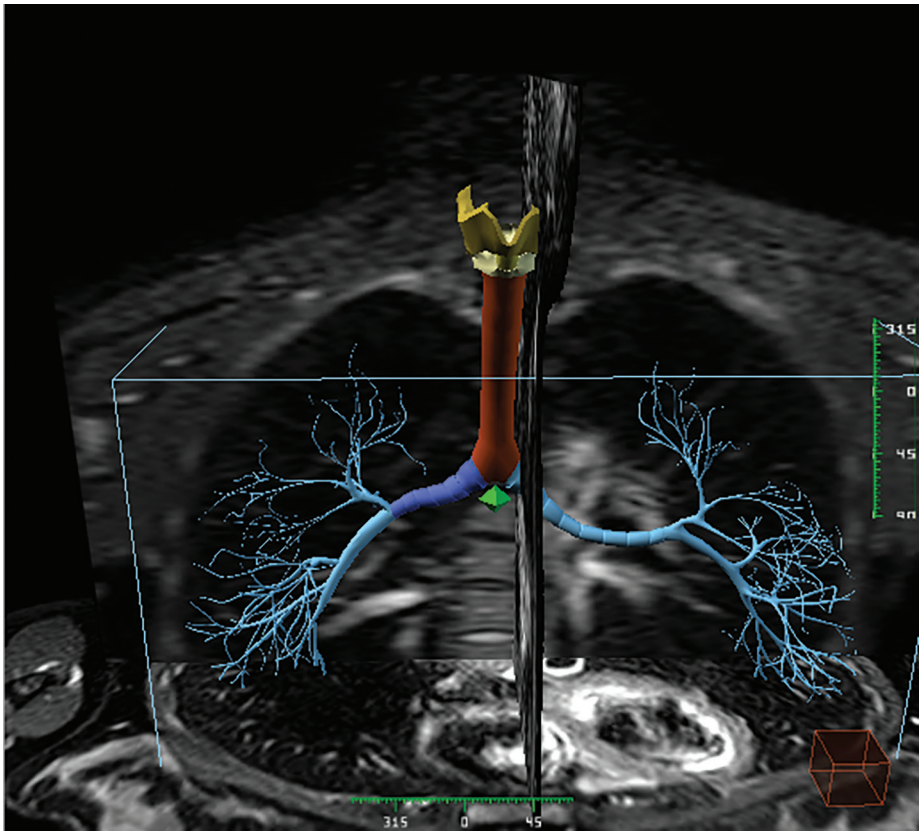
The thoracic cavity MRI technique has become the method of choice for the morphological study of the structures of the respiratory system because it clearly shows the contrast between fat, muscle tissue, bone structures, and viscera, which also presents an adequate view of the anatomical integrity of the thoracic cavity. Therefore, the analysis of the thorax with MRI on different spatial planes provides excellent information on the morphology of these structures (Figure 5).

Figure 5. View of 3D structures of the respiratory system embedded in MRI sections.



The central airways are shown as structures without a signal due to the air inside them. Their anatomical location can differentiate them from the vessels (Figure 6). In the blood vessels, the fast blood flow creates a lack of signal inside the vascular structures that can be easily distinguished from the typical hyperintensity of the surrounding fat tissue.

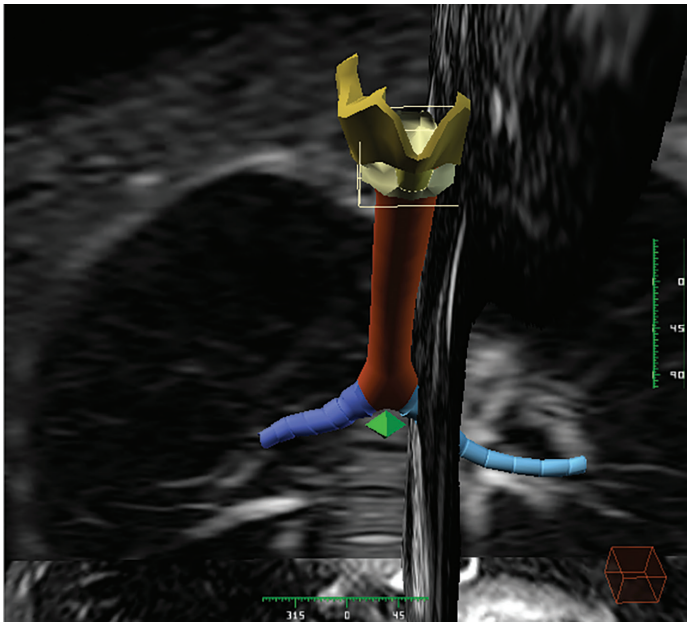
Figure 6. 3D view of the bronchial tree embedded in MRI sections.



At the cervical level, the larynx is delimited by the laryngeal cartilages (Figure 6), which are ossified at 25 years of age and present as hypointense cortical bone in T1- and T2-weighted sequences, with a medullary cavity that contains fat and is hyperintense in T1-weighted sequences.

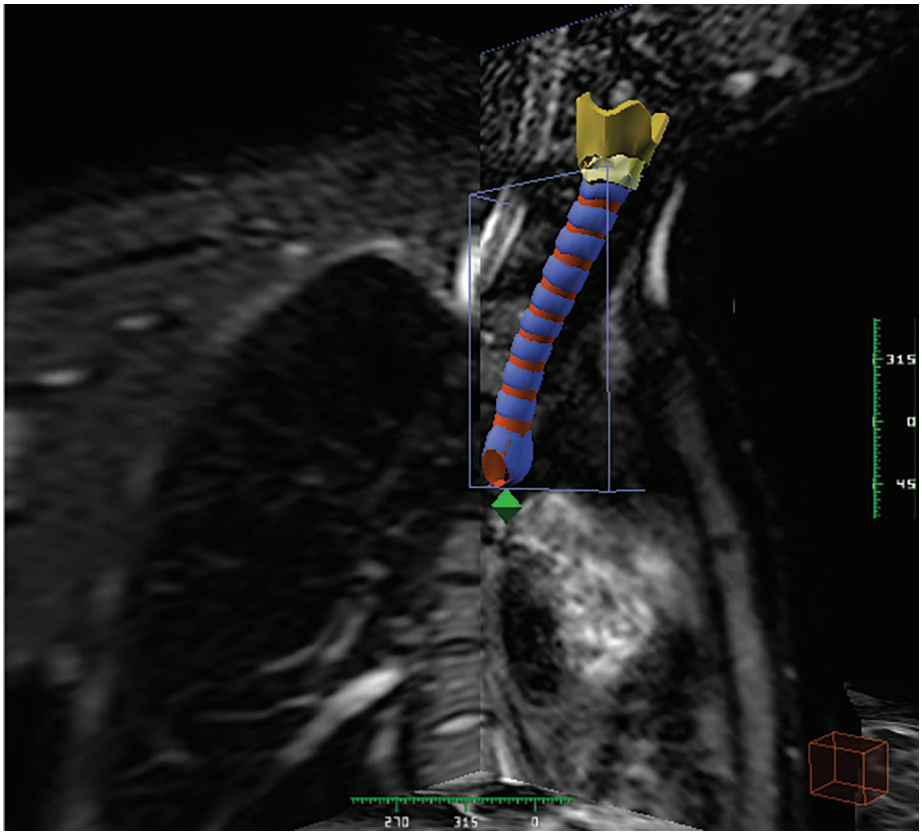
In the thoracic study, all sequences show the trachea as hypointense (Figure 7). The tracheal rings show an intermediate signal compared to the fat surrounding them, and their wall can be perfectly delimited. The

Figure 7. View of a 3D reconstruction of the laryngeal cartilages, trachea, and main bronchi.



sectional images show a straight course, 10 to 12 cm long, with the upper end at the 6th or 7th cervical vertebra level and its lower end reaching the 3rd or 4th thoracic vertebra (Figure 7 and Figure 8). It is surrounded by a

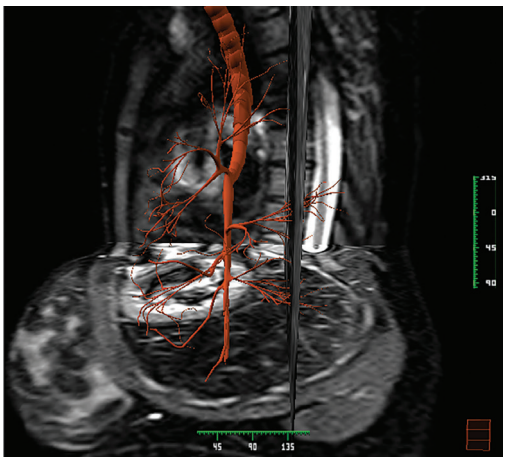
Figure 8. View of a 3D reconstruction of the laryngeal cartilages and trachea.



layer of abundant loose cell tissue, like a serous membrane. The frontal part of the trachea is next to the isthmus of the thyroid gland, which covers its first 2 or 3 rings. The back of the trachea faces the esophagus. The tracheal bifurcation leads to the main bronchi in the middle mediastinum. This bifurcation is at the level of the 3rd to 5th thoracic vertebrae. The bronchi are headed downwards, outwards, and backward until they reach the hila of the right and left lungs, respectively. Their structure is similar to the trachea.

When the main bronchi enter through the hilum of each lung, they are divided into intrapulmonary lobar bronchi, which branch out asymmetrically inside the pulmonary parenchyma and are very difficult to delimit and segment (Figure 9). Therefore, in this study, the intrapulmonary bronchi were classified as ventral, distributed

Figure 9. View of the bronchial tree embedded in MRI sections on the three spatial planes.



throughout the external and anterior regions of the lungs; dorsal, heading backward to occupy the posterior regions; and antero-internal, distributed in the internal and lower part of both lungs. These divisions correspond to each of the pulmonary lobes.

The pulmonary parenchyma creates a low signal due to its low proton density. The 3D reconstruction of these structures reveals a convex semicone projecting outwards whose base rests on the diaphragm and whose vertex points to the superior thoracic aperture and projects cranially between 25 and 30 mm (Figure 10 and Figure 11).

Figure 10. Frontal view of the pulmonary parenchyma with a transparent bronchial tree inside.

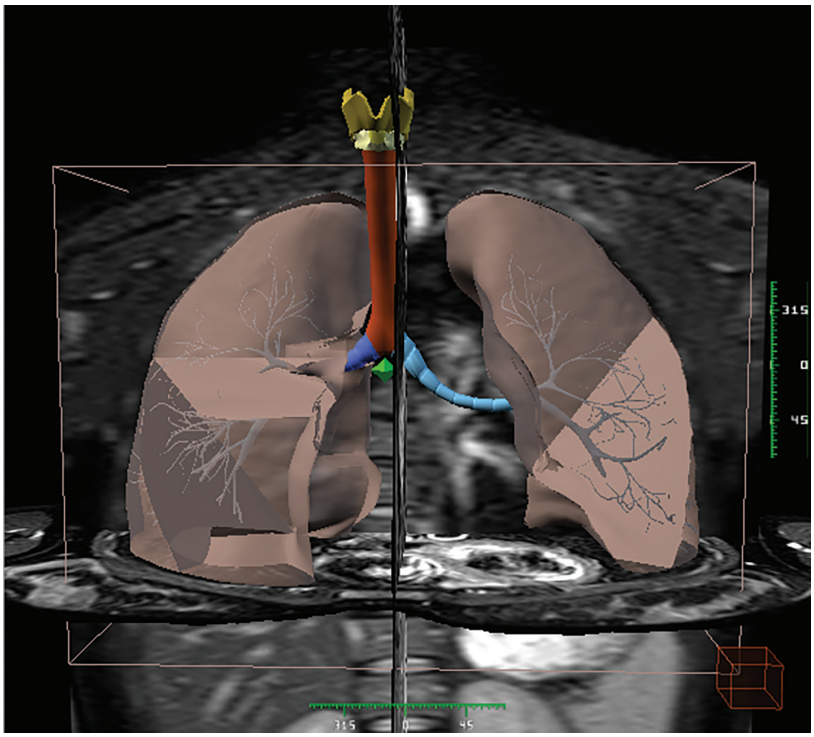
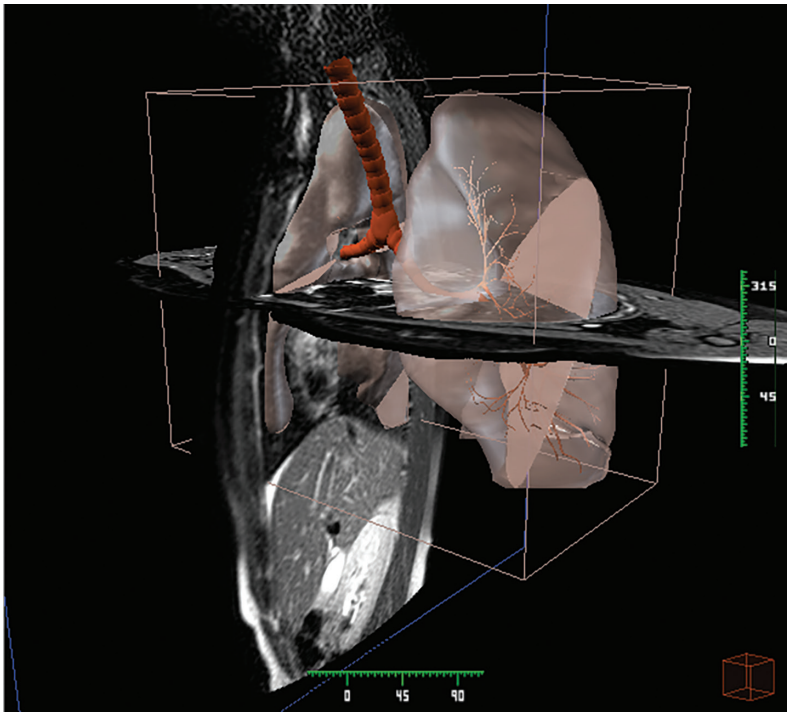


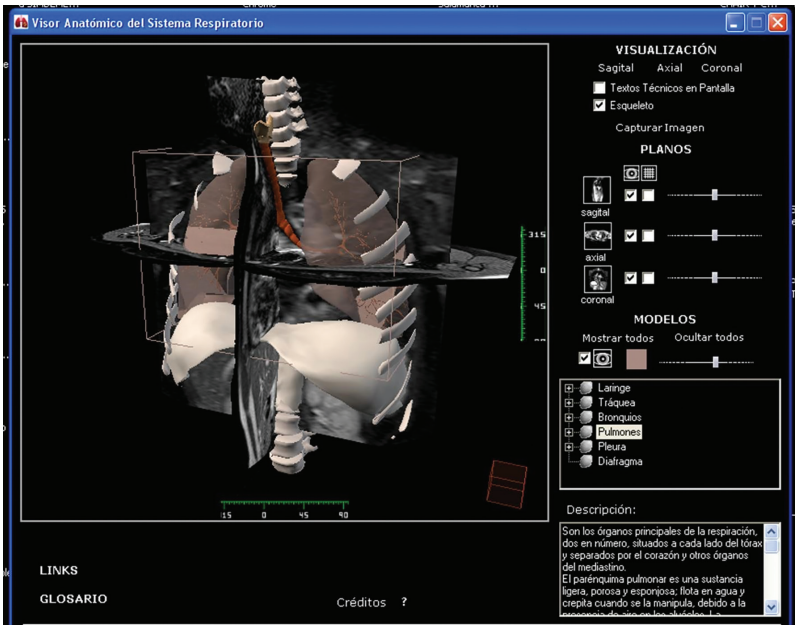
Figure 11. Lateral view of the pulmonary parenchyma with a transparent bronchial tree inside.



The vascular structures of the mediastinum show an intermediate signal in SE, T1, and T2 sequences ("black blood") due to the movement of the blood and the protons in it, and they are hyperintense in GRE sequences ("white blood").

To visualize and interact with the radiological images and the 3D anatomical structures, a computer application was developed for Windows platforms and encoded with the software Visual C++ (see Materials and Methods section). The user interface is very intuitive and user-friendly (Figure 12).

Figure 12. Anatomic viewer for the visualization of 3D images. The different options to view and interact with the images can be seen (zoom, color, anatomical description, etc.).



The results obtained from the survey on evaluating the radiological anatomy software of morphological structures that form part of the respiratory system show positive data regarding satisfaction and learning through this technological tool.

The students highlighted that the software developed positively, with 43% of those surveyed indicating that it was easy to install, 54% straightforward (Figure 13), and practically 100% of users indicated that the application never or rarely crashes (Figure 14).

Figure 13. How was the software installation?

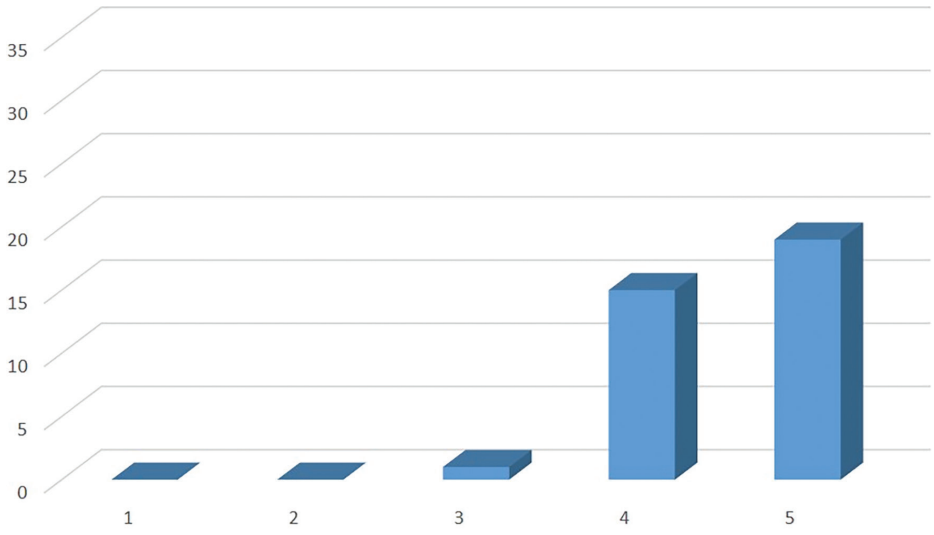
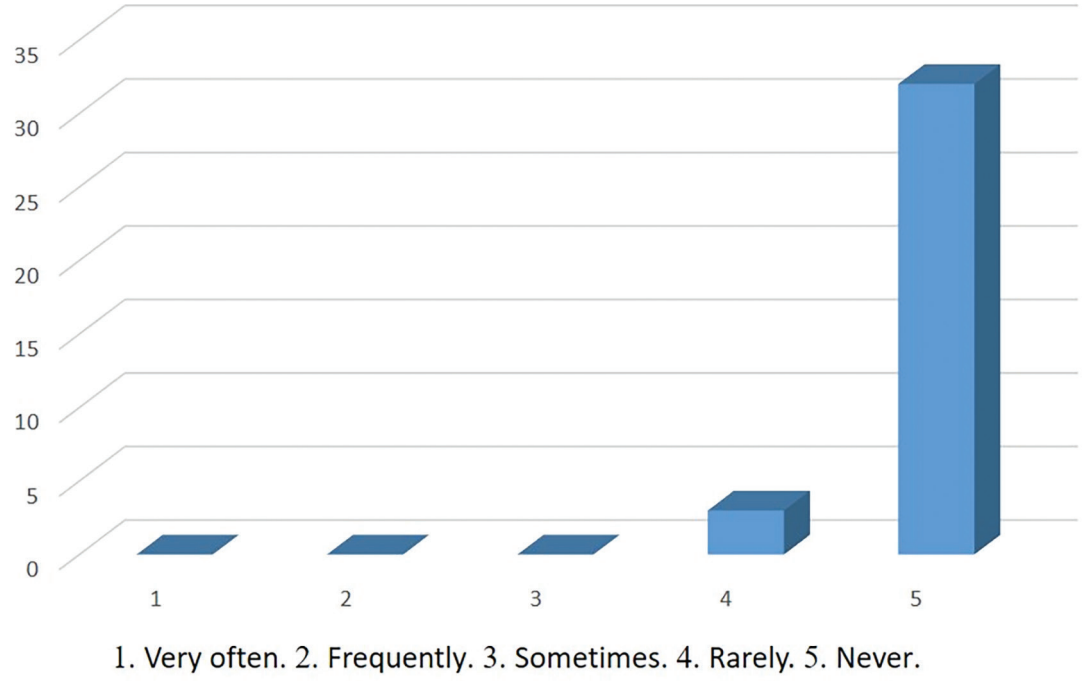


Figure 14. How often does the software crash?



Navigation through the program is very intuitive (Figure 15). Moreover, the 3D view of the anatomical structures facilitates their understanding and study (Figure 16).

Figure 15. Navigation through the program is very intuitive and presents a methodological development that motivates learning in an agile and simple way.

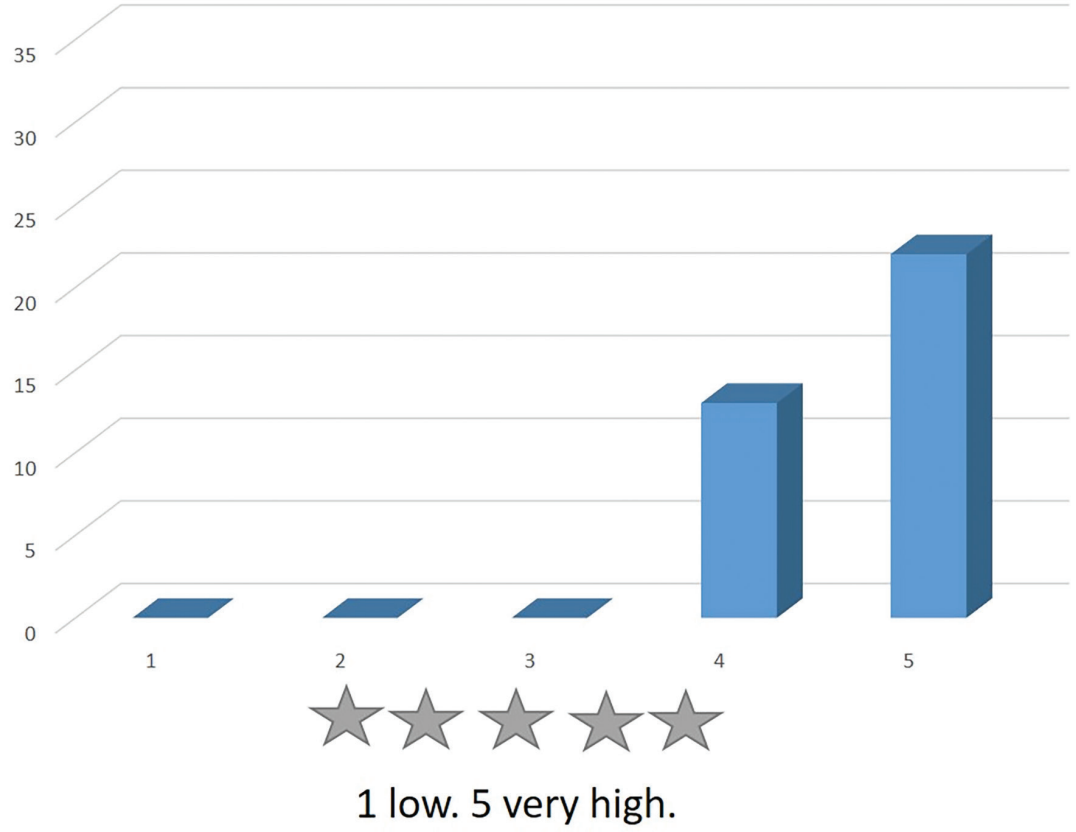
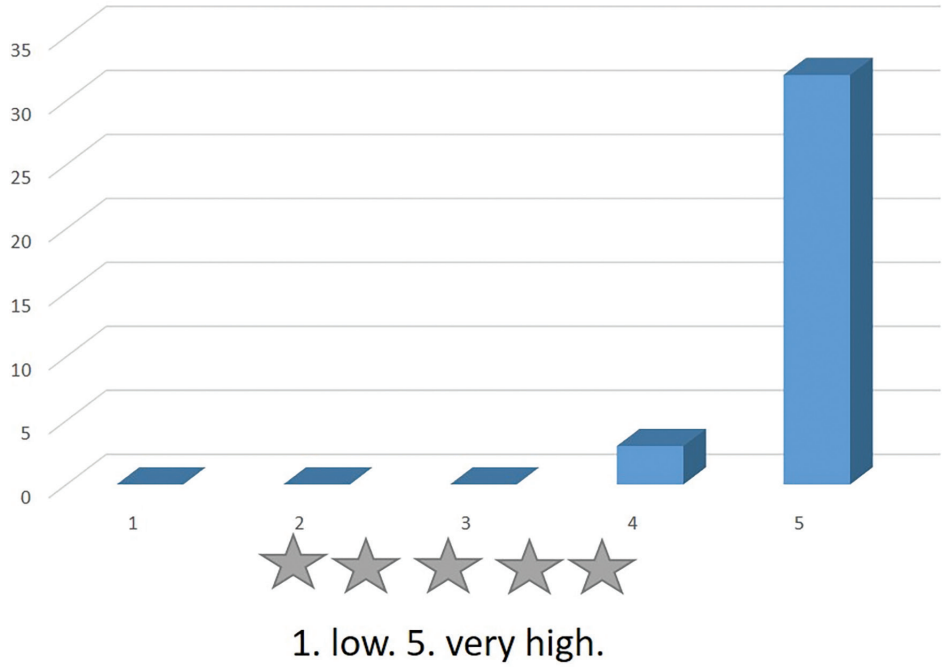


Figure 16. The three-dimensional view of the structures of the respiratory system facilitates a better understanding and analysis of each one of them.



From the teaching point of view, it is highly valued as a good complementary didactic resource for study. A good group of respondents indicated that this tool is a suitable medium that surpasses many static anatomic-radiological atlases. The visual presentation of the contents is beautiful and, therefore, highly valued by the students.

The brief explanatory comments on the anatomical structures displayed are well appreciated (Figure 17), and the program interface is very intuitive and user-friendly, a response given by almost 100% of users (Figure 18).

Figure 17. The short explanatory comments on the screen help you to understand the anatomy of the respiratory system better and to reinforce your knowledge.

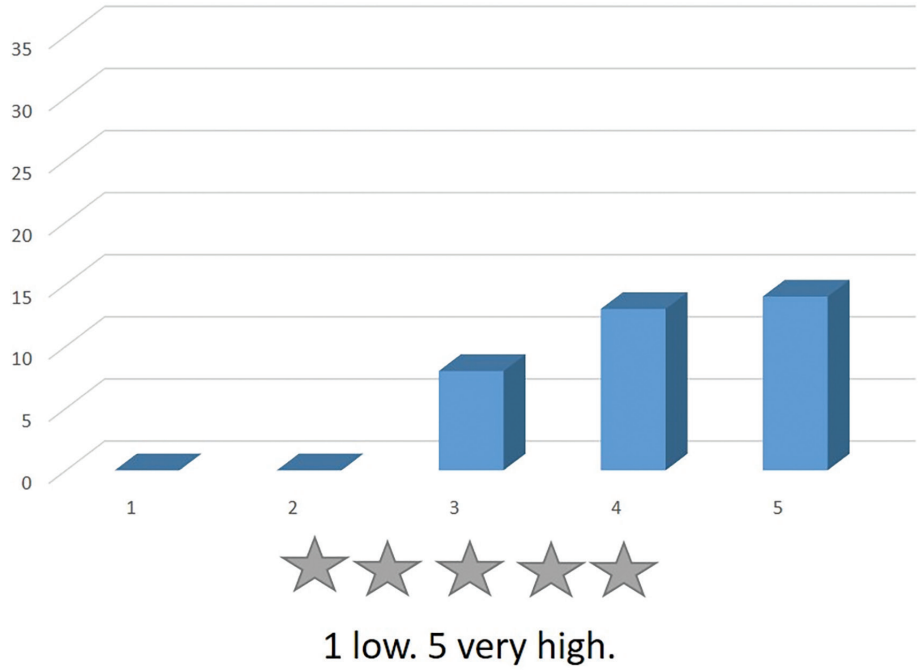
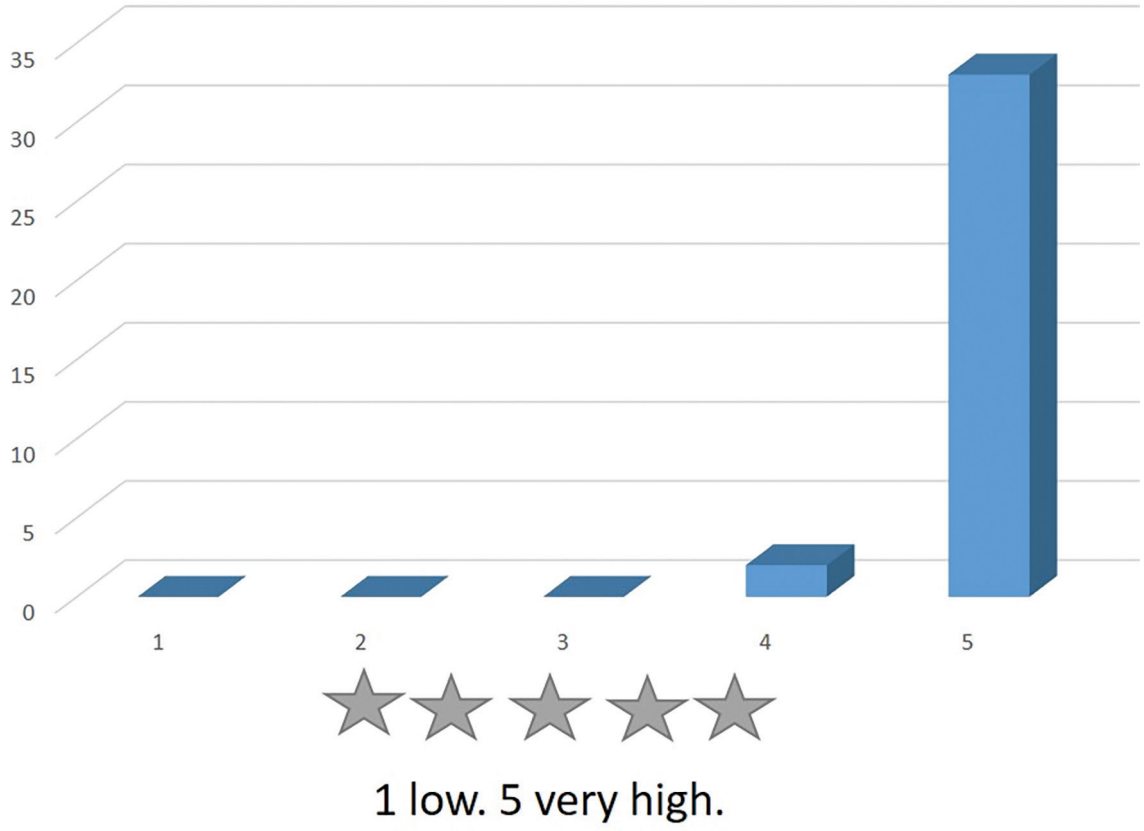


Figure 18. The program interface is intuitive and user-friendly.



After the data is obtained, we can point out that using 3D visualization technological environments for training in human anatomy constitutes a new source of opportunities for the teaching-learning processes. They offer a three-dimensional representation of organs and structures, allowing them to be viewed from different angles and distances, facilitating understanding of complex concepts. They are intuitive and appealing to students, providing further motivation for student learning.

4. Discussion

Despite the advances in imaging unit technology and their availability, the use of the thoracic MRI technique has not been sufficiently developed, and few studies have analyzed the structures of the respiratory system from a morphological perspective. On the contrary, other techniques, such as TC, are the predominant method in this type of exploration. Therefore, the 3D reconstruction of anatomical structures embedded in the volumetric data of magnetic resonance images is an obvious and intuitive form of morphological analysis because a simple individual exam of its different sections makes it possible to quickly understand the group of anatomical elements that make up the respiratory system. The soft tissue characterization in non-cardiovascular and non-musculoskeletal thoracic MRI studies has been considered impractical due to its challenges, such as respiratory movement, cardiac movement, vascular pulsation, air susceptibility, and low lung signal. However, the current advances in MR imaging have made it possible to obtain good-quality MR images of the thorax that are useful for diagnosis, although the literature on subspecialized practices of thoracic MRI is limited (Abildgaard et al., 2010; Gamsu et al., 1983; Thompson & Stanford, 2000; Venkatesh et al., 2011; Webb et al., 1984).

Our technological innovation is a suitable method to visualize 3D structures with the sectional MR image as a reference in the three spatial planes, which makes it easier to conduct an anatomical assessment of these structures and to use the advanced graphic power provided by computers nowadays.

Currently, it is accepted that the reconstruction and 3D visualization of anatomical structures from any part of the body provide more accurate and valuable information for clinical diagnosis, and they also lead to more

dynamic and visual learning of the body anatomy. For these reasons, significant efforts have been made over the last years to automatize the analysis of 3D medical images to support diagnostic tasks (González-Izard et al., 2020).

The 3D reconstruction of anatomical structures of the human body also makes it possible to develop virtual learning environments through interactive visualization with stereoscopic glasses (González-Izard et al., 2018). Therefore, several technological developments have recently emerged that apply these tools to the fields of human anatomy, radiology, clinical medicine, and surgery (AbouHashem et al., 2015; McMenamin et al., 2014; Olabarriaga & Smeulders, 2001). The collaboration of anatomists, radiologists, and surgeons is an excellent line of work that faithfully reconstructs the morphological structures of the body.

Many authors agree that any 3D visualization mode (computer-generated 3D images, stereoscopic vision with virtual reality, and augmented reality techniques) applied to teaching human anatomy is very useful in the learning process (Abildgaard et al., 2010; Adams et al., 2019; Blum et al., 2012; Boonbrahm et al., 2018; Johnson et al., 2016; Robison et al., 2011; Tabernero Rico et al., 2017).

5. Conclusions

Thoracic MRI provides detailed images of different structures of the thoracic cavity. Using technological resources for the 3D representation of medical images improves spatial perception and anatomical understanding. It makes it possible to create teaching material related to radiological images, such as MRIs.

One of the challenges of medical training in this millennium is adapting new technologies to the teaching and learning process. This article shows the potential of 3D anatomy to promote the general use of these technological resources in medical teaching and the clinical field. 3D modeling and 3D technologies have shown that they are potent tools for learning human anatomy and clinical diagnosis. Many applications are being discovered in medical sciences, particularly in surgical approaches. However, deep technical knowledge and highly complex software are required to develop these technological environments for 3D visualization.

Implementing these new technological resources to visualize body structures embedded in serial sections of radiological images, such as MRI, in medical training is an advance in the systems to teach and learn human anatomy. The use of 3D technology presents several advantages over the traditional 2D models in studying anatomical structures. Learning and studying 3D anatomical models such as the one developed by our team makes it possible to understand the respiratory system's structures better.

The students who handled the computer tool considered it a very innovative design that facilitates studying, understanding, and learning anatomical structures. Introducing these didactic technological tools in teaching considerably enriches the teaching-learning process. Learning by interacting with information motivates and gives students an active attitude for autonomous and meaningful learning.

Authors' contribution

Manuela Martín Izquierdo: Conceptualization. Segmentation of radiological images. Drafting, revision, and editing.
Marcelo F. Jiménez López: Conceptualization, 3D image analysis, Drafting, proofreading and editing.
Alberto Prats Galino: Review of anatomical structures. Computer development. Drafting, proofreading, and editing.
Juan A. Juanes Méndez: Revision of anatomical structures. Computer development Drafting, proofreading, and editing.

References

Abildgaard, A., Witwit, A. K., Karlsen, J. S., Jacobsen, E. A., Tennoe, B., Ringstad, G., Due-Tønnessen, P. (2010) An autostereoscopic 3D display can improve visualization of 3D models from intracranial MR angiography. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. *5*(5), 549–554. https://doi.org/10.1007/s11548-010-0509-5

AbouHashem, Y., Dayal, M., Savanah, S, & Štrkalj, G. (2015). The application of 3D printing in anatomy education. *Medical Education Online*, *20*(1). https://doi.org/10.3402/meo.v20.29847

Adams, H., Shinn, J., Morrel, W. G., Noble, J., & Bodenheimer, B. (2019). Development and evaluation of an immersive virtual reality system for medical imaging of the ear. *Proceedings Volume 10951, SPIE Medical Imaging*

2019: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling (San Diego, CA, USA, 8 March 2019). https://doi.org/10.1117/12.2506178

Arraez-Aybar, L. A., Sanchez-Montesinos, I., Mirapeix, R.-M., Mompeo-Corredera, B., & Sanudo-Tejero, J.-R. (2010). Relevance of human anatomy in daily clinical practice. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*,*192*(6), 341-348. https://doi.org/10.1016/j.aanat.2010.05.002

Asensio Romero, L., Asensio Gómez, M., Prats-Galino, A., & Juanes Méndez, J. A. (2018). 3D Models of Female Pelvis Structures Reconstructed and Represented in Combination with Anatomical and Radiological Sections—*Journal of Medical Systems*, *42*(3), 37. https://doi.org/10.1007/s10916-018-0891-z

Blum, T., Kleeberger, V., Bichlmeier, C., & Navab, N. (2012). mirracle: Augmented Reality in-situ visualization of human anatomy using a magic mirror. In *2012 IEEE Virtual Reality Workshops (VRW) (Costa Mesa, CA, USA, 4-8 March 2012)* (pp. 169-170). IEEE. https://doi.org/10.1109/VR.2012.6180934

Boonbrahm, P., Kaewrat, C., Pengkaew, P., Boonbrahm, S., & Meni, V. (2018). Study of the Hand Anatomy Using Real Hand and Augmented Reality. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *12*(7), 181-190. https://doi.org/10.3991/ijim.v12i7.9645

Gamsu, G., Webb, W. R., Sheldon, P., Kaufman, L., Crooks, L. E., Birnberg, F. A., Goodman, P., Hinchcliffe, W. A., & Hedgecock, M. (1983). Nuclear magnetic-resonance imaging of the thorax. *Radiology*, *147*(2), 473–480. https://doi.org/10.1148/radiology.147.2.6836125

González-Izard, S., Juanes-Méndez, J. A., García-Peñalvo, F. J., Gonçalvez-Estella, J. M., Sánchez-Ledesma, M. J., & Ruisoto-Palomera, P. (2018). Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine. *Journal of Medical Systems, 42*, 50. https://doi.org/10.1007/s10916-018-0900-2

González-Izard, S., Sánchez Torres, R., Alonso Plaza, Ó., Juanes-Méndez, J. A., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Nextmed: Automatic Imaging Segmentation, 3D Reconstruction, and 3D model Visualization Platform Using Augmented and Virtual Reality. *Sensors, 20*(10), 2962. https://doi.org/10.3390/s20102962

Johnson, S., Jackson, B., Tourek, B., Molina, M., Erdman, A. G., & Keefe, D. F. (2016). Immersive Analytics for Medicine: Hybrid 2D/3D Sketch-Based Interfaces for Annotating Medical Data and Designing Medical Devices. In *Proceedings of the 2016 ACM Companion on Interactive Surfaces and Spaces (Niagara Falls, Ontario, Canada, November 6-9, 2016)* (pp. 107–113). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3009939.3009956

Malmberg, F., Nordenskjold, R., Strand, R., & Kullberg, J. (2017). SmartPaint: a tool for interactive segmentation of medical volume images. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering-Imaging and Visualization*, *5*(1), 36-44. https://doi.org/10.1080/21681163.2014.960535

Mavar-Haramija, M., Prats-Galino, A., Juanes Méndez, J. A., Puigdelivoll-Sánchez A., & de Notaris, M. (2015). Interactive 3D-PDF Presentations for the Simulation and Quantification of Extended Endoscopic Endonasal Surgical Approaches. *Journal of Medical Systems*, *39*(10), 127. https://doi.org/10.1007/s10916-015-0282-7

McMenamin, P. G., Quayle, M. R., McHenry, C. R., & Adams, J. W. (2014). The Production of Anatomical Teaching Resources Using Three-Dimensional (3D) Printing Technology. *Anatomical Sciences Education*, *7*(6), 479–486. https://doi.org/10.1002/ase.1475

Olabarriaga, S. D., & Smeulders, A. W. M. (2001). Interaction in the segmentation of medical images: A survey. *Medical Image Analysis*, *5*(2), 127-142. https://doi.org/10.1016/S1361-8415(00)00041-4

Perandini, S., Faccioli, N., Zaccarella, A., Re, T., Mucelli, R. P. (2010). The diagnostic contribution of CT volumetric rendering techniques in routine practice. *The Indian Journal of Radiology & Imaging*, *20*(2), 92-97. https://doi.org/10.4103/0971-3026.63043

Prats-Galino, A., Reina, M. A., Mavar-Haramija, M., Puigdellivol-Sánchez, A., Juanes Méndez, J. A., & de Andrés, J. A. (2015). 3D Interactive Model of Lumbar Spinal Structures of Anesthetic Interest. *Clinical Anatomy*, *28*(2), 205-212. https://doi.org/10.1002/ca.22479

Preim, B., & Saalfeld P. (2018). A survey of virtual human anatomy education systems. *Computers & Graphics*, *71*, 132-153. https://doi.org/10.1016/j.cag.2018.01.005

Robison, R. A., Liu, C. Y., & Apuzzo, M. L. J. (2011). Man, Mind, and Machine: The Past and Future of Virtual Reality Simulation in Neurologic Surgery. *World Neurosurgery*, *76*(5), 419-430. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2011.07.008

Shin, D. S., Jang, H. G., Hwang, S. B., Har, D.-H., Moon, Y. L., & Chung, M. S. (2013). Two-dimensional sectioned images and three-dimensional surface models for learning the anatomy of the female pelvis. *Anatomical Sciences Education*, *6*(5), 316-323. https://doi.org/10.1002/ase.1342

Tabernero Rico, R. D., Juanes Méndez, J. A., & Prats Galino, A. (2017). New Generation of Three-Dimensional Tools to Learn Anatomy. *Journal of Medical Systems*, *41*(5), 88. https://doi.org/10.1007/s10916-017-0725-4

Thompson, B. H., & Stanford, W. (2000). MR imaging of pulmonary and mediastinal malignancies. *Magnetic resonance imaging clinics of North America*, *8*(4), 729–39. https://doi.org/10.1016/S1064-9689(21)00640-1

Venkatesh, V., Verdini, D., & Ghoshhajra, B. (2011). Normal Magnetic Resonance Imaging of the Thorax. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America,19*(3), 489-506. https://doi.org/10.1016/j.mric.2011.05.014

Webb, W. R., Gamsu, G., Stark, D. D., & Moore, E. H. (1984). Magnetic-resonance imaging of the normal and abnormal pulmonary hila. *Radiology*, *152*(1), 89-94. https://doi.org/10.1148/radiology.152.1.6729141

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes (2024): ICILS 2023. International Computer and Information Literacy Study

Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes (2024): ICILS 2023. Estudio internacional de competencia digital

María Goretti Alonso-de-Castro[a]

[a] *Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, España.*
https://orcid.org/0000-0003-4745-9364 malonsca@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords:
ICILS 2023, digital competence, ICT, education, Spain, educational policies, digital gaps, gender, teacher training, educational inspection.

ABSTRACT

The International Computer and Information Literacy Study 2023 (ICILS) aims to assess the digital competence of 8th-grade students (equivalent to the second year of lower secondary education in Spain), measuring their ability to use Information and Communication Technologies (ICT) in various contexts. Conducted across 34 countries, the study enables international and national comparisons of student performance. In Spain, the average score was 495 points, surpassing both the EU average (493) and the global average of the study (476), despite significant regional variability. Regions such as Catalonia, Madrid, and Asturias performed notably well, while Ceuta and Melilla showed the lowest results. Factors such as gender, with girls outperforming boys, and internet access, which had less impact than at the EU level, were analysed. The report offers valuable insights for the Spanish education system, providing key data to enhance teacher training, design more inclusive educational policies, and assess school ICT access. However, areas for improvement include offering more concrete and practical examples for teachers, simplifying language for greater accessibility, and deepening the qualitative analysis of factors affecting digital competence performance.

Palabras clave:
ICILS 2023, competencia digital, TIC, educación, España, políticas educativas, brechas digitales, género, formación docente, inspección educativa.

RESUMEN

El Estudio Internacional sobre Competencia Digital 2023 (ICILS) tiene como finalidad evaluar la competencia digital de los estudiantes de 2.º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), equivalente al 8.º grado en otros países, midiendo su capacidad para utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en diversos contextos. El estudio, realizado en 34 países, permite hacer comparaciones internacionales y nacionales sobre el desempeño de los estudiantes. En el caso de España, se obtuvo una puntuación media de 495 puntos, superando la media de la Unión Europea (493) y la del promedio global del estudio (476), aunque con una considerable variabilidad regional. Comunidades como Cataluña, Madrid y Asturias han obtenido resultados más positivos, contrastando con Ceuta y Melilla con peores resultados. También analiza factores como el género, con un rendimiento superior de las chicas, y el acceso a internet, que muestra un impacto menor que en la media europea. El informe ofrece información valiosa para el sistema educativo español, proporcionando datos clave para mejorar la formación docente, diseñar políticas educativas más inclusivas y evaluar el acceso a las TIC en los centros. Sin embargo, se identifican áreas de mejora, como la necesidad de ofrecer ejemplos prácticos más concretos para los docentes, simplificar el lenguaje para una mayor accesibilidad y profundizar en el análisis cualitativo de los factores que afectan el rendimiento en competencia digital.

1. Introducción

El Estudio Internacional sobre Competencia Digital (ICILS) 2023, llevado a cabo por la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA, por sus siglas en inglés de *International Association for the Evaluation of Educational Achievement*), se centra en evaluar cómo los estudiantes de 8.º grado (equivalente a 2.º de la ESO en España) están preparados para desenvolverse en un mundo digital (Fraillon, 2025; Fraillon & Rožman, 2025).

Recibido, 29/11/2024. Revisado, 3/1/2025. Aceptado, 13/03/2025. Publicado, 29/05/2025.
e-ISSN: 2444-8729

España participa por primera vez en este estudio, cuyo objetivo principal es evaluar las capacidades de los estudiantes para investigar, producir y comunicarse eficazmente mediante el uso de tecnologías digitales, así como comparar los resultados entre los diferentes países participantes. Esta participación representa un avance significativo, especialmente en un contexto actual donde la tecnología desempeña un papel esencial en la educación, siendo clave para preparar a los ciudadanos para los retos de una sociedad cada vez más digitalizada.

En conjunto, el informe ICILS 2023 es una herramienta esencial para orientar a todos los actores del sistema educativo hacia una transformación digital integral. Desde el diseño de políticas hasta el apoyo directo al profesorado y estudiantes, este informe proporciona un marco de acción que puede potenciar la calidad y equidad educativa en el contexto de una sociedad digitalizada.

Por ello, resulta de gran interés realizar un análisis del informe, comenzando por una revisión de su estructura, seguida de una evaluación de los resultados obtenidos en España. En tercer lugar, se abordará su utilidad en el ámbito educativo; en cuarto lugar, se identificarán las áreas que podrían mejorarse dentro del informe; y finalmente, se presentarán las conclusiones derivadas del estudio.

2. Estructura y contenido del informe

El informe español del ICILS 2023 (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, 2024) está estructurado en cinco capítulos y dos anexos en los que se desgranan tanto la metodología utilizada en la realización del estudio como el análisis de resultados obtenidos con el mismo. Los capítulos del informe son:

1. Introducción al estudio: donde se detallan los objetivos y antecedentes del estudio, la importancia de la competencia digital (CD) en la educación del siglo XXI y su integración en las políticas europeas y nacionales. Además, expone los marcos de evaluación utilizados para medir la CD y el pensamiento computacional (PC).
2. Resultados de España y comparativa internacional, que analiza el rendimiento del alumnado español y lo compara con otros países participantes, así como con la media de la Unión Europea (UE) y la media global del estudio. También profundiza en aspectos sociodemográficos y factores contextuales, como el acceso a internet y las diferencias de género.
3. Compromiso de los estudiantes con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): donde se explora cómo los estudiantes utilizan las TIC dentro y fuera del entorno escolar, y analiza comportamientos, actitudes y aprendizaje en torno a estas herramientas.
4. Actitudes emocionales hacia las TIC: capítulo que aborda la percepción de los estudiantes sobre el uso de tecnologías, su autoeficacia y las creencias sobre el impacto social y educativo de las TIC.
5. Conclusiones y recomendaciones, con las que se reflexiona sobre los hallazgos y su relevancia para el desarrollo de políticas educativas.

Además, se incluye un anexo con preguntas liberadas, que sirven de referencia para conocer qué tipo de pruebas se han realizado, y se ofrece un sitio web con los contenidos del informe en formato digital (Figura 1), incluyendo gráficas con resultados interactivos (https://bit.ly/3Ze3P8w).

Figura 1. Informe español del ICILS 2023: disponible en PDF y en línea (elaboración propia).



3. Resultados clave de España

Es interesante analizar los principales resultados de España (Fraillon, 2025; Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, 2024) en comparación con otros países participantes y las comunidades autónomas de cara a identificar fortalezas y áreas de mejora del sistema educativo español en el ámbito de la Competencia Digital (CD), destacando tanto las oportunidades de liderazgo internacional como los retos específicos a nivel local y regional.

En relación con el rendimiento medio en CD España obtuvo 495 puntos de media, lo que la posiciona ligeramente por encima de la media de la Unión Europea (493 puntos) y significativamente por encima de la media global (476 puntos). Sin embargo, se encuentra lejos de países líderes como Corea (540 puntos), República Checa (525) y Dinamarca (518). Esto coloca a España en una posición intermedia-alta a nivel global, reflejando avances importantes, aunque aún con margen para mejorar en los niveles más altos.

En el contexto europeo, España supera a países como Italia, Alemania y Luxemburgo, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas. Destaca, además, una menor dispersión en el rendimiento del alumnado español en comparación con otros países, lo que sugiere una mayor equidad en el sistema educativo.

En cuanto a la distribución por niveles de rendimiento, la mayoría del alumnado español se encuentra en niveles medios y altos de CD. Solo un pequeño porcentaje del alumnado español se sitúa en niveles de rendimiento bajos, comparable con la media europea. Esto indica que el sistema educativo español tiene una base sólida en la enseñanza de competencias digitales, aunque hay margen para mejorar en los niveles más altos y minimizar aún más los bajos.

Por otra parte, el informe analiza cómo diferentes factores contextuales y demográficos afectan al rendimiento en CD, como son:

1. Género: en línea con la tendencia internacional, las chicas españolas obtuvieron mejores resultados que los chicos en CD. Esta diferencia es estadísticamente significativa y refleja posiblemente mayores niveles de autoeficacia percibida en las estudiantes, además de una mayor predisposición a usar las TIC de manera reflexiva.
2. Acceso a Internet: los estudiantes sin conexión a internet en casa tuvieron un rendimiento inferior, pero la brecha es menor que la observada en la media de la UE. Esto sugiere que el acceso a internet en el hogar sigue siendo un factor de desigualdad, aunque las políticas educativas españolas pueden haber mitigado parcialmente su impacto.
3. Factores socioeconómicos: los estudiantes de entornos socioeconómicamente más favorecidos obtuvieron mejores resultados, reflejando una correlación típica entre el nivel socioeconómico y las competencias digitales. De esto se deduce que el índice de estatus económico, social y cultural (ISEC) sigue siendo un indicador clave para identificar áreas de intervención.

El desempeño por comunidades autónomas, con once comunidades y ciudades autónomas que ampliaron su muestra para obtener resultados representativos regionales, presenta numerosas diferencias entre territorios.

Cataluña (518 puntos), Madrid (514) y Asturias (512) lideran el desempeño, superando la media nacional y la de la UE, y acercándose a países líderes como Dinamarca. En contraste, Ceuta (421 puntos), Melilla (432) y Andalucía (477) se sitúan en la parte más baja de la distribución, reflejando posibles desigualdades en el acceso a recursos tecnológicos o en las políticas educativas regionales.

En términos de dispersión, La Rioja y Castilla y León muestran una mayor homogeneidad en los resultados, mientras que Ceuta y Melilla presentan desigualdades internas más marcadas, con los rangos de dispersión más altos.

En la comparativa con otros países, Corea ocupa el primer lugar con 540 puntos, caracterizado por un alto porcentaje de estudiantes en niveles de rendimiento altos y un mínimo en niveles bajos. Asimismo, países como la República Checa (525 puntos) y Dinamarca (518 puntos) destacan por su desempeño global y homogéneo. Sin embargo, Azerbaiyán (319 puntos), Kosovo (356 puntos) y Omán (379 puntos) están en el extremo opuesto, con una alta proporción de estudiantes en niveles bajos.

España se encuentra en una posición intermedia-alta y destaca especialmente por su menor dispersión en comparación con otros países europeos. Esto se debe a que presenta un rango intercuartílico (diferencia entre percentil 75 y 25) de 110 puntos, similar al promedio de la UE (116 puntos), lo que indica que las diferencias de rendimiento entre estudiantes son más reducidas que en países con mayores desigualdades internas. Igualmente, el rango entre el percentil 10 (alumnos con peor desempeño) y el percentil 90 (alumnos con mejor desempeño) en España es de 210 puntos, por debajo de la media de la UE (218 puntos).

De cara a considerar la posible relación con las políticas educativas, hay que tener en cuenta que los estudiantes que han participado en la edición ICILS 2023 estudiaron el currículo establecido por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), que integraba el uso de TIC de forma transversal pero no mediante asignaturas específicas.

Los resultados reflejan una base adecuada en competencias digitales, aunque la implementación de 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) puede ser una oportunidad para consolidar y mejorar los avances en competencias digitales, integrando de manera más efectiva las TIC en el currículo (Gobierno de España, 2020b).

4. Utilidad del informe en el ámbito educativo

La utilidad del informe ICILS 2023 en el sistema educativo español es significativa, ya que proporciona una radiografía detallada sobre el estado de la CD en estudiantes de 2.º de la ESO, así como de los factores asociados a su desarrollo. Este análisis tiene el potencial de influir positivamente en múltiples niveles del sistema educativo.

Por un lado, los datos permiten identificar puntos fuertes y áreas de mejora en el desarrollo de la CD, tanto a nivel nacional como regional, lo que facilita un diagnóstico del sistema educativo español. Esto lo convierte en una herramienta valiosa para evaluar la efectividad de políticas actuales, como el Plan de Digitalización y Competencias Digitales del Sistema Educativo (#DigEdu) (INTEF, 2022) o la implementación de la asignatura "Tecnología y Digitalización" introducida por la LOMLOE (Gobierno de España, 2020b, p.3), entre otras. Además, puede guiar en el diseño de nuevas metas, como reducir el porcentaje del alumnado con bajos niveles de CD o incrementar la equidad en el acceso a las TIC, priorizando recursos en zonas rurales o contextos desfavorecidos

Por otro lado, el desarrollo profesional del profesorado es un componente central para mejorar la CD del alumnado, por ello, es interesante que se trabaje en planes de formación personalizados, basándose en las necesidades identificadas. Se pueden diseñar programas de formación que refuercen las competencias digitales de los docentes, desde el uso básico de TIC hasta la integración de herramientas avanzadas como programación o inteligencia artificial (OECD, 2024). De igual manera el informe refuerza la importancia del "Marco de Referencia de la Competencia Digital Docente" como guía para la evaluación y certificación de las habilidades del profesorado en este ámbito (Gobierno de España, 2022).

Otro de los aportes más relevantes del informe es la identificación de desigualdades en el acceso a dispositivos y conectividad, que afectan especialmente a contextos vulnerables. Esto ayuda a decidir dónde invertir recursos, como ampliar la conectividad en zonas rurales o proporcionar dispositivos electrónicos a estudiantes de familias desfavorecidas (Fundación Telefónica, 2022). Al mismo tiempo que permite diseñar estrategias específicas para apoyar a estudiantes con discapacidades, aquellos en riesgo de exclusión digital y aquellos con menos acceso a recursos tecnológicos en el hogar.

Estos resultados pueden orientar estrategias para reducir la brecha digital, como la ampliación de programas como "Educa en Digital" (Gobierno de España, 2020a), que distribuyó más de 500.000 dispositivos y mejoró la conectividad en los centros contribuyendo a reducir brechas en el acceso a recursos tecnológicos; o "Código Escuela 4.0" (Gobierno de España, 2024).

También proporciona evidencias que pueden ayudar a diseñar recursos prácticos, como guías de uso de plataformas digitales, que permitan a los docentes integrar las TIC de manera efectiva en el aula. Estos aspectos pueden guiar a los centros educativos en su transición hacia entornos de aprendizaje digital por medio de los Planes Digitales de Centro (PDC) (INTEF, 2021), con estrategias personalizadas para mejorar la integración de las TIC en las prácticas pedagógicas y administrativas; y la garantización de la conectividad y equipamiento adecuado en todas las aulas.

A nivel de inspección educativa, los datos desglosados por comunidades, género y factores socioeconómicos ofrecen evidencias clave para supervisar, priorizar recursos y proponer o recomendar estrategias específicas para los centros con el fin de mejorar el rendimiento en CD, la formación docente o la implementación de metodologías innovadoras.

Por último, el informe subraya la importancia del entorno familiar en el desarrollo de la CD, destacando la necesidad de involucrar a las familias mediante talleres o guías prácticas para un uso seguro de las TIC. Estas iniciativas son esenciales para mitigar desigualdades en hogares con acceso limitado a internet o dispositivos electrónicos.

5. Áreas de mejora detectadas en el informe

A partir de los resultados del estudio, se identifican áreas clave que podrían desarrollarse para maximizar su impacto en el sistema educativo español. Estas incluyen propuestas relacionadas con la conexión directa con la práctica docente, contextualización de resultados, estrategias para la inclusión digital y el uso de herramientas emergentes, entre otras. A continuación, se analizan dichos aspectos:

1. Conexión con la práctica docente: aunque se detalla el rendimiento de los estudiantes, el informe podría incluir ejemplos prácticos de cómo integrar las competencias digitales en distintas asignaturas, adaptados a diferentes niveles educativos; incorporar estudios de caso de centros con buenos resultados en CD, destacando estrategias exitosas que podrían replicarse; o proporcionar enlaces o accesos directos a recursos formativos, herramientas digitales y guías metodológicas para docentes.
2. Contextualización de los resultados: sería de interés que se complementaran los datos cuantitativos con análisis cualitativos que expliquen las causas detrás de las diferencias de rendimiento, incluyendo testimonios de docentes, estudiantes y familias. Así como, profundizar en cómo los niveles de CD del profesorado influyen en los resultados de los estudiantes y proporcionar recomendaciones para la mejora continua.
3. Análisis más accesible y adaptado: aunque el informe incluye gráficos, podrían añadirse infografías dinámicas y resúmenes ejecutivos más visuales que faciliten su comprensión por parte de docentes y responsables educativos con tiempo limitado. En este sentido, también sería de utilidad el uso de un lenguaje más directo y menos técnico en apartados clave, para que sea más accesible a audiencias no especializadas, como las familias y el alumnado.
4. Estrategias para la inclusión digital: aportaría gran valor añadido el hecho de abordar con mayor profundidad las necesidades de estudiantes con discapacidades, aquellos en riesgo de exclusión digital o con limitaciones de acceso a dispositivos e internet, al igual que proporcionar recomendaciones detalladas sobre cómo combatir desigualdades en el acceso a herramientas TIC, especialmente en regiones o contextos desfavorecidos.
5. Uso de herramientas digitales emergentes: convendría ampliar el análisis del uso de herramientas como ChatGPT o Inteligencia Artificial en general, ofreciendo ejemplos concretos de su aplicación pedagógica y recomendaciones de implementación responsable (OECD, 2024). También sería valioso incluir indicadores para medir aprendizajes en áreas emergentes como robótica y desarrollo de software, más allá de la CD tradicional.
6. Formación para la comunidad educativa: el informe podría desarrollar secciones dedicadas a cómo las familias pueden apoyar el aprendizaje digital de sus hijos, especialmente en contextos de desigualdad. Igualmente, sería valioso proponer iniciativas para que los centros educativos desarrollen planes de mejora de la CD, tanto para el profesorado como para los estudiantes, vinculados a los hallazgos del informe.

En resumen, el informe ICILS 2023 es importante de cara a proporcionar una hoja de ruta para fortalecer políticas, reducir desigualdades y avanzar hacia un sistema educativo más equitativo e innovador. Este potencial se vería reforzado si incorporara las áreas indicadas, proporcionando una utilidad práctica, ayudando a docentes, estudiantes y familias a afrontar los desafíos y oportunidades del entorno digital.

6. Conclusiones

El informe ICILS 2023 presenta un análisis detallado sobre el desempeño del alumnado español de 2.º de la ESO en CD, situando por primera vez a España en el contexto internacional en este ámbito.

Los resultados de España en el ICILS 2023 muestran un desempeño sólido, dado su buen posicionamiento en relación con la media europea con menor desigualdad interna y avances en infraestructuras y políticas; con margen para mejorar en áreas específicas, como es la persistencia de las brechas entre comunidades autónomas y colectivos desfavorecidos, y la necesidad de fomentar un mayor porcentaje de estudiantes en niveles altos de rendimiento.

La información que proporciona es un punto de partida valioso para diseñar políticas educativas más inclusivas y efectivas que preparen al alumnado para una sociedad digital cada vez más exigente.

En conclusión, el ICILS 2023 es un recurso fundamental para impulsar la transformación digital de los sistemas educativos, ayudando a adaptar la enseñanza a las demandas de un entorno global cada vez más tecnológico. No obstante, para que el informe sea más útil para docentes, la inspección educativa y responsables de políticas, se deberían traducir sus resultados en acciones prácticas y específicas, con un enfoque en la formación, la reducción de brechas y la mejora continua.

Referencias

Fraillon, J. (Ed.). (2025). *An International Perspective on Digital Literacy. Results from ICILS 2023 (Revised)*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).

Fraillon, J., & Rožman, M. (Eds.). (2025). IEA International Computer and Information Literacy Study 2023. Assessment Framework. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61194-0.

Fundación Telefónica. (2022). *Libro Blanco de la Transformación Digital del Tercer Sector*. Fundación Telefónica.

INTEF. (2021). *Plan Digital de Centro. Descripción y guía*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF). https://d66z.short.gy/p49c0w.

INTEF. (2022). *Plan de Digitalización y Competencias Digitales del Sistema Educativo (Plan #DigEdu)*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF). https://d66z.short.gy/GxRrJF

Gobierno de España. (2020a). Resolución de 7 de julio de 2020, de la Subsecretaría, por la que se publica el Convenio entre el Ministerio de Educación y Formación Profesional, el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital y la Entidad Pública Empresarial Red.es, M.P., para la ejecución del programa "Educa en Digital". (BOE-A-2020-7682). Madrid, España: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. https://d66z.short.gy/K734Ev.

Gobierno de España. (2020b). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. (BOE-A-2020-17264). Madrid, España: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. https://d66z.short.gy/ETTLPr.

Gobierno de España. (2022). Resolución de 4 de mayo de 2022, de la Dirección General de Evaluación y Cooperación Territorial, por la que se publica el Acuerdo de la Conferencia Sectorial de Educación, sobre la actualización del marco de referencia de la competencia digital docente. (BOE-A-2022-8042). Madrid, España: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. https://d66z.short.gy/o0Wl7w.

Gobierno de España. (2024). Resolución de 5 de septiembre de 2024, de la Secretaría de Estado de Educación, por la que se publica el Acuerdo de la Conferencia Sectorial de Educación de 30 de julio de 2024, por el que se aprueba la propuesta de distribución territorial y los criterios de reparto de los créditos gestionados por comunidades autónomas destinados al Programa de cooperación territorial Código Escuela 4.0, en el ejercicio presupuestario 2024. (BOE-A-2024-18091). Madrid, España: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. https://d66z.short.gy/8Hu7yP.

Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes. (2024). *ICILS 2023. Estudio Internacional sobre Competencia Digital. Informe Español.* Secretaria General Técnica. Subdirección General de Atención al Ciudadano, Documentación y Publicaciones. https://d66z.short.gy/RJRhSz

OECD. (2024). *Education Policy Outlook 2024: Reshaping Teaching into a Thriving Profession from ABCs to AI*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/dd5140e4-en

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

The Role of ICT in Improving the Quality of Life of Individuals with Disabilities: A Systematic Literature Review

El papel de las TIC en la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad: una revisión sistemática de la literatura

María de los Ángeles Domínguez-González[a](*), Carlos Hervás-Gómez[b], Pedro Román-Graván[c]

[a] *Universidad de Sevilla, España*
https://orcid.org/0000-0002-9687-9325 mariandg@us.es
[b] *Universidad de Sevilla, España*
https://orcid.org/0000-0002-0904-9041 hervas@us.es
[c] *Universidad de Sevilla, España*
https://orcid.org/0000-0002-1646-9247 proman@us.es

ARTICLE INFO

Keywords
attention to diversity, digital technologies, functional diversity, intervention, standard of living, systematic literature review

ABSTRACT

The growing use of information and communication technologies (ICT) has enabled progress in interventions for individuals with disabilities. This study aims to review the scientific literature from 2012 to 2022 (the last ten years) on the use of educational technologies as tools to enhance the quality of life of individuals with disabilities. The PRISMA methodology was followed, and searches were conducted in the Scopus and Web of Science (WoS) databases, yielding a final sample of 21 studies. The risk of bias was evaluated using the ROBIS tool, and a co-occurrence analysis of keywords was performed using the VOSviewer software. The main findings indicate a growing body of scientific literature on this topic, with the most studied skills related to reading and writing. Most participants in these studies had intellectual disabilities or autism spectrum disorder. In conclusion, it is worth noting that scientific production in this area remains relatively limited, highlighting the need for further research. The integration of ICT into everyday life, both in the teaching–learning process and in daily activities, provides new opportunities for individuals with disabilities.

Palabras clave
atención a la diversidad, diversidad funcional, intervención, nivel de vida, tecnologías digitales, revisión sistemática de la literatura

RESUMEN

El creciente uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha permitido avances en las intervenciones dirigidas a personas con discapacidad. Este estudio tiene como objetivo revisar la literatura científica publicada entre 2012 y 2022 (los últimos diez años) sobre el uso de tecnologías educativas como herramientas para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad. Se siguió la metodología PRISMA y se realizaron búsquedas en las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS), obteniéndose una muestra final de 21 estudios. El riesgo de sesgo se evaluó mediante la herramienta ROBIS y se llevó a cabo un análisis de coocurrencia de palabras clave con el software VOSviewer. Los principales hallazgos indican un cuerpo creciente de literatura científica sobre este tema, centrado principalmente en habilidades relacionadas con la lectura y la escritura. La mayoría de las personas participantes en los estudios presentaban discapacidad intelectual o trastorno del espectro autista. En conclusión, cabe señalar que la producción científica en este ámbito sigue siendo relativamente limitada, lo que pone de manifiesto la necesidad de continuar investigando. La integración de las TIC en la vida cotidiana, tanto en el proceso de enseñanza-aprendizaje como en las actividades diarias, ofrece nuevas oportunidades para las personas con discapacidad.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 20/03/2023. Revisado, 21/11/2023. Aceptado, 19/03/2024. Publicado, 26/05/2025.
e-ISSN: 2444-8729

1. Introducción

Los datos más actuales de la OMS (Organización Mundial de la Salud) (2021) señalan que, aproximadamente, el 15% de la población mundial posee algún tipo de discapacidad, por lo que es muy probable que una gran mayoría de personas tengan discapacidad a lo largo de su vida, ya sea de forma temporal o permanente. La calidad de vida de estas personas se ve limitada al tropezar con barreras físicas, comunicativas, sociales y económicas, así como problemas relativos a la salud. Baek et al. (2022) aseguran que las personas con discapacidad muestran con frecuencia una insatisfacción mayor con su vida, debido no solo a la discapacidad en sí misma, sino a aspectos del entorno como la discriminación, los prejuicios o incluso la exclusión social.

Por consiguiente, se debe trabajar la inclusión desde edades tempranas, siendo el entorno educativo un espacio idóneo para ello. Fuentes Gutiérrez et al. (2021) manifiestan que la educación es el camino para lograr no solo el aprendizaje de diferentes conocimientos, sino la integración de valores culturales y sociales del entorno que rodea al individuo, al igual que el desarrollo de habilidades que facilitan la inclusión a la sociedad de una manera plena. Los sistemas educativos deben tener como objetivo principal, por tanto, apostar por inclusión plena, donde se ayude a disminuir las desigualdades que sufre el alumnado con Necesidades Educativas de Apoyo Específico (NEAE), el cual muestra más dificultades en el aprendizaje y/o en el desarrollo que los compañeros de su misma edad. Coincidiendo con Cabero-Almenara et al. (2022) cuando afirman que son necesarias acciones específicas para minimizar y eliminar obstáculos que puedan encontrarse.

Actualmente se estudian nuevos enfoques metodológicos para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje en aulas ordinarias, sin embargo, es necesario ampliar los estudios que se centren en la intervención para la mejora de la calidad de vida de personas con discapacidad (Jdaitawi et al., 2022).

Históricamente, se han venido estudiando e investigando las tecnologías por un lado y la educación especial por otro, siendo líneas de investigaciones paralelas. En cambio, cada vez son más los estudios que analizan la implementación de herramientas tecnológicas en personas con discapacidad, luchando contra la exclusión social a través de diversos recursos digitales (Fernández-Batanero et al., 2022; Fernández-Cerero & Román-Graván, 2023; Lin et al., 2018; Román-Graván & Fernández-Cerero, 2022).

Las tecnologías de asistencia son aquellas herramientas tecnológicas que están focalizadas en apoyar la independencia y autonomía, así como mejorar y/o mantener las capacidades funcionales de las personas con discapacidad (Larco et al., 2021).

Uno de los motivos principales por el que las tecnologías se utilizan cada vez más en contextos de educación especial, es por su accesibilidad y adaptabilidad. Sin embargo, diseñar una herramienta digital para personas con discapacidad, supone un desafío para los investigadores y los profesionales que intervengan en el proceso, pues hay que tener en cuenta varios factores como por ejemplo, dar respuesta a las necesidades reales de los usuarios, establecer de qué forma se obtendrá la información de la interacción del sujeto durante el uso o satisfacer las necesidades de todos los usuarios, es decir, padres y madres, maestros o especialistas médicos, siempre y cuando no se olvide que el usuario principal ha de ser la persona con discapacidad (Du & Salen Tekinbas, 2020).

En cuanto al tipo de dispositivo, los más utilizados en este tipo de intervenciones son los teléfonos inteligentes y *tablets*, pues poseen funciones que permiten cambiar tamaño de fuentes, formas, formatos, etc. En definitiva, los dispositivos y terminales móviles con contenido interactivo son herramientas de apoyo en personas con discapacidad, puesto que favorecen la independencia y autonomía, la participación y productividad tanto en actividades rutinarias de su vida diaria como en tareas académicas o de ocio. Esto les permite mejorar la gestión del tiempo, así como la atención, la autoestima o el empoderamiento, fomentando a su vez la adquisición del aprendizaje (Larco et al., 2021; Menezes et al., 2020).

El objetivo principal de este estudio ha sido revisar la producción científica sobre el uso de aplicaciones móviles en personas con discapacidad.

Se plantearon los siguientes interrogantes de investigación: ¿cuál es el estado de la producción científica en los últimos diez años?, ¿qué tipo de metodología prima en los estudios?, ¿qué países destacan en este tipo de investigaciones?, ¿qué habilidades se trabajan con la aplicación de las tecnologías?, ¿qué tipo de discapacidad predomina en los participantes de los estudios?, y ¿en qué rango de edad se han llevado a cabo las experiencias de investigación?

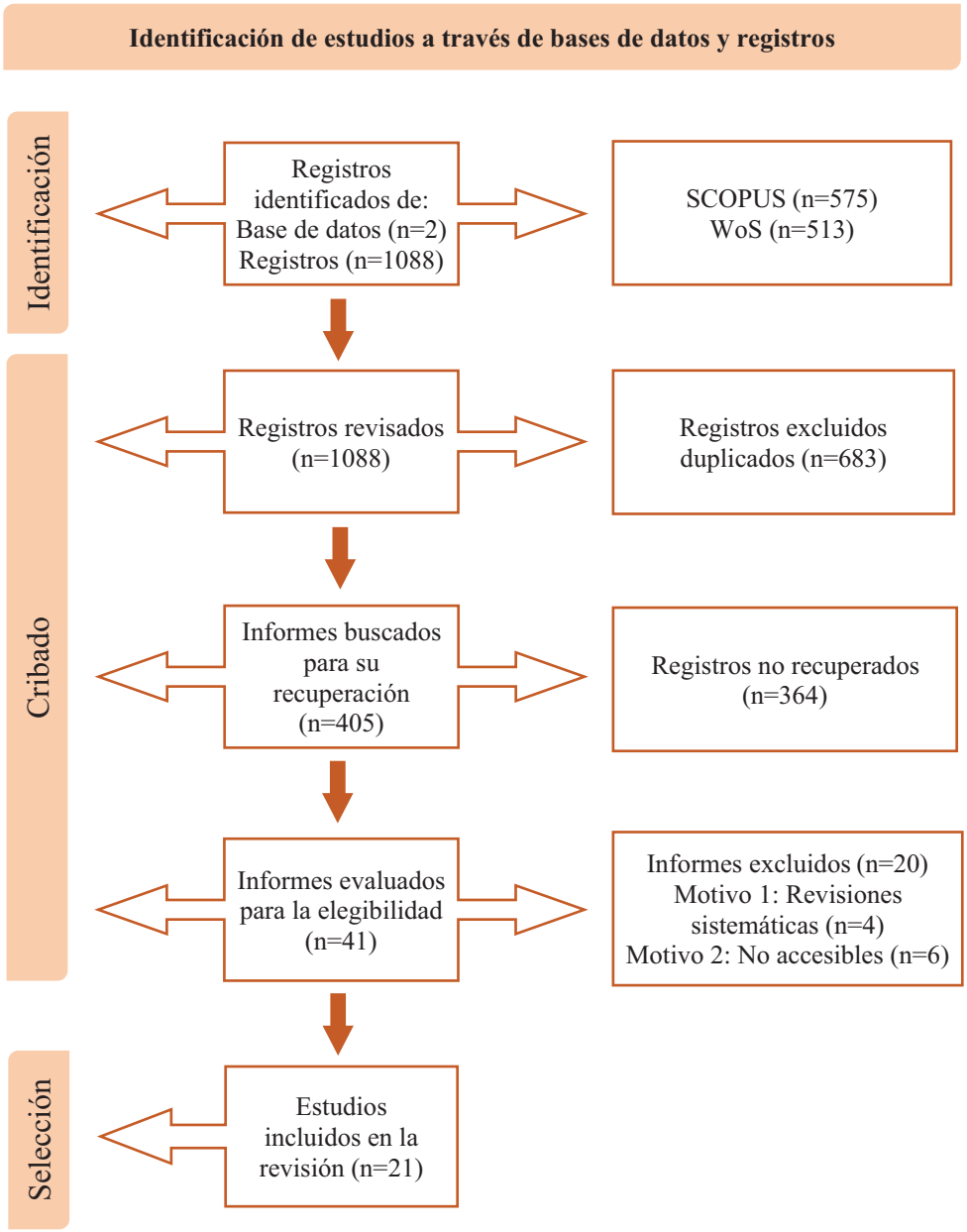
2. Método

El enfoque de este estudio sigue un método de carácter mixto, ya que se realiza, por un lado, una descripción a nivel de porcentajes y, por otro lado, se realiza un análisis cualitativo.

2.1. Estrategia de búsqueda

Para la consecución de los objetivos planteados, se ha utilizado un enfoque sistemático a través de la declaración PRISMA 2020 (Haddaway et al., 2021; Page et al., 2021), de modo que se posibilita la reproducción de los métodos empleados (García-Peñalvo, 2022). La búsqueda de los artículos se produjo entre los meses de octubre y noviembre de 2022 en las dos bases de datos seleccionadas (Scopus y WoS). La elección de estas bases de datos se debe a su prestigio ya que son fuentes de datos muy completas que recogen publicaciones de impacto, siendo ambas herramientas poderosas para revisiones sistemáticas (Pranckutė, 2021). Como estrategia de búsqueda, se utilizaron las siguientes palabras claves consideradas esenciales para la investigación: apps, ict, software, disability, disabilities. Se usaron los operadores booleanos "AND", "OR" y "NOT" en las diferentes búsquedas realizadas. En total se identificaron 1088 registros (575 en Scopus y 513 en WoS), seleccionando finalmente 21 estudios después del cribado (Figura 1) para su análisis en profundidad.

Figura 1. Representación del diagrama de flujo con el proceso de selección de documentos



Fuente: elaboración propia a partir de Haddaway et al. (2021), https://estech.shinyapps.io/prisma_flowdiagram/

2.2. Criterios de inclusión y exclusión

A continuación, se muestran los criterios de inclusión y exclusión establecidos: publicaciones de los últimos diez años (2012-2022), tipo de documento (artículo), disciplina (Ciencias Sociales), documentos accesibles, e investigaciones que hayan llevado a cabo experiencias con recursos tecnológicos.

Por tanto, se excluyeron diferentes tipos de documentos como tesis doctorales, capítulos de libros y conferencias, así como aquellos que no pertenecían al ámbito o años establecidos. Del mismo modo, quedaron excluidos los documentos que no eran accesibles y los estudios que no trataban de experiencias llevadas a cabo, sino de revisiones sistemáticas u otro tipo de investigaciones.

2.3. Extracción de datos

La Tabla 1 presenta los 21 estudios que se incluyeron en la revisión, ordenados alfabéticamente por autor. La tabla proporciona información sobre los autores, el año de publicación, el país y la base de datos donde se seleccionaron los estudios.

Los autores llevaron a cabo un minucioso análisis de la calidad de los estudios incluidos, utilizando la herramienta ROBIS para evaluar el potencial riesgo de sesgo, según se detalla en el estudio de Whiting et al. (2016). Esta herramienta se enfoca en cuatro áreas cruciales: los criterios de elegibilidad de los estudios, la identificación y selección de estos, la recopilación de datos y la evaluación de estudios, además de la síntesis y los hallazgos. En cada una de estas áreas, se formularon preguntas específicas para evaluar el riesgo, que posteriormente

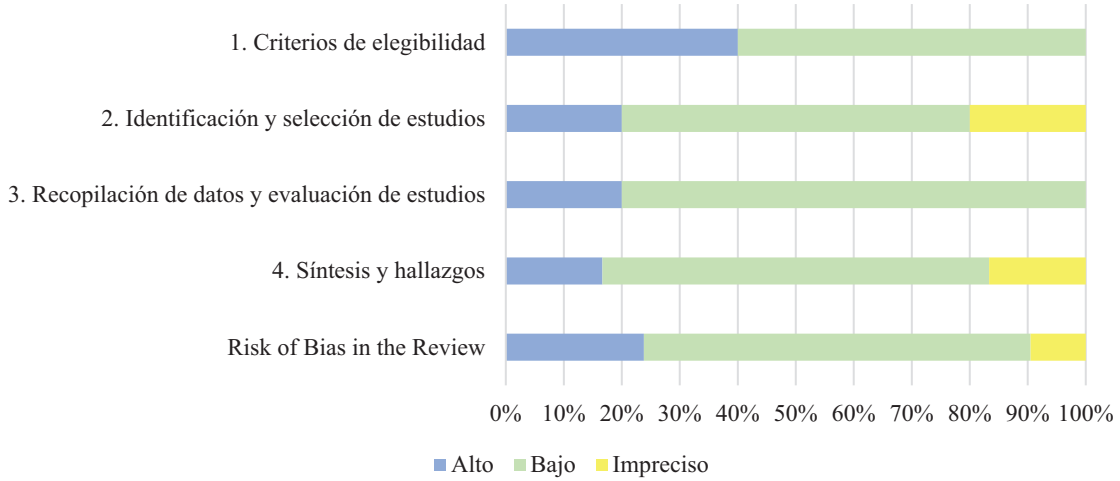
Tabla 1. Estudios seleccionados.

Nº	*Autor*	*Año*	*País*	*Base de datos*
1	McMahon et al.	2013	EE. UU.	WoS
2	Zhang et al.	2015	EE. UU.	WoS
3	Chai et al.	2016	EE. UU.	SCOPUS
4	Fage et al.	2018	Francia	WoS
5	Pitchford et al.	2018	Malawi	WoS
6	Bassette et al.	2019	EE. UU.	WoS
7	Fage et al.	2019	Bélgica	SCOPUS
8	Williams & Shekhar	2019	Inglaterra	WoS
9	Alqahtani	2020	EE. UU.	WoS
10	Cook & Sayeski	2020	EE. UU.	SCOPUS
11	Kennedy et al.	2020	EE. UU.	SCOPUS
12	Alqahtani	2021	EE. UU.	WoS
13	Camacho-Conde y Magán-Alvite	2021	España	WoS
14	Misquitta & Ghosh	2021	India	SCOPUS
15	Balint-Langel et al.	2022	EE. UU.	SCOPUS
16	Beccaluva et al.	2022	Italia	SCOPUS
17	Hampshire et al.	2022(*)	EE. UU.	SCOPUS
18	Jdaitawi et al.	2022	Arabia Saudí	SCOPUS
19	Matulewski et al.	2022	Polonia	WoS
20	Mazzotti et al.	2022	EE. UU.	SCOPUS
21	Romski et al.	2022(*)	Sudáfrica	SCOPUS

(*) Incluido en la revisión en 2022 cuando no estaba asignado a un volumen definitivo, la publicación definitiva data de 2023

se calificaron como alto, bajo o incierto. Los resultados se presentan de manera global en la Figura 2, mostrando que más del 60% de los hallazgos indican un riesgo bajo de sesgo.

Figura 2. Valoración del sesgo a través de la herramienta ROBIS.



Fuente: elaboración propia tras aplicar la herramienta.

3. Resultados

3.1. Aspectos formales de los estudios

Tal y como se observa en la Figura 3, el análisis de los estudios revisados muestra que en el año 2022 se concentran la mayoría de las investigaciones (33,3 %), seguido de los años 2020 (19 %), 2021 (14,3 %), y 2019 (14,3 %). En los años 2013, 2015, 2016 y 2018 apenas hay representación (4,8 %). Por el contrario, no hay estudios seleccionados en los años 2017, 2014 y 2012.

En la Figura 4, se muestra el tipo de metodología utilizada en los estudios, destaca principalmente el enfoque cuantitativo (47,6%), seguido de la metodología mixta (28,6%) y métodos cualitativos en último lugar (23,8%).

En cuanto a los países a los que pertenecen las investigaciones, destaca con diferencia EE. UU con 11 estudios (52 %), el 48 % restante lo representan estudios diversos países: España, Italia, Bélgica, Francia, Arabia Saudí, Polonia, India, Malawi, Inglaterra y Sudáfrica.

Figura 3. Relación de artículos por año.

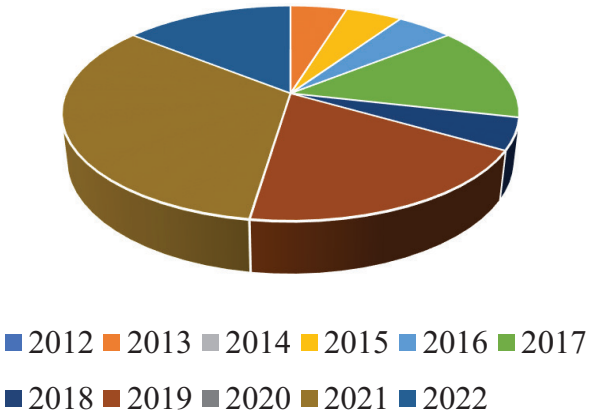
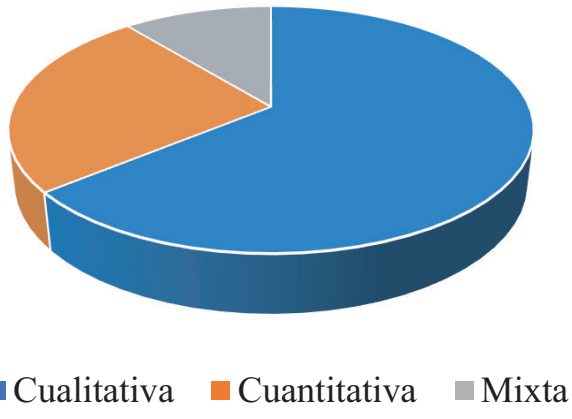


Figura 4. Método utilizado en los artículos



Fuente: elaboración propia.

3.2. Experiencias con tecnología en personas con discapacidad

3.2.1. Habilidades trabajadas en los estudios

En la Figura 5 se pueden apreciar las habilidades que más se ha trabajado en los estudios. En primer lugar, han destacado las relacionadas con la escritura y lectura (28,6%), seguidas de autocontrol y autodeterminación (19%), las matemáticas (14,3%), habilidades comunicativas (14,3%) y de comportamiento socioadaptativo (9,5 %). En menor medida se han trabajado habilidades como la memoria (4,8%) y las emociones (4,8%).

Destacando algunos de los estudios, Misquitta & Ghosh (2021), hablan de la importancia de la alfabetización para obtener mejores oportunidades en la vida, de ahí la importancia de trabajar habilidades en relación con la escritura y la lectura sobre todo en personas con discapacidad, pues suelen tener limitaciones y deficiencias en este sentido. En por ello que autores como Hampshire et al. (2023), Kennedy et al. (2020) o Chai et al. (2016) trabajaron habilidades fonológicas, de escritura o vocabulario en sus investigaciones. Alqahtani (2020, 2021) muestra que tras el trabajo con iPad en sujetos con Discapacidad Intelectual (DI), las habilidades de comprensión lectora mejoraron significativamente tras la intervención.

Estrechamente relacionadas se encuentran las habilidades comunicativas, trabajadas por ejemplo por Camacho-Conde & Magán-Alvite, (2021), Romski et al. (2023) y Matulewski et al. (2022) lo cuales indagaron nuevas formas de comunicación a través de un software para personas con diversas discapacidades, todos con resultados satisfactorios.

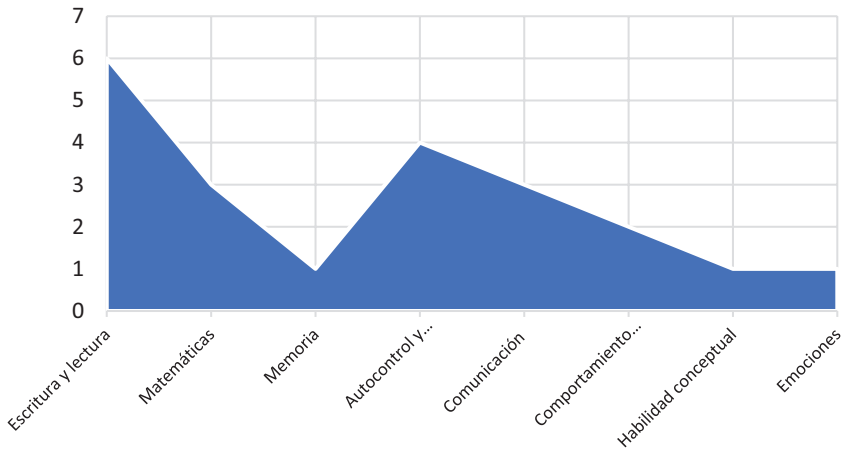
Con este mismo dispositivo (iPad) trabajaron los autores Balint-Langel et al. (2022), pero con el objetivo de trabajar el autocontrol. y arrojaron resultados esperanzadores, pues los participantes de su estudio aprendieron a manejar el dispositivo, aunque sugieren un trabajo más constante para lograr mejores resultados. Mazzotti et al. (2022) se enfocaron en trabajar la autodeterminación mientras que Cook y Sayeski (2020), investigaron la eficacia de una herramienta para trabajar el autocontrol de estudiantes con discapacidad en aulas ordinarias, considerando seguir trabajando en este camino.

Bassette et al. (2019) y Zhang et al. (2015), trabajaron las habilidades matemáticas con estudiantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA) habilidades consideradas fundamentales para ayudarles en su día a día en la realización de tareas y resolución de problemas. Los resultados mostraron una mayor fluidez en diversas tareas tras trabajar con una aplicación.

La memoria es otra de las habilidades investigadas sobre todo en personas con DI. Beccaluva et al. (2022), sugiere que no solo es positivo trabajar con recursos tecnológicos para fomentar estas habilidades, sino que utilizándolos de manera colaborativa aporta aún más beneficios. Fage et al. (2019) apostaron por trabajar las emociones en adolescentes con TEA y con DI presentando resultados prometedores.

El comportamiento adaptativo fue investigado Fage et al. (2018), ya que la inclusión en las aulas del alumnado con TEA frecuentemente se ve obstaculizada por sus dificultades adaptativas. Tras la intervención con una aplicación móvil, mejoró en general el comportamiento adaptativo de los participantes del estudio.

Figura 5. Áreas trabajadas en los estudios.



Fuente: elaboración propia.

Las tecnologías educativas se han vuelto cada vez más importantes para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, pero para lograr este objetivo, también es esencial que los docentes tengan las habilidades necesarias para introducir estas tecnologías en su práctica docente. Sin embargo, esto puede resultar abrumador y estresante para muchos de ellos. Algunos hallazgos (Fernández-Batanero et al., 2021) también muestran que los docentes presentan altos niveles de ansiedad o estrés debido al uso de la tecnología educativa en el aula.

3.2.2. Perfil de los sujetos de los estudios

El tipo de discapacidad de los sujetos de los estudios seleccionados ha sido muy diverso. Principalmente, se ha trabajado con personas con DI (33%) y con personas diagnosticadas con TEA (33%). El 19% de los estudios estaban dirigidos a personas con diversos tipos de discapacidades (auditivas, motoras, visuales o psíquicas). En menor medida, los sujetos tenían trastornos del desarrollo (10%) y deficiencias del lenguaje (5%).

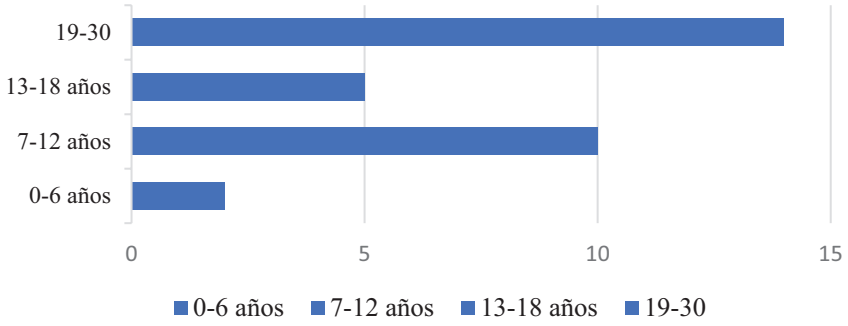
Una gran mayoría de estudios se han dirigido a personas con DI. De acuerdo con el Manual "Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)" (American Psychiatric Association, 2014), la discapacidad intelectual es un trastorno que incluye tanto deficiencias intelectuales como del comportamiento adaptativo que comienzan durante el período de desarrollo. Todo ello influye en diferentes ámbitos: cognitivo, social, comunicativo, motor, conductual y emocional.

Otra gran parte de investigaciones estuvieron dirigidas a personas con TEA. Este trastorno se caracteriza principalmente por presentar dificultades en la comunicación. El DSM-5 lo define como el conjunto de deficiencias persistentes en la comunicación, así como en la interacción social. Se incluyen aquí las deficiencias en la reciprocidad socioemocional, en las relaciones y en las conductas comunicativas, observándose en ellos, patrones repetitivos de comportamiento, actividades o intereses

En este aspecto, la tecnología tiene un uso potencial en personas con DI, quienes pueden aprender a manejar diferentes dispositivos y así aliviar dificultades de la vida diaria (Balint-Langel et al., 2022). Al igual que ocurre con otro tipo de discapacidades, en personas con autismo la tecnología puede suponer un apoyo para trabajar diferentes habilidades y facilitar de este modo su vida (Bassette et al., 2019).

En referencia al rango de edad al que iban destinados los estudios, destaca la franja de 7 a 12 años (47,6 %), seguido de estudios dirigidos a jóvenes de 13 a 18 años (23,8 %), adultos jóvenes de 19 a 30 años (19 %) y por último a edades tempranas de 0 a 6 años (9,5 %).

Figura 6. Relación de edades de los participantes.



Fuente: elaboración propia.

3.3. Calidad de vida en personas con discapacidad

El mundo está lleno de dificultades y barreras que personas con discapacidad y sus familias deben sortear. En este sentido, los centros educativos no siempre cuentan con los recursos necesarios para cubrir las necesidades reales de los usuarios. En este aspecto, las tecnologías ofrecen oportunidades innovadoras que puede aportar beneficios a esta población (Hampshire et al., 2023).

Manejar por ejemplo sistemas de comunicación y por tanto poder interactuar con los demás, favorecen la calidad de vida. A veces no se trata de emplear demasiados recursos y costes excesivos, sino de aprender nuevas herramientas que hacen posible mejorar la vida de los usuarios con discapacidad (Matulewski et al. 2022).

Cabe destacar, que Williams y Shekhar (2019) analizaron la usabilidad de dispositivos móviles, en concreto la interacción con las pantallas (tocar, deslizar o uso de botones). Los resultados mostraron que la mayoría de los usuarios obtuvieron éxito en el manejo de estos dispositivos, sin embargo, surgieron diversas dificultades, por lo que se vuelve necesario seguir trabajando en este sentido para lograr mayor calidad de vida en personas con discapacidad. Todas las investigaciones que se realizan en este ámbito se llevan a cabo con el objetivo de mejorar su calidad de vida no solo en la escuela, sino en la transición a la vida adulta y laboral (Balint-Langel et al., 2022).

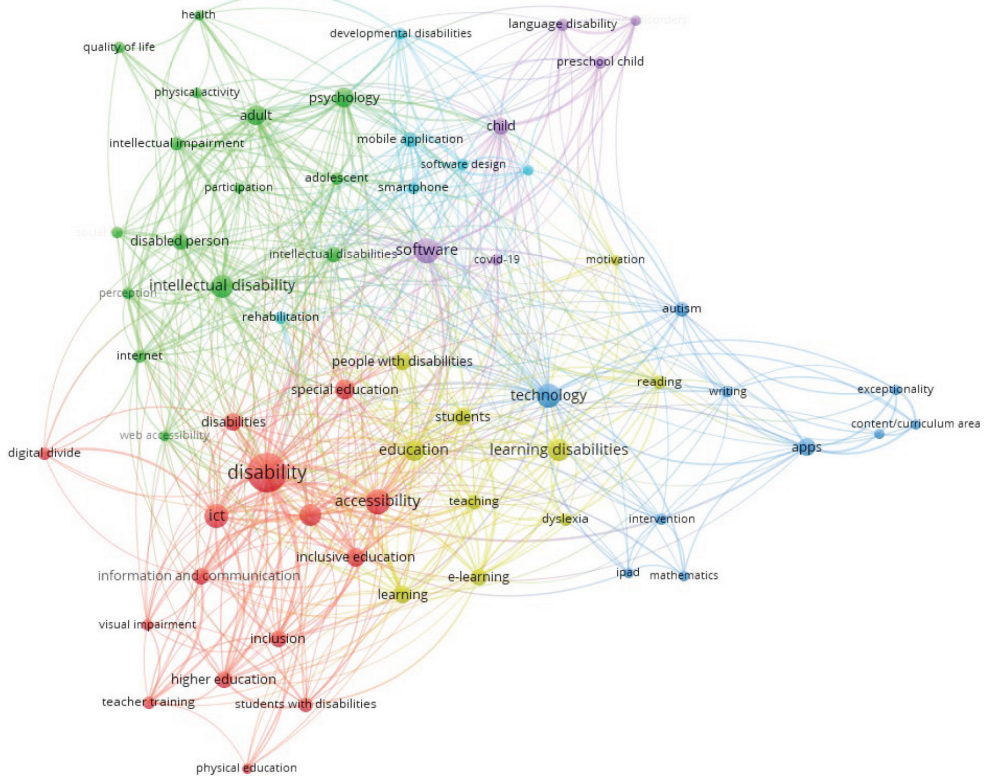
3.4. Análisis de co-ocurrencia de palabras clave

Respecto a la co-ocurrencia de las palabras claves de la búsqueda realizada, se analizó de manera automática gracias al programa VOSviewer. La Figura 7 muestra un mapa con las principales palabras clave detectadas clasificadas en nodos temáticos o clústeres. El tamaño, color y distancia entre ellos, indican la relación entre los diversos términos, así como la frecuencia.

El primer clúster, representado de color rojo, consta de 15 ítems. Este hace referencia a la temática principal de los estudios seleccionados con las siguientes palabras: disability, disabilities, accessibility, special education, inclusive education, ict, digital divide, information and communication, inclusion, higher education, teacher training, students with disabilities, physical education, visual impairment, technology perspective.

El segundo clúster, de color verde, consta de 15 ítems. Principalmente, hace referencia a las personas a las que iban dirigidos los estudios. Los términos incluidos aquí son: intellectual disability, disabled person, adult, adolescent, participation, perception, internet, intellectual impairment, physical activity, quality of life, health, psychology, web accessibility, social inclusion.

Figura 7. Mapa de nodos temáticos o clústeres.



Fuente: elaboración propia.

El tercer clúster representado de color azul recoge 10 ítems. Se hace referencia en este caso a la intervención de los estudios. Las palabras son: technology, intervention, autism, ipad, mathematics, writing, apps, content/curriculum area, exceptionality, mobile apps.

El cuarto clúster, de color amarillo, consta de 10 ítems. Estos términos están relacionados con el ámbito educativo: education, learning, students, e-learning, dyslexia, learning disabilites, people with disabilities, reading, motivation, teaching.

El quinto clúster representado de color morado consta de 6 ítems, relacionando la tecnología con los sujetos de los estudios: software, covid-19, child, preschool child, language disability, languague disorders.

El sexto y último clúster, de color turquesa, consta de 5 ítems menos frecuentes en los estudios: developmental disabilities, mobile application, smartphone, software design, rehabilitation.

4. Discusión y conclusiones

El objetivo de esta revisión sistemática ha sido analizar intervenciones con herramientas tecnológicas a través de experiencias llevadas a cabo en personas con discapacidad. Para ello se estableció el objetivo principal y en consecuencia las preguntas de investigación.

Teniendo en cuenta todos los estudios analizados y rescatando las cuestiones planteadas al comienzo de esta revisión, se puede afirmar con respecto a la primera pregunta, que la producción científica parece ir en aumento, lo que significa que las intervenciones con herramientas tecnológicas en personas con discapacidad es un tema que preocupa y es cada vez más el centro de muchas investigaciones. En cuanto al tipo de metodología usada en los estudios, resalta el enfoque cuantitativo frente al cualitativo. El país que más destaca en este tipo de investigaciones es sin lugar a duda EE. UU.

Todos los estudios analizados han estados centrados en una habilidad o capacidad concreta, siempre con el fin de mejorar la experiencia del usuario y de este modo su calidad de vida. Muchos de ellos, han estado buscando indirectamente trabajar la autonomía, aspecto fundamental que se pretenden potenciar en la intervención de personas con discapacidad (Balint-Langel et al., 2022). Esto resulta de gran importancia en la transición a la vida adulta, ya que, en el ámbito laboral, apenas un tercio de la población con discapacidad logra empleo y este, suele ser precario. En personas con discapacidad intelectual, esto se complica aún más (Alqahtani, 2020).

Las habilidades relativas a la comunicación e interacción social también han sido centro de las investigaciones. Romski et al. (2023) sugieren que el uso guiado de aplicaciones móviles mejora el lenguaje oral y por tanto la comunicación en niños con diferentes discapacidades. Por otro lado, el autocontrol es un elemento fundamental en cuanto a estrategias de autogestión (Cook & Sayeski, 2020) y como tal, muchos estudios se han centrado en él.

Respecto al tipo de discapacidad que más presentaban los participantes de los estudios, ha sido la discapacidad intelectual y el trastorno del espectro autista, de aquí la importancia de trabajar las habilidades citadas anteriormente, pues es donde presentan más dificultades y limitaciones. Por último, y en cuanto a la edad de los participantes, ha destacado el rango de 7 a 12 años, pues se considera fundamental para el diagnóstico y tratamiento trabajar desde edades tempranas para lograr mejoras más significativas y duraderas (Beccaluva et al., 2022).

Por tanto, el uso de herramientas digitales supone un avance en la calidad de vida de personas con discapacidad. Por ejemplo, el estudio de Fage et al. (2019), muestra que puede mejorar la autorregulación de las emociones en adolescentes con TEA tras trabajar con una aplicación móvil. La Realidad Aumentada (RA) también es buena aliada en este aspecto, pues permite a los niños con discapacidad comprender de manera más efectiva los conceptos. Así lo demuestra el estudio de Jdaitawi et al. (2022) que, tras la implementación de la estrategia con RA, mejoró la autorregulación en los participantes, así pues, sugieren utilizarla en el ámbito de la educación especial tras comprobar su efectividad.

Sin embargo, siguen primando los estudios que analizan los efectos de las tecnologías en alumnado de aulas ordinarias frente al alumnado con algún tipo de discapacidad, en parte debido a la dificultad, esfuerzo y coste que requieren en especial las aplicaciones diseñadas para la interacción con la mirada (Matulewski et al., 2022; Pitchford et al., 2018).

Por tanto, las conclusiones a las que llegamos son las siguientes:

a) El centro de las investigaciones es cada vez más las intervenciones con herramientas tecnológicas en personas con discapacidad.
b) El país que más investigaciones con enfoque cuantitativo realiza es EE. UU.

c) La autonomía ha sido el aspecto más trabajado por los estudios.
d) El autocontrol es un elemento fundamental en cuanto a estrategias de autogestión.
e) La discapacidad intelectual y el trastorno del espectro autista han sido los tipos de discapacidad más estudiadas, siendo el rango de 7 a 12 años la edad de los participantes.
f) El uso de herramientas digitales supone un avance en la calidad de vida de personas con discapacidad.

Esta revisión sistemática tiene algunas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, los términos utilizados para la búsqueda y las bases de datos empleadas pueden ser ampliados para futuras investigaciones. Aunque se han utilizado las palabras clave acordadas por los autores, es recomendable ampliar la terminología y las bases de datos para obtener resultados más completos. Además, el número de artículos seleccionados es escaso, lo que puede limitar la generalización de los resultados. Por lo tanto, se sugiere que se realicen más investigaciones en este campo para obtener una visión más completa y precisa.

Si bien es cierto que la mayoría de los resultados de los estudios analizados son satisfactorios, hay que tener en cuenta que la muestra suele ser pequeña, por lo que no se puede generalizar los resultados, sería recomendable ampliar la muestra de participantes, así como el tipo de discapacidad de los sujetos (McMahon et al., 2013). Pero, sin lugar a duda, son estas experiencias las que demostrarán si las herramientas tecnológicas diseñadas y empleadas son correctas o necesitan modificaciones para futuras intervenciones (Pitchford et al., 2018).

Para finalizar, estamos de acuerdo con la Hampshire et al. (2023) quienes concluyen que "nuestras acciones y habilidades pueden tener un impacto significativo en la vida de los demás" (p. 8).

Financiación

Esta publicación es parte de la tesis doctoral "Competencia digital docente como apoyo al alumnado con discapacidad", financiada por el por el VI Plan Propio de Investigación y Transferencia de la Universidad de Sevilla (VI PPIT-US).

Contribución de los autores

María de los Ángeles Domínguez-González: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Obtención de financiación, Investigación, Metodología, Recursos, Software, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.

Carlos Hervás-Gómez: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Recursos, Supervisión, Validación, Redacción-revisión y edición.

Pedro Román-Graván: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Recursos, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción-revisión y edición.

Referencias

Alqahtani, S. S. (2020). iPad and repeated reading to improve reading comprehension for young adults with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities, 103*, 103703. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103703

Alqahtani, S. S. (2021). Ipad Text-to-Speech and Repeated Reading to Improve Reading Comprehension for Students with SLD. *Reading & Writing Quarterly*, *39*(1), 1–15. https://doi.org/10.1080/10573569.2021.1987363

American Psychiatric Association. (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales DSM-5.* Editorial Médica Panamericana.

Baek, S., Lee, S., & Lee, S. Y. (2022). Association of ICT utilization level and life satisfaction of people with disabilities: Focus on differences in disability type. *Asian Social Work and Policy Review, 16*(2), 165–174. https://doi.org/10.1111/aswp.12256

Balint-Langel, K., Yuan, C., & Hua, Y. (2022). Teaching the calendar application on a mobile device to young adults with intellectual and developmental disabilities. *Journal of Special Education Technology, 37*(1), 11-21. https://doi.org/10.1177/0162643420933575

Bassette, L., Shurr, J., Cremeans, M., Bouck, E., & Park, J. (2019). Comparison of concrete and app-based manipulatives to teach subtraction skills to elementary students with autism. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities, 54*(4), 391–405.

Beccaluva, E., Riccardi, F., Gianotti, M., Barbieri, J., & Garzotto, F. (2022). VIC — A Tangible User Interface to train memory skills in children with intellectual disability. *International Journal of Child-Computer Interaction, 32,* 100376. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100376

Cabero-Almenara, J., Guillén-Gámez, F. D., Ruiz-Palmero, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2022). Teachers' digital competence to assist students with functional diversity: Identification of factors through logistic regression methods. *British Journal of Educational Technology, 53*(1), 41-57. https://doi.org/10.1111/bjet.13151

Camacho-Conde, J. A., & Magán-Alvite, L. (2021). Diseño de una Plataforma de Comunicación Multimedia Móvil (PCMM) en Educación Especial. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC, 10*(1), 73-99. https://doi.org/10.21071/edmetic.v10i1.12469

Chai, Z., Ayres, K. M., & Vail, C. O. (2016). Using an iPad app to improve phonological awareness skills in young English-language learners with disabilities. *Journal of Special Education Technology, 31*(1), 14–25. https://doi.org/10.1177/0162643416633332

Cook, K. B., & Sayeski, K. L. (2020). High-School students with high-incidence disabilities' use of smartphones for self-monitoring. *Exceptionality, 30*(4), 279–295. https://doi.org/10.1080/09362835.2020.1772064

Du, Y., & Salen Tekinbas, K. (2020). Bridging the gap in mobile interaction design for children with disabilities: Perspectives from a pediatric speech language pathologist. *International Journal of Child-Computer Interaction, 23–24*, 100152. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2019.100152

Fage, C., Consel, C. Y., Balland, E., Etchegoyhen, K., Amestoy, A., Bouvard, M., & Sauzéon, H. (2018). Tablet apps to support first school inclusion of children with autism spectrum disorders (ASD) in mainstream classrooms: a pilot study. *Frontiers in Psychology, 9*, 2020. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02020

Fage, C., Consel, C., Etchegoyhen, K., Amestoy, A., Bouvard, M., Mazon, C., & Sauzéon, H. (2019). An emotion regulation app for school inclusion of children with ASD: Design principles and evaluation. *Computers and Education, 131*, 1–21. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.12.003

Fernández-Batanero, J. M., Román-Graván, P., Reyes-Rebollo, M. M., & Montenegro-Rueda, M. (2021). Impact of Educational Technology on Teacher Stress and Anxiety: A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(2), 548. https://doi.org/10.3390/ijerph18020548

Fernández-Batanero, J. M., Cabero-Almenara, J., Román-Graván, P. & Palacios-Rodríguez, A. (2022). Knowledge of university teachers on the use of digital resources to assist people with disabilities. The case of Spain. *Education and Information Technologies, 27*, 9015-9029. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10965-1

Fernández-Cerero, J., & Román-Graván, P. (2023). Aspectos que explican el grado de conocimiento del docente universitario en el uso de recursos TIC para atender a estudiantes con discapacidad. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 83*, 104-119. https://doi.org/10.21556/edutec.2023.83.2759

Fuentes Gutiérrez, V., García-Domingo, M., Amezcua Aguilar, P., & Amezcua Aguilar, T. (2021). Attention to the functional diversity on primary education. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 19*(1), 91–106. https://doi.org/10.15366/REICE2021.19.1.006

García-Peñalvo, F. J. (2022). Developing robust state-of-the-art reports: Systematic Literature Reviews. *Education in the Knowledge Society, 23*, e28600. https://doi.org/10.14201/eks.28600

Haddaway, N. R., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2021). PRISMA2020: R package and ShinyApp for producing PRISMA 2020 compliant flow diagrams. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.4287834

Hampshire, P. K., Crawford, M., & Sawyer, M. (2023). Maximizing Writing Interventions for Individuals Receiving Special Education Services Through Technological Applications in the Elementary Classroom. *Journal of Special Education Technology*, *38*(2), 239-247. https://doi.org/10.1177/01626434221108885

Jdaitawi, M., Alturki, S., Ramzy, S., Saleh, W., Mabrouk, S., Abdulgawad, R., & Hasan, H. (2022). The effect of modern technology app on the self-regulation skills of students with disabilities. *Journal of Education and Health Promotion, 11*(1), 288. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1798_21

Kennedy, M. J., Romig, J. E., VanUitert, V. J., & Rodgers, W. J. (2020). Impact of the InferCabulary App on vocabulary knowledge of fifth-grade students with disabilities. *Journal of Special Education Technology, 35*(4), 204–224. https://doi.org/10.1177/0162643419858077

Larco, A., Peñafiel, P., Yanez, C., & Luján-Mora, S. (2021). Thinking about inclusion: Designing a digital app catalog for people with motor disability. *Sustainability, 13*, 10989. https://doi.org/10.3390/su131910989

Lin, Z., Yang, L., & Zhang, Z. (2018). To include, or not to include, that is the question: Disability digital inclusion and exclusion in China. *New Media & Society, 20*(12), 4436-4452. https://doi.org/10.1177/1461444818774866

Matulewski, J., Bałaj, B., Mościchowska, I., Ignaczewska, A., Linowiecki, R., Dreszer, J., & Duch, W. (2022). Learnability evaluation of the markup language for designing applications controlled by gaze. *International Journal of Human-Computer Studies, 165*, 102863. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102863

Mazzotti, V. L., Shogren, K., Stewart-Ginsburg, J., Wysenski, D., Burke, K., & Hildebrandt, L. (2022). Development of the goal-setting challenge app: engaging users to promote self-determination. *International Journal of Disability, Development and Education, 69*(1), 331–351. https://doi.org/10.1080/1034912X.2021.1959022

McMahon, D. D., Cihak, D. F., Gibbons, M. M., Fussell, L., & Mathison, S. (2013). Using a *Mobile App to Teach Individuals with Intellectual Disabilities to Identify Potential Food Allergens*. *Journal of Special Education Technology, 28*(3), 21–32. https://doi.org/10.1177/016264341302800302

Menezes, L. D. C., da Silva, T. D., Capelini, C. M., Tonks, J., Watson, S., Moraes, I. A. P., Monteiro, C. B. de M. (2020). Can individuals with down syndrome improve their performance after practicing a game on a mobile phone? A new insight study. *Learning and Motivation, 72*. https://doi.org/10.1016/j.lmot.2020.101685

Misquitta, R., & Ghosh, A. (2021). FABLe: A Mobile Application to Assess and Build Foundational Literacy Skills for All Children, Including Children with Disabilities in India. *International Journal of Disability, Development and Education*, *70*(4), 575–587. https://doi.org/10.1080/1034912X.2021.1901861

Organización Mundial de la Salud (24 de noviembre de 2021). *Discapacidad y salud*. https://d66z.short.gy/Qabl9y

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. *Publications, 9*(1), 12. https://doi.org/10.3390/publications9010012

Pitchford, N. J., Kamchedzera, E., Hubber, P. J., & Chigeda, A. L. (2018). Interactive apps promote learning of basic mathematics in children with special educational needs and disabilities. *Frontiers in Psychology, 9,* 262. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00262

Román-Graván, P., & Fernández-Cerero, J. (2022). Training of university teachers in ICT and disability. The case of the University of Seville. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation, 17*, 135–151. https://doi.org/10.46661/ijeri.6168

Romski, M. A., Sevcik, R. A., King, M., DeLeo, G., Branum-Martin, L., & Bornman, J. (2023). Using a self-guided app to provide communication strategies for caregivers of young children with developmental disorders: A pilot investigation. *Journal of Policy and Practice in Intellectual Disabilities, 20*(1), 73-88. https://doi.org/10.1111/jppi.12436

Whiting, P., Savović, J., Higgins, J. P. T., Caldwell, D. M., Reeves, B. C., Shea, B., Davies, P., Kleijnen, J., & Churchill, R. (2016). ROBIS: A new tool to assess risk of bias in systematic reviews was developed. *Journal of Clinical Epidemiology*, *69*, 225–234. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2015.06.005

Williams, P., & Shekhar, S. (2019). People with learning disabilities and smartphones: Testing the usability of a touch-screen interface. *Education Sciences, 9*(4), 263. https://doi.org/10.3390/educsci9040263

Zhang, B. M., Trussell, R. P., Gallegos, B., & Asam, R. R. (2015). Using math apps for improving student learning: an exploratory study in an inclusive fourth grade classroom. *TechTrends, 59*(2), 32-39. https://doi.org/10.1007/s11528-015-0837-y

Education in the Knowledge Society 26 (2025)

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Digital Platforms and Attention to Diversity

Las plataformas digitales y la atención a la diversidad

M. Isabel Pardo Baldoví[a](*), Ángel San Martín Alonso[b]

[a] *Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Universitat de València. València, España.*
https://orcid.org/0000-0002-8630-0818 Misabel.Pardo@uv.es
[b] *Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Universitat de València. València, España.*
https://orcid.org/0000-0003-3565-4250 Angel.Sanmartin@uv.es

ARTICLE INFO

Keywords
Educational technology, student diversity, educational practices, educational change.

ABSTRACT

This paper deals with the possibilities that digital platforms offer to attend to the students' diversity and personalise learning, exploring its implications. For this purpose, qualitative research based on the proposal of "thinking by cases" is conducted, where the development of a field study in four schools in the Valencian Community stands out. The information is collected by analysing the official documentation of the schools and the digital platforms used, participant observation sessions, in-depth interviews with management teams, ICT Coordination and teachers (tutor and specialist), and compiling a field diary. This information is analysed following the postulates of discourse analysis, using conversational analysis for the interviews and documentary analysis for the other instruments. Digital platforms are considered to be tools that facilitate learning, especially for students with specific educational support needs, due to their motivational potential. As a main advantage, teachers highlight the possibility of offering visual and auditive support and assistance with motor deficits. For this reason, they are highly valued for assisting students with severe disorders (autism spectrum disorder, motor and visual problems) and students who have recently joined the educational system. Some shadows are also pointed out, but positive perceptions prevail, as they are considered elements that facilitate the personalisation of learning. The personalisation of the learning approach implies a substantive change in the organisational logic of the teaching and learning process. Thus, it constitutes an ambivalent phenomenon, as although it contributes to attending to diversity, it breaks with the traditional organisation of the classroom to advocate deregulated models, not exempt from mechanisms of devolution of responsibilities to the students and indebted to cognitive capitalism. This shows the importance of further research.

Palabras clave
Tecnología educativa, diversidad del alumnado, prácticas educativas, cambio educativo.

RESUMEN

Este trabajo aborda las posibilidades que las plataformas digitales ofrecen para atender a la diversidad del aula y personalizar los aprendizajes, indagando en las implicaciones derivadas. Para ello se desarrolla una investigación cualitativa fundamentada en la propuesta de "pensar por casos", donde destaca el desarrollo de un estudio de campo en cuatro centros escolares de la Comunitat Valenciana. La información se recopila mediante el análisis de la documentación oficial de los centros escolares y de las plataformas digitales utilizadas, la realización de sesiones de observación participante, entrevistas en profundidad a equipos directivos, Coordinación TIC y profesorado (tutor y especialista), y la redacción de un diario de campo. Esta información es analizada siguiendo los postulados del Análisis del Discurso, empleando el análisis conversacional para las entrevistas y el documental para el resto de instrumentos. La mayoría del profesorado contempla las plataformas digitales como herramientas que facilitan el aprendizaje, especialmente del alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo, por su potencial motivador. Como principales bondades destacan la posibilidad de ofrecer apoyos visuales, auditivos y al déficit motor. Por

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 03/01/2024. Revisado, 20/05/2024. Aceptado, 22/07/2024. Publicado, 19/05/2025.
e-ISSN: 2444-8729

ello, son muy valoradas para atender al alumnado con trastornos graves (trastorno del espectro autista, problemas motores y visuales) y al de reciente incorporación al sistema educativo. También se señalan algunas sombras, pero las percepciones positivas se imponen, considerándose elementos facilitadores de la personalización de los aprendizajes. El enfoque de personalización de los aprendizajes implica un cambio sustantivo de la lógica organizativa del proceso de enseñanza y aprendizaje. Así, constituye un fenómeno ambivalente, ya que si bien contribuye a atender a la diversidad, rompe con la organización tradicional del aula para abogar por modelos desregulados, no exentos de mecanismos de devolución de responsabilidades al alumnado y deudores del capitalismo cognitivo. Lo que evidencia la importancia de seguir profundizando en la investigación.

1. Introducción

La eclosión digital de las últimas décadas ha provocado una transformación radical de las distintas esferas sociales (Poell et al., 2019), entre ellas la educación. En este escenario, emerge una escuela que avanza hacia lo que la literatura académica califica de transformación digital (Area-Moreira et al., 2020; Navaridas-Nalda et al., 2020) y recientemente de plataformización (Decuypere et al., 2021; Saura et al., 2021). Un fenómeno consistente en la implementación de las tecnologías y, más específicamente, de las plataformas digitales como elementos de trabajo cotidiano en el aula.

A raíz de ello los recursos educativos experimentan una intensa "metamorfosis digital" (Area-Moreira, 2017) que trasciende la mera introducción de nuevas herramientas, provocando una redefinición profunda del proceso educativo (Williamson, 2019). Esta transformación deriva de las posibilidades que ofrecen las plataformas digitales, entre las cuales destaca su potencial para personalizar y adaptar los aprendizajes (Engel & Coll, 2022; Kem, 2022; Major et al., 2021) en base a la flexibilización de los ritmos y tareas mediante la regulación autónoma del trabajo.

En el marco de este potencial de personalización, numerosas investigaciones subrayan las bondades de las plataformas digitales para favorecer la atención a la diversidad del alumnado (Lozano & Peirats, 2019) y responder a las necesidades específicas de apoyo educativo (Orozco Cazco et al., 2017). Aspecto que constituye uno de los principales retos que enfrenta tanto la escuela como la sociedad actual (Pardo-Baldoví et al., 2022).

Focalizando la atención en este ámbito, se destacan como efectos positivos que las tecnologías ofrecen apoyos educativos (Cabero-Almenara et al., 2022) y también que pueden contribuir al desarrollo de experiencias sustentadas en el Diseño Universal de Aprendizaje (Alba Pastor et al., 2015; Rolón, 2020), que facilitan la adquisición de habilidades en el alumnado con necesidades educativas especiales (Panesi et al., 2020) y que favorecen su autonomía e independencia (Krasniqi et al., 2022). En definitiva, el trabajo digital se reivindica como un camino hacia la inclusión educativa.

Sin embargo, también existen voces que cuestionan este planteamiento hegemónico o, al menos, que enfatizan la importancia de analizar críticamente las narrativas que circulan en el contexto social y que van fraguando en el discurso dominante, socialmente asumido como consenso, respecto a la omnipotencia de las tecnologías digitales. Al hilo de ello, Peruzzo y Allan (2024) defienden la necesidad de reformular los significados atribuidos tanto a las tecnologías digitales como a la inclusión educativa, incidiendo en la naturaleza política e ideológica de ambos constructos.

Adoptar esta premisa supone reconocer que las tecnologías digitales no son elementos ingenuos, sino que entrañan una importante carga ideológica (Casilli & Posada, 2019). Pese a que se revistan de una aparente neutralidad técnica (Gillespie, 2010), están enmarcadas en un modelo socioeconómico específico, el capitalismo informacional o de plataformas (Srniceck, 2018; Zukerfeld, 2020) y, en este sentido, son tanto deudoras como introductoras de su lógica y racionalidades. Por tanto, traen aparejados significados que calan en la escuela y en la práctica educativa y sobre los cuales resulta necesario profundizar.

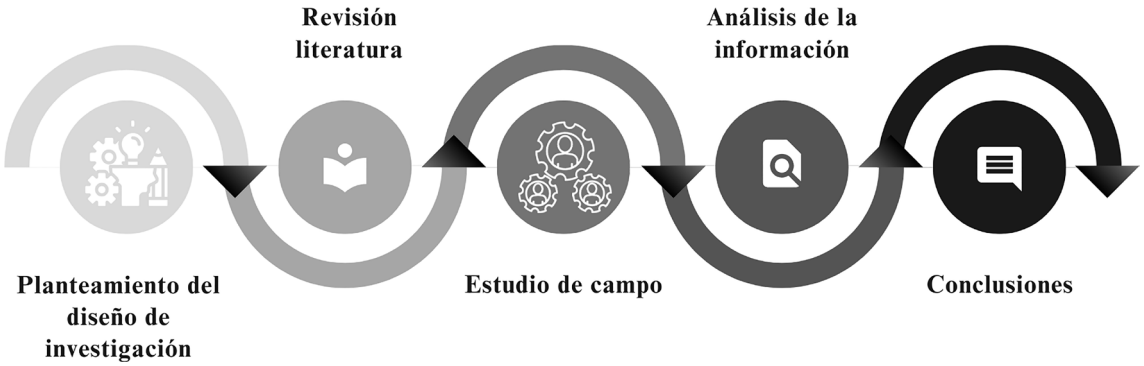
Partiendo de este escenario emergen preguntas como: ¿qué visiones muestra el profesorado respecto al uso de las tecnologías y de las plataformas digitales como recursos para la atención a la diversidad?, ¿cuáles son las luces y sombras derivadas del uso de estos artefactos para ofrecer soporte al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo? Y, en última instancia, ¿cómo contribuyen a la personalización de los aprendizajes? En definitiva: ¿ayudan las plataformas a marcar el camino hacia la inclusión educativa o encubren el triunfo de la desregulación de la educación?

A estas cuestiones, entre otras, trata de responder el presente trabajo, derivado de una investigación de tesis doctoral financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España (Referencia: FPU 16/04009), centrada en analizar las transformaciones derivadas de la implementación de plataformas digitales como herramientas cotidianas en Educación Infantil y Primaria, y que presta especial atención a su papel en la atención a la diversidad del aula.

2. Método

La investigación se cimienta a partir de una metodología cualitativa, con el objetivo de indagar en profundidad en los cambios suscitados por las plataformas digitales sobre el proceso didáctico, acotando la mirada a la respuesta a la diversidad. Esta pretensión se concreta en la propuesta metodológica de "pensar por casos" (Passeron & Revel, 2005), según la cual el conocimiento se va generando mediante la interrogación continua y el diálogo entre la literatura académica y la realidad. El "caso" se va construyendo mediante 5 fases sintetizadas en la Figura 1.

Figura 1. Diseño de la investigación



Tras el planteamiento del diseño de la investigación y la revisión de la literatura académica relacionada con el objeto de estudio, se desarrolla un estudio de campo en cuatro centros de Educación Infantil y Primaria situados en la Comunitat Valenciana, seleccionados de forma intencional siguiendo la estrategia de selección por propósito (Morse, 2015) en base a criterios previamente establecidos en la investigación como: contar con alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo y utilizar las plataformas digitales para atender a la diversidad. Se decidió contemplar distintas tipologías de centros escolares para considerar aspectos contextuales de interés. En la Tabla 1 se ofrece una síntesis de las características de los 4 centros escolares participantes en el estudio de campo.

Tabla 1. Características de los centros escolares participantes en el estudio de campo

	Centro 1	**Centro 2**	**Centro 3**	**Centro 4**
Titularidad	Público	Público	Público	Concertado
Contexto	Semiurbano	Urbano	Rural	Urbano
Tipología	CEIP	Centro Singular	CRA	Centro Privado

Nota: elaboración propia.

El centro escolar 1 es un Centro de Educación Infantil y Primaria (CEIP), situado en un contexto semiurbano, con 475 plazas escolares autorizadas (150 para Educación Infantil y 325 para Primaria) que cuenta con una trayectoria de innovación educativa de más de 40 años de experiencia. Se observa una tendencia creciente hacia la escolarización de alumnado con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo, que actualmente se corresponde con el 26%. A nivel de tecnologías, fue uno de los centros pioneros en la Comunitat Valenciana en disponer de aula de informática. Y, actualmente, el alumnado trabaja con dispositivos digitales individuales en 5º y 6º de Educación Primaria.

El centro escolar 2 también es un C.E.I.P., pero catalogado como Centro Singular por las características del alumnado que escolariza. Está situado en un barrio periférico de la ciudad de València, que presenta una estructura socioeconómica marcada por el desempleo y la exclusión social. Cuenta con 293 plazas escolares, 200 para Primaria y las restantes para Infantil. Prácticamente la totalidad de su alumnado es de etnia gitana, y un amplio porcentaje presenta necesidades específicas de apoyo educativo y de compensación educativa. Por lo que respecta a las tecnologías, se está implementando el modelo de Aula del Futuro.

El centro escolar 3 es un Colegio Rural Agrupado (CRA) con 393 plazas (143 de Educación Infantil y 250 de Educación Primaria) distribuidas en aularios de distintos municipios. Escolariza a alumnado con necesidades

específicas de apoyo educativo que presentan Dificultades de Aprendizaje, Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad y Trastorno del Espectro Autista. A nivel de tecnologías, es un centro pionero en la innovación digital.

Por último, el Centro Escolar 4 es un colegio privado-concertado religioso, con 75 plazas escolares de Infantil y 150 de Primaria. Se sitúa en un barrio periférico de la ciudad de Valencia, con población de escasos recursos y alta complejidad relacionada con la delincuencia y la drogodependencia. La zona se caracteriza por la diversidad y la multiculturalidad, por lo que el centro escolar atiende a alumnado de más de 24 nacionalidades. Un amplio porcentaje presentan Necesidades Específicas de Apoyo Educativo derivadas de circunstancias físicas y psíquicas, y necesidades de Compensación Educativa por factores económicos, sociales, familiares o culturales. A nivel de tecnologías, el centro destaca por utilizarlas como herramientas para atender a la diversidad, contando con amplia experiencia.

Para recopilar la información emergida en el estudio de campo se utilizaron los instrumentos y técnicas sintetizados en la Tabla 2.

Tabla 2. Instrumentos y técnicas para la recogida de información

Instrumentos y técnicas	**Participantes**
Análisis documentos oficiales centros	-
Observación participante	Alumnado y profesorado
Análisis plataformas digitales	-
Entrevistas en profundidad	Equipos directivos, Coordinadores TIC, Profesorado (tutor y especialista)
Diario de campo	-

Nota: elaboración propia.

En primer lugar, para formar un conocimiento preliminar sobre los 4 centros escolares, se han analizado sus documentos oficiales (Proyecto Educativo de Centro, Programación General Anual, Reglamento de Régimen Interno y Plan de Convivencia). Este análisis ha permitido explorar el papel que las plataformas digitales ostentan en la dimensión formal de la escuela, y su relación explícita con la atención a la diversidad.

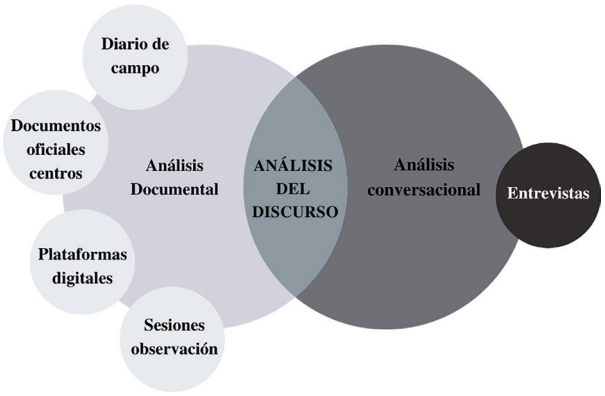
Tras ello, se ha profundizado en la realidad de cada escuela mediante la realización de sesiones de observación participante sistematizada de situaciones de aula (Flick, 2015) en 3 aulas distintas de cada centro escolar. Este trabajo se ha concentrado especialmente en los cursos del tercer ciclo de Educación Primaria, por ser el que trabaja más intensamente con tecnologías y plataformas digitales. No obstante, también se han incluido observaciones en aulas específicas de atención a la diversidad, así como en aulas de Educación Infantil, del resto de cursos de Primaria, y de todas las especialidades (a excepción de Educación Física, dado que en esta área no se hacía uso didáctico de las plataformas digitales en ninguno de los cuatro centros escolares participantes). En el caso de los docentes especialistas, se han observado entre 3 y 4 sesiones por aula. Y por lo que respecta al profesorado tutor, las sesiones han variado entre 3 y 7 en cada aula en función de si se seguía el modelo de Unidades Didácticas (donde la estructura de las sesiones está más definida y acotada) o por Proyectos de Aprendizaje (que requieren mayor número de sesiones para observar el desarrollo de las tareas). Las observaciones se han vertebrado en torno a la propuesta de la etnografía digital (Pink et al., 2019) dirigida a la observación de las prácticas en entornos mediados por tecnologías. Estas han permitido apreciar en primera persona los usos que el profesorado otorga a las plataformas digitales para atender a la diversidad. La información emergida ha sido registrada en fichas de observación.

Este trabajo se ha complementado con el análisis de las plataformas digitales más utilizadas por el profesorado durante las sesiones observadas, y con la realización de entrevistas individuales en profundidad al profesorado, los equipos directivos y la Coordinación TIC del centro, con un total de 23 entrevistados. Las entrevistas se registraron en audio, con el permiso de las personas entrevistadas, quienes posteriormente revisaron la transcripción literal y pudieron realizar cambios, para finalmente autorizar su uso en la investigación. Todas ellas han sido desarrolladas mediante guiones confeccionados *ad hoc* y discutidos con 3 expertos en el ámbito de la Tecnología Educativa al servicio de la inclusión y 4 docentes de las etapas de Educación Infantil y Primaria. Las entrevistas han permitido abordar cuestiones relacionadas con el papel que las plataformas digitales desempeñan en la atención a la diversidad del alumnado, desvelando tanto sus luces como sus sombras.

Por último, de forma transversal, se utilizó un Diario de campo para recopilar la información de interés emergida durante el proceso de investigación.

La información recopilada a través de las técnicas e instrumentos anteriormente citados fue organizada, clasificada y estudiada a partir de dos procedimientos vertebrados en torno al Análisis del Discurso (Van Dijk, 2005), tal y como se refleja en la Figura 2.

Figura 2. Instrumentos de recogida de información y procedimientos empleados para su análisis



Nota: elaboración propia.

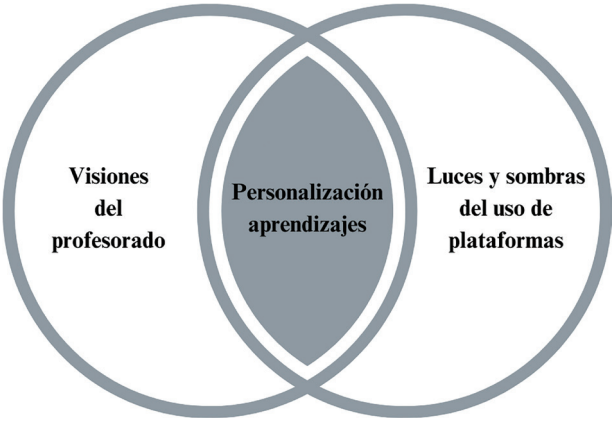
El Análisis Conversacional se empleó para la información recopilada a través de las entrevistas y el Análisis Documental para la información procedente del resto de instrumentos.

La diversidad de personas participantes en la investigación, de instrumentos y técnicas utilizados para la recogida de información y de procedimientos de análisis empleados ha permitido abordar el fenómeno estudiado desde distintas perspectivas y obtener resultados consistentes en base a la triangulación de fuentes y herramientas. Los cuales se exponen a continuación.

3. Resultados

Como se ha detallado en la introducción, este trabajo pretende dar respuesta a una serie de preguntas de investigación que gravitan en torno a la relación que se produce entre el uso de las plataformas digitales, la atención a la diversidad del alumnado y la personalización de los aprendizajes. Para ello, la exposición de resultados sigue el esquema de la Figura 3.

Figura 3. Esquema de exposición de resultados



Nota: elaboración propia.

En primer lugar, se indaga en las percepciones del profesorado participante sobre el uso de las plataformas digitales como recursos educativos para atender a la diversidad.

Tras ello, se analizan las luces y sombras derivadas del uso de estas herramientas para ofrecer soporte a las necesidades específicas del alumnado.

Finalmente, se profundiza en la relación que guardan las plataformas digitales con la personalización de los aprendizajes. Un fenómeno que emerge de la intersección entre los dos aspectos citados anteriormente, sustentándose tanto en las cosmovisiones del profesorado, como en la propia naturaleza de los artefactos.

3.1. Visiones del profesorado sobre el uso de las plataformas digitales como recursos para atender a la diversidad

Las plataformas digitales constituyen elementos cotidianos de trabajo en las aulas, tal y como ha podido apreciarse en las sesiones de observación, en las cuales todo el profesorado participante las utilizaba para desarrollar algún tipo de tarea.

La dimensión en la que mayor protagonismo alcanzan es la del proceso de enseñanza y aprendizaje, donde han logrado naturalizarse, convirtiéndose en herramientas prácticamente imprescindibles y muy valoradas. La mayoría del profesorado las concibe como recursos que permiten optimizar y promover el aprendizaje. Argumentan que con ellas el alumnado "aprende más, porque aprende con ganas" [EDEC1, l. 321] y que "aprenden, por lo menos, más rápido. Y mantienen más el interés" [EDTC2, l. 304].

En el estudio de campo también se aprecian voces críticas con este planteamiento, quienes cuestionan, e incluso denuncian, la fiebre digital que gobierna la esfera educativa. Este posicionamiento queda reflejado cuando algunos entrevistados exponen que "no está claro que introducir un montón de herramientas telemáticas y quitar el carácter más manipulativo, sobre todo, en los primeros niveles [...] sea positivo a nivel de desarrollo afectivo y cognitivo" [EIE, l. 577-583].

Sin embargo, la tensión que emerge entre estas dos posturas suele conceder la supremacía a la primera. De forma que, a nivel general, en los centros escolares se enfatizan las posibilidades de las plataformas para optimizar el aprendizaje. Por ser este el planteamiento que se corresponde con el discurso hegemónico actual (Williamson, 2019).

Por los efectos positivos sobre el aprendizaje que el profesorado atribuye a las plataformas, son especialmente utilizadas en las aulas de educación especial. Este fenómeno queda patente en las entrevistas cuando una maestra de Pedagogía Terapéutica señala que "en el aula de Educación Especial suelo utilizar aplicaciones y plataformas digitales" [EDEC4, l.31] o cuando otra docente de Audición y Lenguaje explica que tiene "un montón de plataformas" [ECTICC4, l. 343-353] que facilitan su trabajo con el alumnado con necesidades específicas.

Ahora bien, ¿cuáles son los argumentos que sustentan esta postura? El principal motivo aludido es el impacto positivo que las plataformas digitales logran en tanto recursos que captan la atención y motivan al alumnado. Como expone un maestro al señalar que cuando la actividad es "interactiva, está en un entorno gráfico, a ellos les resulta mucho más motivador y lo hacen mucho más a gusto" [ECTICC1, l. 324-325]. Si bien este factor motivador afecta al alumnado a nivel general, el profesorado señala que es especialmente importante en el caso de quienes presentan necesidades específicas de apoyo educativo. Porque "se les tiene que motivar mucho y estimular, entonces a veces la estimulación diaria de todos los días haciendo lo normal no les va a llamar la atención. Estos niños requieren una estimulación más específica" [EDEC4, l. 51-53]. Aspecto que consideran más fácil de lograr con recursos digitales.

Estos argumentos llevan al profesorado a considerar que la implementación de plataformas amplía las posibilidades de desarrollar prácticas de enseñanza y aprendizaje con un valor diferencial respecto a los recursos analógicos. Tal y como se aprecia en el siguiente extracto de una de las entrevistas, donde se defiende que:

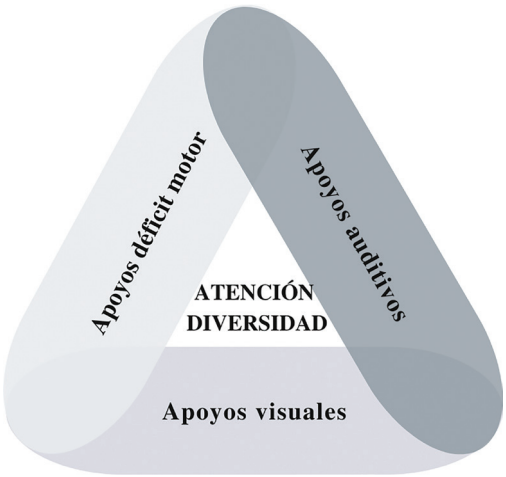
> a la hora de crear algo las plataformas son mucho más creativas, te dan muchas más variantes a la hora de hacer, puedes hacer radio fácil con un iPad, puedes hacer un vídeo, puedes hacer un montaje, puedes hacer un Croma y darle un efecto [EEDC3, l. 355-358].

En resumen, el profesorado destaca diversas bondades de las plataformas digitales que pueden contribuir a facilitar los aprendizajes, tanto a nivel general como por lo que respecta al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo. Señalando, además, la facilidad, versatilidad y efectismo inherente a estos artefactos.

3.2. Luces y sombras del uso de plataformas digitales como recursos para atender a la diversidad

El profesorado participante destaca que las plataformas digitales constituyen elementos valiosos para facilitar el aprendizaje del alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo, por ofrecer alguno de los apoyos reflejados en la Figura 4.

Figura 4. Características de las plataformas digitales que favorecen la atención a la diversidad del alumnado



Nota: elaboración propia.

Los apoyos visuales son la característica más valorada por el profesorado en lo que respecta a la atención a la diversidad. En las plataformas el lenguaje icónico ostenta una gran importancia, lo que constituye una fortaleza para atender a determinados alumnos. En primer lugar, porque favorece su atención e interés, como plantea el profesorado al explicar que estos recursos "visualmente son mucho más atractivos" [EEDC2, l. 396]. Pero, especialmente, porque la visualidad resulta de gran ayuda para introducir y clarificar los contenidos. En esta línea, el profesorado defiende que "para el alumnado con NEAE las plataformas son importantes. Porque necesitan la imagen para respaldar el conocimiento o el concepto, y nos va muy bien apoyarnos en esas cosas" [EDTC2, l. 468-470].

Según los docentes, los apoyos visuales permiten dar respuesta a diversas necesidades específicas de apoyo educativo, desde las puntuales hasta las más complejas. Entre estas últimas, destaca el alumnado que presenta trastornos graves y deficiencias severas, tanto de carácter visual, como de otras tipologías, como el Trastorno del Espectro Autista (TEA).

Con relación a las deficiencias visuales, durante las observaciones se ha apreciado la utilidad de las plataformas para atender al alumnado con restos visuales y problemas de visión como la acromatopsia o el daltonismo. Las posibilidades de ampliación, de cambio de contraste y luz, de resolución, etc., que ofrecen los dispositivos en los que se utilizan las plataformas facilitan el trabajo de este alumnado. Los docentes señalan la utilidad de trabajar con tabletas digitales, que permiten un manejo táctil, y especialmente con la Pizarra Digital Interactiva, porque permite que el alumnado "haga trazos grandes, que la visualización sea más ampliada, que discrimine en contraste, etc." [EDTC2, l. 86-90].

Las plataformas digitales también se consideran recursos valiosos para el alumnado con TEA que no es capaz de comunicarse de forma oral pero posee mecanismos de comunicación a través de pictogramas. Una de las maestras de Educación Especial expone que "estos niños requieren una estimulación más específica. Y yo eso lo encuentro con las imágenes, con las canciones o con la intercomunicación que se produce en las plataformas, tanto con la Tablet como con la pizarra digital" [EDEC4, l. 53-55]. En atención a este aspecto, el profesorado destaca la amplia oferta existente de pictogramas y recursos para alumnado con TEA en bancos digitales, argumentando que hay aplicaciones "muy chulas para trabajar con los nanos con TEA que necesitan mucho pacto y mucha cosita, aplicaciones que la parte visual la fortalecen" [EEDC3, l. 69-71]. Y también subrayan la facilidad de crear infografías o vídeos con pictogramas que favorecen el trabajo cotidiano de estos alumnos.

Las plataformas digitales también contribuyen a atender a otro tipo de necesidades menos permanentes, como la escolarización de alumnado inmigrante de reciente incorporación al sistema educativo procedente de países de lengua no española. Frecuentemente, este alumnado desconoce la lengua cuando llega a los centros escolares, como expone el profesorado explicando que "a lo mejor te vienen en cuarto sin conocer el idioma. Y para compensatoria y para la tutora las plataformas son un referente muy importante" [EEDC2, l. 271-273].

Este aspecto constituye una importante dificultad derivada de necesidades de compensación educativa que suponen un reto para el profesorado y donde las plataformas se erigen como un potente aliado, una vez más por las posibilidades del lenguaje icónico. Esta situación queda patente cuando afirman que "el soporte visual de las

plataformas me ha ayudado muchísimo a que esos niños aprendiesen el vocabulario" [EDTC2, l. 145-146] y que "para niños que no dominan el idioma el trabajar con el apoyo de una imagen es muy útil" [EDTC2, l. 306-307].

Continuando con el análisis sobre las características de las plataformas, otro de los pilares que favorecen la atención a la diversidad es la posibilidad de ofrecer apoyos auditivos. Una vez más, este elemento resulta de gran ayuda para atender al alumnado con discapacidad visual. Pero también para reforzar los aprendizajes de estudiantes que presentan otros tipos de dificultades y que pueden beneficiarse de recibir *feedback* auditivo, como explica el profesorado señalando que "sin las plataformas no pueden trabajar, imposible. Porque con esos niños tan afectados necesitan verlo y oírlo" [EEDC2, l. 209-211].

Por último, también conviene destacar el potencial de las plataformas digitales para ofrecer apoyos al déficit motriz. El alumnado que no presenta un desarrollo óptimo de la psicomotricidad fina puede verse beneficiado al trabajar con estos recursos frente a otros más tradicionales, como el lápiz y el papel. Esta situación es narrada por una docente, que explica cómo el trabajo con plataformas resultó clave para la inclusión educativa de una alumna con parálisis cerebral y desarrollo motor limitado:

> hemos tenido casos de alumnos con el tema de la psicomotricidad fina. Claro, el hecho de pasar a pantallas ha facilitado mucho, pienso ahora en un caso en el que el tema de la escritura era complicado, incluso la parte de hablar. Y para ella fue un salto muy importante el poder escribir o expresarse de manera escrita, en ese caso con la *tablet* y con las plataformas digitales [ECTICC4, l. 404-411].

La información expuesta apunta a que las plataformas digitales presentan características que las convierten en herramientas susceptibles de atender a la diversidad y dar respuesta a las necesidades específicas de apoyo educativo, tal y como defiende el profesorado afirmando que las plataformas "son muy positivas para ciertos alumnos, y más con estas características. Les viene muy bien" [ECTICC2, l. 243-244].

No obstante, no es oro todo lo que reluce entre el fulgor digital. Sino que, junto a las luces, el profesorado también subraya algunas sombras, ligadas precisamente a las características mencionadas.

Por ejemplo, con relación a los apoyos auditivos y, especialmente, a los visuales, los docentes aluden al riesgo de que se produzca una relación de dependencia con importantes efectos negativos. Plantean que "así como sirve para captar la atención, al final puede tener el efecto contrario, que, si lo usas mucho al final no puedas conseguir captarla de otras formas" [EFP2, l. 299-301].

Estas contradicciones también afectan a la dimensión motora. Ya que, si bien el trabajo digital puede facilitar la tarea a quienes presentan dificultades en este aspecto, el profesorado señala que, a nivel general, se está produciendo una involución en el desarrollo psicomotor, propiciada por la generalización de las tecnologías digitales en la vida cotidiana y por su actual traslación al sistema educativo.

El manejo de los artefactos digitales se sustenta en un catálogo mucho más restringido de movimientos que el que precisan otro tipo de recursos tradicionales, entre los que el profesorado destaca el lápiz, pero también el punzón, las pegatinas, las tijeras, y los materiales de carácter manipulativo en general. Estos últimos requieren de precisión en la coordinación óculo-manual y de habilidades complejas como: encajar, apilar, agarrar o hacer la pinza. Por el contrario, el profesorado considera que resulta más difícil desarrollar estas habilidades utilizando las tecnologías. Incluso algunos denuncian que las plataformas actúan en el sentido inverso:

> Yo pienso que las plataformas están acabando con la motricidad fina de los niños. Y es así de triste. Con la fina por todo el tema de pegar gomets, recortar, rasgar y tal. Y con la gruesa no te digo. Estamos haciéndolos sedentarios totales. Porque no juegan, siempre están con la máquina [EEDC1, l. 718-721].

Ante todas estas situaciones, el profesorado señala la importancia de cuidar el equilibrio entre los formatos y de no sobreexceder el uso de determinados recursos. Para así tratar de evitar la dependencia y prevenir problemáticas derivadas de un mal uso o un uso excesivo de las plataformas digitales.

Con independencia de estos aspectos, la información expuesta evidencia que la implementación de plataformas digitales en el proceso de enseñanza y aprendizaje constituye un aspecto poliédrico, que comporta beneficios, pero que también entraña riesgos. En definitiva, que está marcado por dualidades que es necesario analizar a la hora de introducir estos recursos en el aula.

Por esta razón, el profesorado destaca la importancia no solo de "conocerlas muy bien para saber qué es lo que queremos sacar de ellas" [EDEC1, l. 104-105]. Sino también de planificar los momentos, finalidades y usos que se les quieren otorgar. Este trabajo no puede desligarse del alumnado, de sus características y necesidades, ya que, según el profesorado, el objetivo de las plataformas es poder "dirigir los aprendizajes individualmente a los alumnos" [ECTICC4, l. 56-63]. Lo cual sitúa el foco en la individualización,

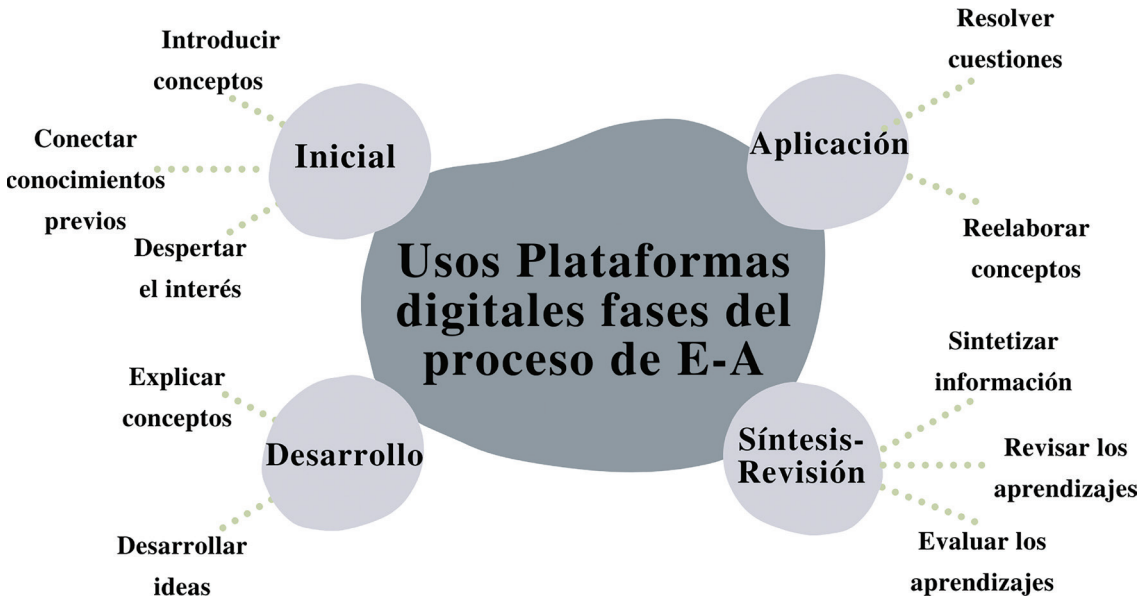
componente clave en la atención a la diversidad. Y, por tanto, en la personalización de los aprendizajes, como se explorará a continuación.

3.3. Las plataformas digitales y la personalización de los aprendizajes

A pesar de las sombras y riesgos que el profesorado empieza a intuir sobre el uso de las plataformas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en términos generales, son valoradas positivamente, apuntando a la individualización como la clave para lograr un uso efectivo.

Al hilo de este aspecto, el profesorado contempla las plataformas como herramientas polivalentes, susceptibles de ser utilizadas tanto en las distintas etapas educativas y áreas curriculares como en cualquiera de las fases del proceso de enseñanza y aprendizaje, subrayando las posibilidades didácticas sintetizadas en la Figura 5.

Figura 5. Posibilidades didácticas del uso de plataformas digitales en el proceso de enseñanza y aprendizaje



Nota: elaboración propia.

Derivado de ello, los docentes destacan como un rasgo característico de estos recursos su versatilidad, afirmando que las plataformas "se adaptan, se adecúan perfectamente al tipo de contenidos y tipo de objetivos que yo quiero conseguir con los niños" [EDEC4, l. 47-48].

Precisamente por su flexibilidad el profesorado enfatiza su utilidad como herramientas para favorecer la atención a la diversidad de características, estilos, ritmos y necesidades de aprendizaje en el aula. En este sentido, las posibilidades de personalización constituyen el principal argumento compartido por el profesorado para justificar la introducción de plataformas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Ahora bien, ¿en qué se materializa esta característica? Atendiendo a la información recogida, la personalización posibilitada por las plataformas se refleja en las opciones recogidas en la Figura 6.

En el plano más genérico, el profesorado alude a la diversificación de formatos en base a la combinación de los estímulos auditivos y sonoros, como: vídeos, infografías, textos, etc., señalando que "con las plataformas trabajamos de diferentes formas y eso es muy positivo" [ECTICC2, l. 250]. Esto es considerado útil para reforzar los aprendizajes, tal y como plantea una de las directoras participantes explicando que si "tú en un momento dado dices: pues esto parece que no les haya quedado claro […], tienes a tu disposición muchos enlaces que tú puedes acceder y hacer" [EEDC1, l. 665-668].

El profesorado reconoce que este fenómeno no es exclusivo de las plataformas, sino que también puede lograrse con la implementación de otros recursos educativos. Pero la mayoría coincide en que las plataformas constituyen recursos más "eficientes", en un doble sentido. En primer lugar, porque ponen a disposición del alumnado una gran variedad de opciones de forma rápida y sencilla, requiriendo únicamente de conexión a internet y de un dispositivo digital. Esta postura se aprecia cuando el profesorado declara que

Figura 6. Posibilidades de personalización ofrecidas por las plataformas digitales



Nota: elaboración propia.

con las plataformas pueden "compartir fotos, vídeos, audios, textos, que de otra manera a lo mejor sería mucho más difícil compartir con ellos" [ECTICC3, l. 149-150]. Y, en segundo lugar, porque consideran que las plataformas logran mayor impacto en el alumnado que los recursos más tradicionales, afirmando que "por mucho material que tú te prepares nunca va a superar a la magia entre comillas de lo digital" [EDEC2, l. 93-94].

Además, las plataformas también posibilitan la experimentación de agrupamientos variados en una misma situación de aula. De forma que el trabajo individual puede convivir con el trabajo por parejas o por equipos.

Ligado a ello, emergen las otras dos posibilidades: la personalización de tareas y de ritmos. Lo cual, según el profesorado, favorece la atención individualizada y la respuesta a la diversidad, dado que la secuenciación única de actividades desaparece en favor de la flexibilidad, porque con las plataformas:

> cada uno va a su ritmo […] Unos ya han visto el vídeo, otros lo han visto dos veces más, otro todavía va por la actividad uno… En cuanto yo tengo una presentación, para todos la misma, yo tengo un tiempo para hacer esa presentación. El primero a lo mejor lo capta a la primera, y el otro igual todavía no ha captado la primera frase [ECTICC1, l. 556-564].

Con las plataformas ya no se trabaja "al mismo ritmo", sino de forma personalizada, siendo el alumnado quien decide el orden y el tiempo de ejecución de las tareas, en función de sus posibilidades y características. Este fenómeno es interpretado por la mayor parte del profesorado como un indicador del potencial inclusivo de las plataformas, que contribuyen a dar respuesta a la diversidad de ritmos, intereses, capacidades y características. Como se refleja en la siguiente declaración de una de las maestras, que señala que estos recursos les permiten "adaptar el contenido al tipo de alumnado, a los diferentes tipos de alumnado que tienen. Porque aquí las diferencias entre unos y otros son mogollón, aquí no hay dos niveles, hay diez niveles" [EEDC2, l. 468-474]. Y también cuando otra docente afirma que con las plataformas "cada uno estira hasta donde quiere o hasta donde puede" [EEDC3, l. 457].

No obstante, de la mano de la personalización también emerge la desregulación del proceso de enseñanza y aprendizaje, en base a la instauración de la flexibilidad como máximo principio axiológico del trabajo. Esto ha podido apreciarse en el trabajo de campo, donde se ha observado al alumnado de una misma aula realizando actividades distintas entre sí, que implican el uso de plataformas diferentes, a veces en formatos diversos y con varios tipos de agrupamientos.

Este fenómeno apunta a la instauración de una lógica distinta, en la que la regulación característica del trabajo de aula es desplazada por modelos desregulados e incluso autorregulados, como se aprecia cuando el profesorado explica que con las plataformas el alumnado dispone de:

> todo lo que tienen que hacer. Tienen autonomía, ellos entran, tienen un planning al día […] ellos ya van, ya saben dónde tienen que ir a buscar, ya saben dónde está ese recurso y son muy autónomos. Y después cada uno lleva su propio ritmo de aprendizaje. Porque el recurso está ahí puesto siempre [ECTICC1, l. 647-660].

De esta forma, el profesorado se muestra como un sujeto facilitador de la desregulación al abogar por un aprendizaje autorregulado y autogestionado. Esto traslada la "acción" educativa al alumnado, como se percibe cuando los docentes afirman que con las plataformas "lo aprenden todo por ellos mismos" [ECTICC1, l. 642]. Así, emerge un nuevo modelo de alumnado que se reclama como activo y autónomo, pero que está sujeto a mecanismos de (auto)control y devolución de responsabilidades, ejercidas a través de fichas de registro y de autocontrol de tareas o mediante la propia plataforma.

Esta información apunta a que las posibilidades de personalización brindadas por las plataformas trascienden la flexibilización de espacios y actividades, o la atención a la diversidad de ritmos de trabajo, para facilitar un cambio significativo en la propia forma de organizar y ejecutar el proceso de enseñanza y aprendizaje y en los roles adoptados por docentes y discentes.

4. Discusión y conclusiones

La principal conclusión derivada de la investigación es que las plataformas digitales se han instalado efectivamente en la escuela. Un fenómeno motivado por la asunción del discurso social imperante, reproducido por la literatura académica reciente, que las presenta como artefactos con gran potencial optimizador de los aprendizajes (Engel & Coll, 2022; Major et al., 2021; Panesi et al., 2020).

Este planteamiento ha calado en la mayoría del profesorado participante, quien destaca las bondades de las plataformas digitales, especialmente para atender a la diversidad del aula (Krasniqi et al., 2022; Pardo-Baldoví et al., 2022; Rolón, 2020) y avanzar en la personalización de los aprendizajes (Kem, 2022).

Si bien se pone de manifiesto la existencia de sombras como la excesiva dependencia hacia los dispositivos digitales, la fagocitación de la atención del alumnado por parte exclusiva de estos recursos, o incluso una involución generalizada en el desarrollo de la motricidad; los beneficios percibidos logran imponerse, por el factor motivador asociado a las plataformas, su practicidad y versatilidad.

El profesorado destaca especialmente sus efectos positivos para promover el aprendizaje y la atención del alumnado con trastornos graves y deficiencias severas como el TEA, la parálisis cerebral o las deficiencias visuales. Y también para atender a otras necesidades menos permanentes, como el alumnado de reciente incorporación al sistema educativo. Las posibilidades de las plataformas digitales para ofrecer apoyos visuales, auditivos y motores facilitan significativamente estos aspectos.

Así, las plataformas se reivindican como elementos polivalentes y flexibles, con capacidad para adaptarse a cualquier situación de aula y contenido de aprendizaje. Estas características impregnan el propio proceso didáctico, que se flexibiliza y desregula. Se aboga por aprovechar las posibilidades de personalización de los aprendizajes ofrecidas por las plataformas y se reclama un nuevo modelo discente autónomo y proactivo, capaz de regular sus propios aprendizajes. Esto implica un cambio sustantivo de la lógica organizativa del proceso de enseñanza y aprendizaje y de los roles asumidos por el alumnado y el profesorado (Ferreira et al., 2019).

Es precisamente aquí cuando la personalización se desvela como un fenómeno ambivalente, ya que si bien contribuye a atender a la diversidad, rompe con la organización tradicional del aula para abogar por modelos desregulados, no exentos de devolución de responsabilidades al alumnado, cuyo trasfondo no escapa al enfoque economista y psicologicista de la educación, ligado al capitalismo cognitivo (Luri, 2020) que opera en la lógica de las plataformas digitales.

Esto se refleja en la diferenciación generalizada de los ritmos y actividades en el aula, en la apelación a la motivación, o en la puesta en práctica de mecanismos de devolución de responsabilidades y de autocontrol ejercidos por parte del alumnado. En este sentido, la personalización conecta con lo que Roberts-Mahoney et al. (2016) califican de "netflixación de la educación", done el aprendizaje se reduce a una mera transacción entre inputs y estímulos adecuados basada en la noción del alumnado como capital humano. Un planteamiento que introduce racionalidades ajenas a la esfera educativa, directamente conectadas con el sector económico, del que las plataformas digitales son deudoras.

Derivado de ello, se corre el riesgo de que la personalización no solo no reduzca las desigualdades existentes entre el alumnado, sino que incluso las acentúe, al trasladar el foco de responsabilización al propio sujeto. Las implicaciones de este fenómeno subrayan, una vez más, la importancia de continuar profundizando en la investigación para velar porque las prácticas didácticas con plataformas digitales no impongan el triunfo de la desregulación neoliberal, sino que permitan avanzar hacia el camino de la inclusión educativa.

Financiación

Este trabajo deriva de los resultados de una tesis doctoral con referencia FPU 16/04009 financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno Español.

Contribución de los autores

M. Isabel Pardo Baldoví: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Visualización, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

Ángel San Martín Alonso: Conceptualización, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

Referencias

Alba Pastor, C., Zubillaga del Río, A., & Sánchez Serrano, J. M. (2015). Tecnologías y Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA): experiencias en el contexto universitario e implicaciones en la formación del profesorado. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC, 14*(1), 89-100. https://doi.org/10.17398/1695-288X.14.1.89

Area-Moreira, M. (2017). La metamorfosis digital del material didáctico tras el paréntesis Gutenberg. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, 16*(2), 13-28. https://doi.org/10.17398/1695-288X.16.2.13

Area-Moreira, M., Santana Bonilla, P. J., & Sanabria Mesa, A. L. (2020). La transformación digital de los centros escolares. Obstáculos y resistencias. *Digital Education Review*(37), 15-31. https://doi.org/10.1344/der.2020.37.15-31

Cabero-Almenara, J., Guillén-Gámez, F. D., Ruiz-Palmero, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2022). Teacher's digital competence to assist students with functional diversity: Identification of factors through logistic regression methods. *British Journal of Educational Technology, 53*(1), 41-57. https://doi.org/10.1111/bjet.13151

Casilli, A., & Posada, J. (2019). The Platformization of Labor and Society. En M. Graham & W. H. Dutton (Eds.), *Society and the Internet. How Networks of Information and Communication are Changing Our Lives* (pp. 293-306). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199661992.001.0001

Decuypere, M., Grimaldi, E., & Landri, P. (2021). Introduction: Critical studies of digital education platforms. *Critical Studies in Education, 62*(1), 1-16. https://doi.org/10.1080/17508487.2020.1866050

Engel, A., & Coll, C. (2022). Entornos híbridos de enseñanza y aprendizaje para promover la personalización del aprendizaje. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, *25*(1), 225–242. https://doi.org/10.5944/ried.25.1.31489

Ferreira, M., Olcina-Sempere, G., & Reis-Jorge, J. (2019). El profesorado como mediador cognitivo y promotor de un aprendizaje significativo. *Revista Educación, 43*(2), 603-614. https://doi.org/10.15517/revedu.v43i2.37269

Flick, U. (2015). *El diseño de la investigación cualitativa*. Morata.

Gillespie, T. (2010). The politics of 'platforms'. *New Media & Society, 12*(3), 347-364. https://doi.org/10.1177/1461444809342738

Kem, D. (2022). Personalised and Adaptive Learning: Emerging Learning Platforms in the Era of Digital and Smart Learning. *International Journal of Social Science and Human Research, 5*(2), 385-391. https://doi.org/10.47191/ijsshr/v5-i2-02

Krasniqi, V., Zdravkova, K., & Dalipi, F. (2022). Impact of Assistive Technologies to Inclusive Education and Independent Life of Down Syndrome Persons: A Systematic Literature Review and Research Agenda. *Sustainability*, *14*(8), 4630. https://doi.org/10.3390/su14084630

Lozano, J., & Peirats, J. (2019). Espejismos y realidades en la evolución de la atención a la diversidad. En Á. San Martín & J. E. Valle (Coord.), *La construcción de un modelo educativo: distorsiones, cambios y continuidades* (pp. 183-203). Calambur.

Luri, G. (2020). *La escuela no es un parque de atracciones. Una defensa del conocimiento poderoso*. Ariel.

Major, L., Francis, G. A., & Tsapali, M. (2021). The effectiveness of technology-supported personalised learning in low- and middle-income countries: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology, 52*(5), 1935-1964. https://doi.org/10.1111/bjet.13116

Morse, J. M. (2015). Analytic Strategies and Sample Size. *Qualitative Health Research, 25*(10), 1317–1318. https://doi.org/10.1177/1049732315602867

Navaridas-Nalda, F., Clavel-San Emeterio, M., Fernández-Ortiz, R., & Arias-Oliva, M. (2020). The strategic influence of school principal leadership in the digital transformation of schools. *Computers in Human Behavior, 112*, Article 106481. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106481

Orozco Cazco, G. H., Tejedor Tejedor, F. J., & Calvo Álvarez, M. I. (2017). Meta-análisis sobre el efecto del software educativo en alumnos con necesidades educativas especiales. *Revista de Investigación Educativa*, *35*(1), 35–52. https://doi.org/10.6018/rie.35.1.240351

Panesi, S., Bocconi, S., & Ferlino, L. (2020). Promoting Students' Well-Being and Inclusion in Schools Through Digital Technologies: Perceptions of Students, Teachers, and School Leaders in Italy Expressed Through SELFIE Piloting Activities. *Frontiers in Psychology, 11*, 1563. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01563

Pardo-Baldoví, M. I., Marín-Suelves, D., & Vidal-Esteve, M. I. (2022). Prácticas docentes en la escuela digital: la inclusión como reto. *Revista Latinoamericana De Tecnología Educativa - RELATEC*, *21*(1), 43-55. https://doi.org/10.17398/1695-288X.21.1.43

Passeron, J.-C., & Revel, J. (20025). Penser par cas. Raisonner à partir de singularités. In J.-C. Passeron & J. Revel (Eds.), *Penser par cas* (pp. 9-44). Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales. https://doi.org/10.4000/books.editionsehess.19921

Peruzzo, F., & Allan, J. (2024). Rethinking inclusive (digital) education: lessons from the pandemic to reconceptualise inclusion through convivial technologies. *Learning, Media and Technology, 49*(2), 244-258. https://doi.org/10.1080/17439884.2022.2131817

Pink, S., Horst, H., Postill, J., Hjorth, L., Lewis, T., & Tacchi, J. (2019). *Etnografía digital. Principios y práctica*. Morata.

Poell, T., Nieborg, D., & Van Dijck, J. (2019). Concepts of the digital society: platformisation. *Internet Policy Review, 8*(4). https://doi.org/10.14763/2019.4.1425

Roberts-Mahoney, H., Means, A. J., & Garrison, M. J. (2016) Netflixing human capital development: personalized learning technology and the corporatization of K-12 education. *Journal of Education Policy, 31*(4), 405-420. https://doi.org/10.1080/02680939.2015.1132774

Rolón, V. (2020). Diseño universal de aprendizaje y las tecnologías de la información y la comunicación. *Revista Paraguaya de Educación, 8*(2), 51-60.

Saura, G., Díez Gutiérrez, E. J., & Rivera Vargas, P. (2021). Innovación Tecno-Educativa "Google". Plataformas Digitales, Datos y Formación Docente. *REICE. Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 19*(4). https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.007

Srnicek, N. (2018). *Capitalismo de plataformas*. Caja Negra.

Van Dijk, T. A. (2005). Ideología y análisis del discurso. *Utopía y Praxis Latinoamericana, 10*(29), 9-36.

Williamson, B. (2019). *El futuro del currículum. La educación y el conocimiento en la era digital*. Morata.

Zukerfeld, M. (2020). Bits, plataformas y autómatas. Las tendencias del trabajo en el capitalismo informacional. *Revista Latinoamericana de Antropología del Trabajo, 4*(7), 1-50.

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

ModernArte. Women Paint in Early Modern History. Artists and Gender Models as University Teaching Practice

ModernArte: las mujeres pintan en la Modernidad. Perspectiva de género y lenguaje inclusivo en la enseñanza superior de la Historia

Inmaculada Fernández-Arrillaga[a], Antonio Carrasco-Rodríguez[b(*)], María-Teresa Ávila-Martínez[c], Isabel San Mauro-Martínez [d], Sonia Beltrán-Pastor [e], Nuria Luz-Fernández[f]

[a] *Universidad de Alicante, Alicante, España.*
http://orcid.org/0000-0002-9951-978X arrillaga@ua.es
[b] *Universidad de Alicante, Alicante, España.*
https://orcid.org/0000-0003-3913-0200 antonio.carrasco@ua.es
[c] *Universidad de Alicante, Alicante, España.*
https://orcid.org/0000-0002-0941-4619 maite.avila@ua.es,
[d] *Universidad de Alicante, Alicante, España.*
https://orcid.org/0000-0001-9246-6745 isabel.sanmauro@ua.es
[e] *Universidad de Alicante, Alicante, España*
https://orcid.org/0009-0001-2489-0349 sbp3@alu.ua.es
[f] *Universidad de Alicante, Alicante, España*
https://orcid.org/0009-0006-6818-3829 nlfl1@alu.ua.es

ARTICLE INFO

Keywords
ModernArte project, women, gender perspective, early Modern History, Art, university education, inclusive language.

ABSTRACT

This article presents the ModernArte project, which aims to explore various didactic strategies for effectively integrating a gender perspective and inclusive language into higher education history teaching. Additionally, it seeks to develop the critical thinking skills of students in History, Humanities, Geography, and Land Planning degree programs at the University of Alicante (Spain) in subjects related to equality, thereby contributing to the Sustainable Development Goals.
The project's methodology includes creating guidelines to assess the integration of a gender perspective and inclusive language, reviewing course content and teachers' oral discourse, developing educational materials, and implementing gender-focused teaching practices based on the representation of women in the art world during the Early Modern Age. The project was evaluated using various tools, such as checklists, surveys, and student interviews.
Furthermore, the project extends its impact beyond the classroom by organizing training courses for secondary school teachers and disseminating its findings through conferences, scientific publications, social media, and the research group's blog. The results highlight, on the one hand, the project's effectiveness in promoting gender analysis and inclusive language in higher education and, on the other hand, the need for further research in diverse educational contexts.

Palabras clave
proyecto ModernArte, mujeres, perspectiva de género, Historia Moderna, Arte, educación universitaria, lenguaje inclusivo

RESUMEN

Este artículo presenta el proyecto ModernArte, cuyos objetivos son la exploración de distintas posibilidades didácticas para la integración efectiva de la perspectiva de género y del lenguaje inclusivo en la enseñanza superior de la Historia, y el desarrollo de la capacidad crítica del alumnado de asignaturas de los Grados en Historia, Humanidades y Geografía y ordenación del territorio de la Universidad de Alicante (España), en materias relacionadas con la igualdad, contribuyendo así a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La metodología adoptada incluye la creación de listas de pautas para evaluar la integración de la perspectiva de género y del lenguaje inclusivo, la revisión de los contenidos de las asignaturas y del lenguaje oral del profesorado, la creación de materiales, la implementación de prácticas con perspectiva de género basadas en la

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 05/10/2023. Revisado, 16/11/2023. Aceptado, 19/03/2024. Publicado, 20/03/2025
e-ISSN: 2444-8729

representación de las mujeres en el mundo del arte durante la Edad Moderna. La evaluación del proyecto ha sido realizada recurriendo a distintos instrumentos, como tablas de verificación de pautas, encuestas y entrevistas al alumnado. Así mismo, se ha intentado contribuir fuera de las aulas, organizando cursos de formación para docentes de enseñanza secundaria y publicando sus resultados en congresos, en publicaciones científicas, en las redes sociales y el blog del grupo de investigación. Los resultados muestran, por una parte, la utilidad del proyecto para promover la integración del análisis de género y del lenguaje inclusivo en la enseñanza superior y, por otra parte, la necesidad de realizar nuevas investigaciones en diferentes contextos educativos.

1. Introducción

El presente artículo presenta los resultados y las conclusiones del proyecto de investigación docente ModernArte, que tiene dos objetivos principales: uno de investigación, que es la exploración de distintas posibilidades didácticas para integrar la utilización del lenguaje inclusivo y la perspectiva de género en la docencia universitaria de la Historia; y otro social, que es el desarrollo en el alumnado de una conciencia crítica acerca de los retos existentes en la actualidad en materia de igualdad. El trabajo realizado pretende contribuir así al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (United Nations, 2015), en particular el ODS 4 (Educación de calidad), el ODS 5 (Igualdad de género) y el ODS 10 (Reducción de las desigualdades).

El uso del lenguaje inclusivo en la enseñanza universitaria es crucial, ya que no solo refleja la diversidad cultural y de género presente en la sociedad, sino que también fomenta la igualdad y el respeto entre el estudiantado. Adoptar un lenguaje que incluya y valore a todos los géneros muestra las desigualdades tradicionales y promueve un entorno académico más equitativo y consciente. Además, este enfoque prepara al alumnado para un mundo globalizado y diverso, e incentiva en dicho colectivo el desarrollo de un pensamiento crítico sobre sus propios prejuicios y suposiciones. Al liderar con el ejemplo, el profesorado no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también establece un modelo de comunicación inclusiva y respetuosa para la sociedad en general.

La integración de la perspectiva de género en la enseñanza de la Historia es esencial para ofrecer una visión más completa y equitativa del pasado. Esta aproximación permite reconocer y valorar las contribuciones de las mujeres a lo largo de la Historia, que a menudo han sido marginadas o invisibilizadas por la historiografía tradicional. Al incorporar esta perspectiva, se enriquece el aprendizaje del alumnado sobre los diversos roles y experiencias de género, rompiendo así los estereotipos y prejuicios. Ello no solo fomenta una mayor empatía y comprensión social, sino que también prepara al estudiantado para abordar y resolver los problemas contemporáneos relacionados con la igualdad de género.

El desarrollo de una conciencia crítica en materia de igualdad por parte del alumnado universitario es fundamental para fomentar una sociedad más justa y equitativa. Esta conciencia permite identificar y cuestionar las desigualdades y prejuicios de género arraigados en diversos aspectos de la vida, en los ámbitos profesional, social y personal. Al ser críticamente conscientes, los y las estudiantes pueden convertirse en agentes de cambio, promoviendo prácticas y políticas inclusivas contrarias a las estructuras de poder desiguales, que contribuyan a la construcción de entornos más igualitarios y respetuosos.

Las universidades españolas, en su compromiso con la integración de la perspectiva de género y la Agenda 2030, han adoptado políticas y prácticas que reflejan una clara orientación hacia la igualdad de género y la educación inclusiva. Este compromiso se manifiesta en la incorporación lenta, pero progresiva, de enfoques de género en sus currículos, la promoción de investigaciones centradas en la igualdad de género, y el fomento de un ambiente académico que respeta y valora la diversidad. Este esfuerzo representa un paso significativo hacia la realización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente en lo que respecta a la igualdad de género y la educación de calidad (European Institute for Gender Equality, 2021).

En el caso concreto de la Universidad de Alicante (UA), su compromiso con la igualdad de género se refleja en iniciativas específicas y en políticas integradoras. La UA ha implementado programas y acciones que buscan no solo abordar la perspectiva de género en su enseñanza y contenido académico, sino también promover activamente la igualdad de género en su comunidad universitaria. Esto incluye desde la formación del personal de investigación y de servicios, y del alumnado en temas de género, hasta la realización de actividades y eventos que destacan la importancia de la igualdad de género en el ámbito académico y social. Además, cuenta con una unidad dedicada a la investigación científica en materia de estudios de género, feministas y de las mujeres: el Instituto Universitario de Investigación de Estudios de Género (IUIEG). Todo ello demuestra el compromiso tangible de la UA con la promoción de un entorno educativo más justo e inclusivo.

La investigación sobre la historia de las mujeres y la historia de género ha experimentado avances significativos en las últimas décadas; no obstante, la integración de los resultados de dichos trabajos en la enseñanza ha ido a un ritmo menor, al topar con resistencias académicas de docentes partidarios de temarios y contenidos más tradicionales (Segura, 2015). Esta circunstancia es la que ha motivado al equipo del presente proyecto a

explorar distintas estrategias para fomentar el uso del lenguaje inclusivo e integrar la perspectiva de género en la enseñanza de la Historia, y también a trabajar en la concienciación de la necesidad de visibilizar a las mujeres y de reducir la brecha de género, con un colectivo de estudiantes que, en un futuro próximo, serán quienes se encarguen de investigar, de enseñar la Historia a alumnado de distintas edades y de divulgarla a la sociedad. El enfoque de la investigación refleja, por tanto, el compromiso del equipo con la evolución de la enseñanza de la Historia y la igualdad de género (Ballarin e Iglesias, 2018; Bolufer, 2018; Martínez, 2020).

El proyecto ModernArte pretende cumplir con sus objetivos abordando una cuestión importante desde el punto de vista histórico, y que, en la actualidad sigue teniendo vigencia, como es la invisibilización de las mujeres en el mundo del arte (De la Villa, 2013; Hessel, 2022; Hoyos y Zarapaín, 2023; Nochlin, 1971; Sotoca, 2022). Durante la Edad Moderna, a pesar de que hubo autoras que realizaron obras de arte de gran calidad y trascendencia, estas tendieron a ser marginadas y su producción fue generalmente atribuida a autores masculinos (Transforini, 2009). Tradicionalmente se ha considerado que las mujeres de la Modernidad apenas pudieron ser más que elementos representados en las obras de arte (Parker y Pollock, 1981; Ruiz, 2022). Esta situación ha propiciado que, en la actualidad, la presencia de obras de arte de autoría femenina en las colecciones de los museos sea residual, lo que refleja una brecha histórica que ha perpetuado la subrepresentación de las mujeres en el arte (López et al., 2012; Querol y Hornos, 2011; Riaño, 2020). El proyecto busca resaltar y valorar estas contribuciones olvidadas u ocultadas, enfatizando la importancia de una representación equitativa en el arte y en la historiografía artística, para desarrollar en el estudiantado las competencias necesarias a fin de que pueda afrontar los retos existentes en la sociedad española actual desde su compromiso con la igualdad.

2. Método

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

El proyecto ModernArte ha sido desarrollado en cuatro asignaturas pertenecientes a los Grados en Historia, Humanidades y Geografía y ordenación del territorio, de la Universidad de Alicante:

- Del Medievo a la Modernidad. Asignatura básica, de 6 créditos ECTS. Impartida en un mismo grupo a alumnado del 1.º curso de los Grados en Historia, Humanidades y Geografía y ordenación del territorio. Idioma: valenciano. 21 estudiantes (14 varones y 7 mujeres, de edades comprendidas entre los 18 y los 22 años). Contenido: asignatura introductoria a la Historia de las Edades Media y Moderna, realizando un recorrido general y sintético por los acontecimientos y procesos históricos más relevantes desde el siglo V hasta finales del siglo XVIII.
- España en el mundo moderno. Asignatura obligatoria, de 6 créditos ECTS. Grado en Humanidades. 3.º curso. Idioma: castellano. 18 estudiantes (6 varones y 12 mujeres). Contenido: explicación sobre el papel desempeñado por España en Europa y en todo el mundo, durante los reinados de los Reyes Católicos, los Austrias y los Borbones.
- Iglesia, Estado y sociedad en la España Moderna. Asignatura optativa, de 6 créditos ECTS. Grado en Historia. 4.º curso. Idioma: castellano. 15 estudiantes (9 varones y 6 mujeres). Contenido: explicación y comprensión de los distintos aspectos que presenta el fenómeno religioso en la España moderna: económicos, organizativos, políticos, sociales, y culturales de España, desde la época de los Reyes Católicos hasta el fin del Antiguo Régimen (ss. XV-XIX).
- América: historia desde la colonización hasta el tiempo presente. Asignatura obligatoria, de 6 créditos ECTS. Grado en Historia. 4.º curso. Idioma: castellano. 46 estudiantes (29 varones y 17 mujeres; 44 de menos de 30 años y 2 mayores de 60). Contenido: explicación de los principales conceptos y categorías de la Historia de América desde la colonización hasta el tiempo presente, y análisis de los grandes procesos sociales y culturales desarrollados durante este periodo de la Historia de la Humanidad en América.

2.2. El equipo de ModernArte

El equipo del proyecto ModernArte está formado por seis personas: dos docentes (Inmaculada Fernández Arrillaga y Antonio Carrasco Rodríguez), dos investigadoras (M.ª Teresa Ávila Martínez e Isabel San Mauro Martínez) y dos alumnas (Sonia Beltrán Pastor y Nuria Luz Fernández). El grupo ha trabajado con anterioridad en otros proyectos de innovación docente con perspectiva de género (Fernández et al., 2020, 2021, 2022; Ávila et al., 2021).

El profesorado está adscrito al IUIEG de la Universidad de Alicante. Inmaculada Fernández Arrillaga tiene como líneas principales de investigación la historia de las mujeres de la Modernidad desde una perspectiva de género y la vida cotidiana, la religiosidad y la espiritualidad femenina. Ha escrito 9 monografías, 13 capítulos de libro y 4 artículos relacionados con dichos temas. Antonio Carrasco es coautor de 4 manuales de Secundaria y Bachillerato, en los que ha incluido la perspectiva de género; además, ha publicado 8 capítulos de libro sobre innovación docente y perspectiva de género, y tiene en prensa un par más. En ambos casos, la utilización de lenguaje inclusivo y la integración de la perspectiva de género son aspectos cruciales de su praxis docente.

M.ª Teresa Martínez es doctora en Estudios Interdisciplinares de Género por la Universidad de Alicante. En la actualidad, tiene una Ayuda Margarita Salas en la Universidad Complutense de Madrid y está investigando sobre temas relacionados con la historia de las mujeres y la historia de género en la Europa moderna y, en particular, sobre viajeras ilustradas y nobles del siglo XVIII. Ha formado parte de diversas redes de innovación docente relacionadas con la perspectiva de género y es integrante del Grupo CLIOGEN, Grup d'Innovació Docent sobre Gènere i Història.

Isabel San Mauro es graduada en Historia y licenciada en Derecho, y está realizando su tesis doctoral sobre centros correccionales femeninos en la España Moderna. Tiene una beca predoctoral FPU de la Universidad de Alicante, y está colaborando en la realización de prácticas en varias de las asignaturas del proyecto.

Sonia Beltrán es estudiante del doctorado de Estudios Interdisciplinares de Género y Nuria Luz, del Grado en Historia. Ambas llevan implicadas en proyectos relacionados con la historia de género y la innovación docente varios años. Tienen habilidades relacionadas con el uso de las tecnologías digitales y la publicación en Internet.

2.3. Procedimiento e instrumentos

El proyecto de investigación ModernArte ha sido desarrollado en tres fases: diseño, implementación y evaluación.

En la fase de diseño, para el cumplimiento del primer objetivo, se definieron las distintas líneas de trabajo en las que el equipo deseaba evaluar su capacidad para integrar la utilización del lenguaje inclusivo y la perspectiva de género en la docencia: la revisión de materiales didácticos utilizados previamente por el profesorado y la creación de nuevos contenidos; la revisión del lenguaje inclusivo utilizado en los materiales puestos a disposición del alumnado y en el discurso oral del profesorado en las clases; y la creación de actividades prácticas sobre la presencia femenina en el arte de la Modernidad, orientadas, a su vez, al segundo objetivo del proyecto, esto es, la sensibilización del alumnado en cuestiones de igualdad. Además, también fueron planificados el procedimiento de evaluación de dichas líneas de trabajo y la realización de actividades de difusión de los resultados del proyecto en medios digitales, en jornadas y congresos, en publicaciones científicas y en cursos de formación para docentes de enseñanza secundaria.

En la fase de implementación, se procedió a la revisión de la perspectiva de género de todos los materiales didácticos utilizados previamente en las asignaturas y a la creación de nuevos contenidos con dicha orientación. Para ello, el equipo tuvo en cuenta algunas claves como la inclusión de las mujeres y las minorías de género, haciendo mención explícita y análisis de sus contribuciones y experiencias; el análisis de los roles y las expectativas de género y su influencia en los procesos históricos; la conexión entre las dinámicas de género, la estructura social y las relaciones de poder; la revisión crítica de la historiografía tradicional; la interseccionalidad, es decir, el cruce de la identidad de género con otras categorías sociales, como la etnia, la clase, la religión o la sexualidad; y el reconocimiento de la desigualdad de género y su impacto sobre la construcción de las sociedades. Además de realizar enmiendas en los materiales ya disponibles, fueron creados todos los contenidos de la asignatura España en el mundo moderno, que la profesora Fernández Arrillaga impartía por primera vez; y fueron introducidas mejoras en las demás asignaturas.

En cuanto a los trabajos relacionados con el uso de lenguaje inclusivo en los materiales didácticos y en el discurso oral, se realizó la revisión tomando como referencia las pautas de lenguaje inclusivo de diversas universidades y entidades políticas y culturales. Además, en dicha tarea se contó con el apoyo de la inteligencia artificial. En este sentido, resultó especialmente útil la creación por el equipo de un *prompt* para ChatGPT que solicita al *chatbot* la revisión crítica de textos y la realización de propuestas de mejora de la utilización de lenguaje inclusivo en ellos.

Creados los contenidos teóricos y revisado el lenguaje oral y escrito, el siguiente paso de esta fase de implementación fue la creación de las actividades prácticas en cada una de las asignaturas. Para ello, fue realizada una exhaustiva búsqueda bibliográfica y se elaboró un listado de mujeres de la Modernidad con influencia o relación con el mundo del arte. Y con dicha relación, el profesorado procedió a la creación de las prácticas (objetivos, formato, organización del alumnado, cronogramas, valor de evaluación, etc.):

- En Del Medievo a la Modernidad, la práctica, titulada "La presentación de las mujeres de la Modernidad en el arte", consistió en la creación de una biografía sobre una pintora de la Modernidad, en un vídeo de 6 minutos de duración. El alumnado fue organizado en tríos. Hubo dos sesiones en el aula: una inicial, de preparación, y otra final, de presentación de los trabajos. La práctica tuvo un valor máximo de 0,75 puntos sobre 10.
- En América: historia desde la colonización hasta el tiempo presente, la práctica titulada "La representación de las mujeres en el arte precolombino o en el arte colonial" consistió en la elaboración en parejas de una presentación de diapositivas que debía incluir información sobre el contexto histórico del Estado, la cultura o la civilización elegida, el rol de las mujeres en esa sociedad, la descripción artística e histórica de las obras de arte escogidas, y una reflexión personal sobre el trabajo. Se valoró que la presentación tuviese explicaciones en audio que ampliasen el contenido de las diapositivas. El tiempo estimado de realización del trabajo fue de 11 horas (2,5 en clase y 3 fuera de ella por persona). Y el valor máximo de evaluación fue de 0,5 puntos (de los 10 de la asignatura).
- En la asignatura España en el mundo moderno fueron implementadas cuatro actividades prácticas. En la primera, cada estudiante hubo de preparar un comentario oral sobre un artículo relacionado con las mujeres artistas de la Edad Moderna; tuvo un valor máximo de 1 punto sobre 10. En la segunda, el alumnado, organizado en parejas, tuvo que elaborar un trabajo y realizar una exposición oral, con el apoyo de una presentación de diapositivas, sobre la representación pictórica de modelos femeninos como mujeres pecadoras, "buenas esposas" y marginadas; la práctica tuvo un valor máximo de 1 punto sobre 10. En la tercera, el estudiantado, de forma individual, tuvo que realizar un trabajo escrito y una exposición oral con el apoyo de una presentación de diapositivas sobre la biografía de una pintora de la Edad Moderna; tuvo un valor máximo de 1 punto sobre 10. Y en la cuarta, el alumnado, de forma individual, hubo de responder oralmente a una pregunta sobre las representaciones pictóricas de las mujeres en la Edad Moderna; tuvo un valor máximo de 1 punto sobre 10.
- Y en la asignatura Iglesia, Estado y sociedad en la España Moderna, el alumnado hubo de realizar dos prácticas individuales. En la primera, titulada "Iconografía católica femenina y masculina", el estudiantado tuvo que elaborar un trabajo sobre la representación pictórica de la santidad católica, tanto en modelos masculinos como femeninos; dicho trabajo tuvo un valor máximo de 1 punto sobre 10. Y en la segunda, titulada "Las mujeres como lienzo en las religiones de la época moderna", el alumnado realizó un trabajo sobre mujeres de distintas confesiones religiosas, destacando su papel y la influencia de los criterios de género; tuvo un valor máximo de 1 punto sobre 10. Ambos trabajos fueron presentados por el alumnado en el aula de forma oral.

Por último, en la fase de evaluación de la investigación, se analizó si las distintas líneas de trabajo del proyecto habían sido eficaces para integrar la utilización del lenguaje inclusivo y la perspectiva de género en la docencia universitaria de la Historia, y si habían permitido desarrollar en el alumnado una conciencia crítica sobre cuestiones relacionadas con la igualdad. Así mismo, fueron valoradas las iniciativas adoptadas para difundir los resultados del proyecto a docentes y a la sociedad, en general.

Para la evaluación de la integración del lenguaje inclusivo, se recurrió al análisis comparativo de textos y a la autoevaluación del profesorado. Para el análisis comparativo, se utilizaron procesadores de textos (fundamentalmente, Microsoft Word) para comparar versiones previas y revisadas de los materiales didácticos. Así mismo, resultó de gran ayuda el uso del *prompt* para ChatGPT, diseñado por el profesor Carrasco a partir de un decálogo elaborado por el equipo en años precedentes (Carrasco et al., 2020), para el análisis del carácter inclusivo del lenguaje utilizado en textos y la recepción de propuestas de mejora. En cuanto a la autoevaluación por el profesorado, tanto de los contenidos escritos como del lenguaje oral utilizado en las clases, se procedió a la creación de tablas de verificación en hojas de cálculo (en Microsoft Excel), que en las que fue marcado el grado de cumplimiento de las mismas pautas utilizadas para el *prompt*:

1. Sustituir sustantivos masculinos genéricos por términos colectivos o abstractos.
2. Sustituir sustantivos masculinos genéricos por sustantivos epicenos.
3. Usar perífrasis en el caso de no disponer de una palabra colectiva o abstracta que englobe a hombres y mujeres.
4. Utilizar pronombres y determinantes sin género.
5. Emplear estructuras con "se" para evitar sujetos construidos en masculino genérico.
6. Eliminar masculinos innecesarios o imprecisos.
7. Evitar, en la medida que sea posible, el uso de "las" y "los" para incluir a mujeres en el discurso, y evitar desdoblamientos y duplicaciones de sustantivos.

8. Citar con nombres y apellidos completos para ampliar la visibilidad de mujeres en esferas científicas y artísticas.
9. Evitar el uso del signo "@" o de la letra "x" para duplicar el género de una palabra.
10. Utilizar formas lingüísticas aceptadas en lugar de desdoblar el género de una palabra con la barra inclinada "/".
11. Usar de sustantivos y adjetivos en género neutro.
12. Utilizar la voz pasiva para evitar la asignación de un género al sujeto.

Para la evaluación de la perspectiva de género, el profesorado realizó una autoevaluación y se pidió la retroalimentación del alumnado a través de una encuesta y de entrevistas personales. Para la autoevaluación por el profesorado, fueron analizados los materiales docentes de las asignaturas (tanto antiguos como de nueva creación), utilizando como herramienta tablas de verificación, creadas con Microsoft Excel. En ellas, fueron incluidos los siguientes aspectos:

1. La revisión crítica de la historiografía tradicional.
2. El análisis de la desigualdad sistemática.
3. El equilibrio en la representación de género.
4. La inclusión de las contribuciones de las mujeres.
5. El enfoque en la igualdad de género.
6. El análisis de los roles y las expectativas de género y su influencia sobre los acontecimientos y, sobre todo, los procesos históricos.
7. La conexión entre las dinámicas de género, la estructura social y las relaciones de poder.
8. El enfoque en la agencia femenina.
9. La perspectiva interseccional, es decir, la interacción del género con otras categorías como etnia, religión, clase y orientación sexual.
10. Y la representación de movimientos feministas y de género, y su papel en el cambio social.

En cuanto a la encuesta, con ella se pretendió conocer la percepción del alumnado sobre la integración de la perspectiva de género en la enseñanza universitaria de la Historia y su valoración sobre las prácticas relacionadas con la invisibilización de las mujeres de la Modernidad en el mundo del arte. La encuesta fue creada en Google Forms; constó de 8 preguntas, con opciones de respuesta que seguían el modelo de la escala Likert. Fue realizada de forma voluntaria por el alumnado de las cuatro asignaturas en las que fue desarrollado el proyecto ModernArte. Además, también fueron realizadas entrevistas breves, voluntarias, al estudiantado de dichas asignaturas. Tuvieron una duración media de 5 minutos y, en ellas, se pidió opinión sobre la importancia de introducir la perspectiva de género en la docencia de la Historia y sobre las prácticas de mujeres y arte que habían realizado. Aunque inicialmente se valoró la posibilidad de utilizar herramientas como NVivo o MAXQDA, finalmente, los datos recogidos fueron tratados y analizados con la ayuda de Microsoft Excel.

La sensibilización del alumnado y el desarrollo de una capacidad crítica hacia temas relacionados con la igualdad y los desequilibrios de género fueron evaluados a partir de los comentarios del estudiantado en las clases teóricas, las reflexiones que incluyeron en las actividades prácticas, dos de las preguntas de la encuesta y las opiniones vertidas en las entrevistas. Y, por último, para evaluar la contribución del equipo del proyecto a la sensibilización social, se hizo recuento y balance de las actividades de difusión realizadas en medios académicos y en Internet.

3. Resultados

Para la revisión del lenguaje inclusivo, el profesorado interiorizó las pautas y realizó una labor de reflexión y autocrítica sobre su cumplimiento tanto en el lenguaje escrito como en el oral. Y después procedió a la revisión del uso de lenguaje inclusivo en los materiales didácticos de todas las asignaturas (apuntes, esquemas, presentaciones de diapositivas y vídeos). Detectó errores en 10 de las 12 pautas y procedió a su enmienda. A continuación, se muestran ejemplos de los cambios realizados, para que puedan servir de guía a quienes deseen realizar la misma tarea.

1. Sustituir sustantivos masculinos genéricos por términos colectivos o abstractos. Cambiamos "campesinos" por "campesinado".
2. Sustituir sustantivos masculinos genéricos por sustantivos epicenos. Sustituimos "los pobres" por "las personas situadas por debajo del umbral de la pobreza".

3. Usar perífrasis en el caso de no disponer de una palabra colectiva o abstracta que englobe a hombres y mujeres. Cambiamos "las actividades marítimas de neerlandeses e ingleses" por "las actividades marítimas de las Provincias Unidas e Inglaterra".
4. Utilizar pronombres y determinantes sin género. Sustituimos "los que vivían en la España Moderna" por "quienes vivían en la España Moderna".
5. Emplear estructuras con "se" para evitar sujetos construidos en masculino genérico. Cambiamos "Los historiadores afirmaron durante mucho tiempo que España era el nombre del Estado y un Imperio" por "En la historiografía tradicional se afirmó durante mucho tiempo que España era el nombre del Estado y un Imperio".
6. Eliminar masculinos innecesarios. Sustituimos "Los conquistadores introdujeron cambios significativos en la organización del territorio del Nuevo Mundo" por "La conquista del Nuevo Mundo supuso la introducción de cambios significativos en la organización del territorio".
7. Evitar, en la medida que sea posible, el uso de "las" y "los" para incluir a mujeres en el discurso, y evitar desdoblamientos y duplicaciones de sustantivos. Cambiamos "los y las indígenas resistieron la colonización" por "la población indígena resistió la colonización".
8. Citar con nombres y apellidos completos para ampliar la visibilidad de mujeres en esferas científicas y artísticas. Cambiamos "El texto de Pérez Samper sobre las reinas propietarias y las consortes" por "El texto de M.ª Ángeles Pérez Samper sobre las reinas propietarias y las consortes".
9. Evitar el uso del signo "@" o de la letra "x" para duplicar el género de una palabra. No encontramos errores de este tipo.
10. Utilizar formas lingüísticas aceptadas en lugar de desdoblar el género de una palabra con la barra inclinada "/". Sin errores de este tipo.
11. Usar sustantivos y adjetivos en género neutro. Sustituimos "Los artistas del Renacimiento expresaron nuevas ideas en sus obras" por "El arte renacentista expresó nuevas ideas en sus obras".
12. Utilizar la voz pasiva para evitar la asignación de un género al sujeto. Cambiamos "Los monarcas emitieron edictos para regular el comercio" por "Fueron emitidos edictos por la monarquía para regular el comercio".

En la jornada de presentación de las asignaturas se anunció al alumnado la realización de esta profunda revisión del lenguaje utilizado en los materiales y dicha labor fue acogida en el aula con comentarios muy positivos.

Por otra parte, el equipo realizó varias tareas para asegurarse de la correcta integración de la perspectiva de género. La profesora Inmaculada Fernández contó con la colaboración de Isabel San Mauro para crear los materiales didácticos de la asignatura España en el mundo moderno, que impartía por primera vez en el Grado en Humanidades. El profesor Antonio Carrasco realizó mejoras en varios temas. En el dedicado a la sociedad, de la asignatura Del Medievo a la Modernidad, introdujo un nuevo apartado dedicado a su carácter patriarcal y a las relaciones de género; y en la asignatura América: historia desde la colonización hasta el tiempo presente, amplió el tema dedicado a las mujeres en la América colonial. M.ª Teresa Ávila se ocupó de revisar las presentaciones de diapositivas de todos los temas de las cuatro asignaturas incluidas en el proyecto para detectar fallos y proponer mejoras. El ejemplo gráfico presentado en la Figura 1 ilustra su labor.

Pese a que el profesorado del proyecto incluye la perspectiva de género en sus asignaturas de Historia, movido por su compromiso y por el convencimiento de que ello es necesario para una buena praxis docente, la

Figura 1. Presentación original (izquierda) y presentación revisada (derecha).



labor de revisión realizada fue muy fructífera, ya que permitió mejorar su integración y aprender a no cometer pequeños errores en su aplicación.

Preparados los contenidos, llegó la impartición de las asignaturas. Al comenzar las clases teóricas, el profesorado utilizó una estrategia de sensibilización: explicó cómo iba a integrar la perspectiva de género y la iniciativa fue muy bien acogida por el alumnado, que se mostró especialmente receptivo hacia los temas relacionados con las mujeres y la perspectiva de género. Dicha percepción se reforzó durante la realización de las prácticas sobre la representación de las mujeres de la Modernidad en el arte. Y quedó confirmada por las calificaciones medias obtenidas en ellas y por la retroalimentación proporcionado por la encuesta y las entrevistas personales. En la Tabla 1, se muestran las calificaciones medias y la desviación estándar de las prácticas de cada asignatura

La encuesta contestada por el alumnado constó de ocho preguntas, con respuestas con escala Likert. Fue realizada en las cuatro asignaturas. La muestra fue de un 60% del alumnado matriculado, tal como se muestra en la Tabla 2.

A continuación, se presentan por separado y en gráficos los resultados de las preguntas en las cuatro asignaturas (ver Figuras 2-9). Dichos resultados han permitido conocer la opinión del alumnado sobre las prácticas realizadas y sobre la integración de la perspectiva de género en la enseñanza de la historia. Además, han dado la oportunidad de extraer conclusiones sobre su sensibilización hacia el tema de la igualdad.

Tabla 1. Calificaciones del alumnado por asignaturas.

Asignaturas	Media	Desv. est.	N.º de trabajos
España en el mundo moderno	8,39	1,07	15
Del Medievo a la Modernidad	7,60	1,92	7
Iglesia, Estado y sociedad en la España Moderna	7,80	0,90	15
América: historia desde la colonización hasta el tiempo presente	7,91	2,17	23

Tabla 2. Alumnado participante en la encuesta por asignaturas.

Asignaturas	Respuestas	Total	Muestra
América: historia desde la colonización hasta el tiempo presente	34	46	74%
España en el mundo moderno	14	17	82%
Iglesias, Estado y sociedad en la España Moderna	5	15	33%
Del Medievo a la Modernidad	6	21	29%
Total	59	99	60%

Figura 2. 1.ª pregunta de la encuesta

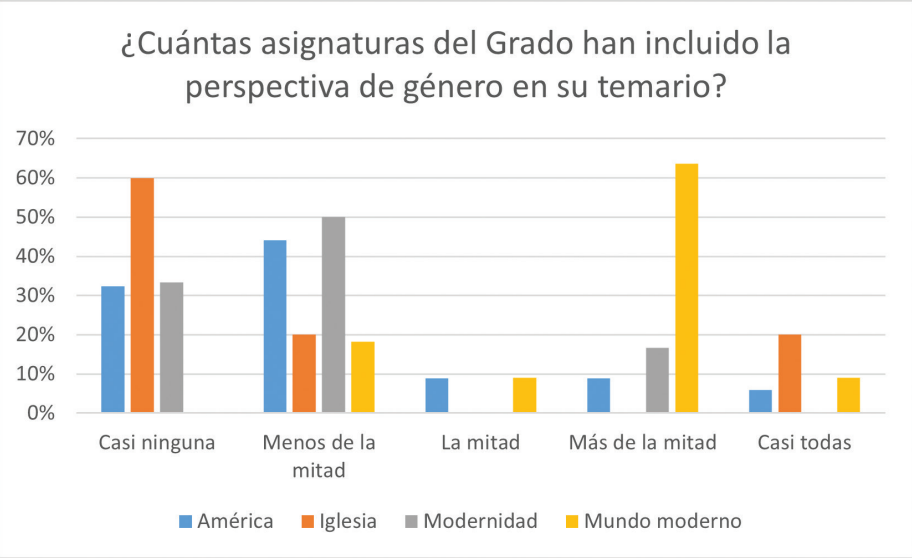


Figura 3. 2.ª pregunta de la encuesta

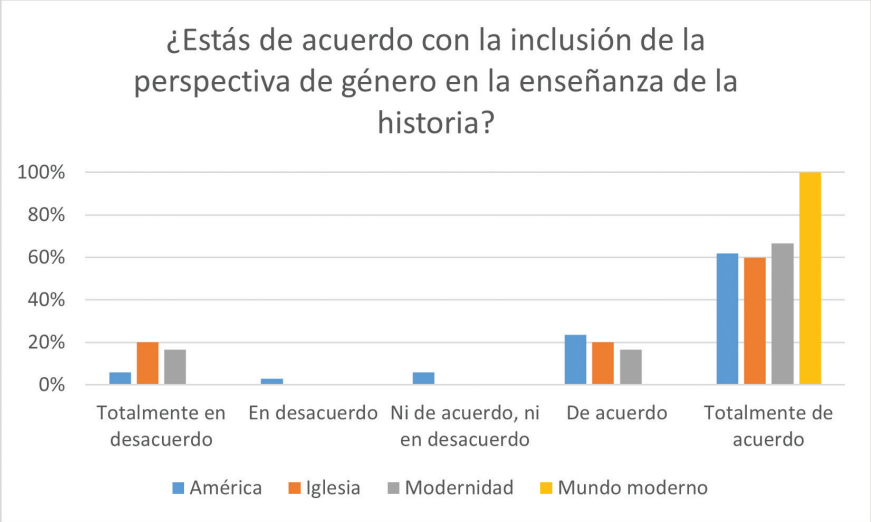


Figura 4. 3.ª pregunta de la encuesta

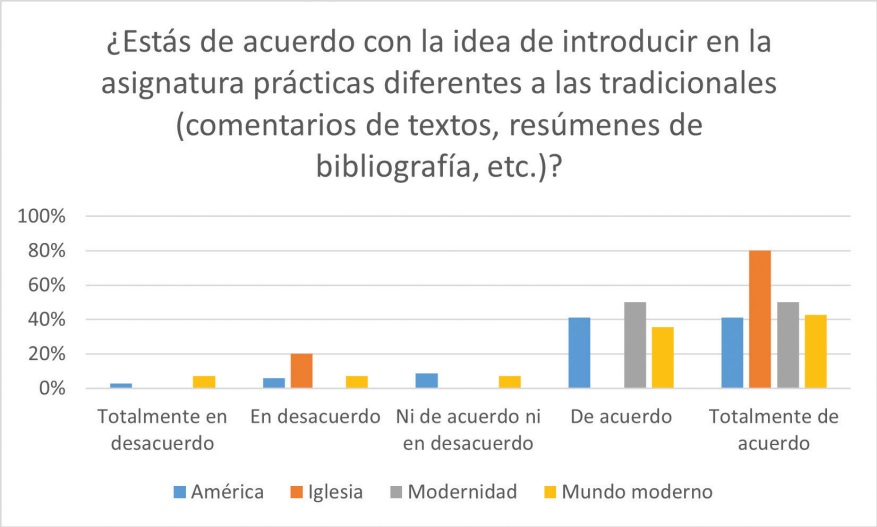


Figura 5. 4.ª pregunta de la encuesta

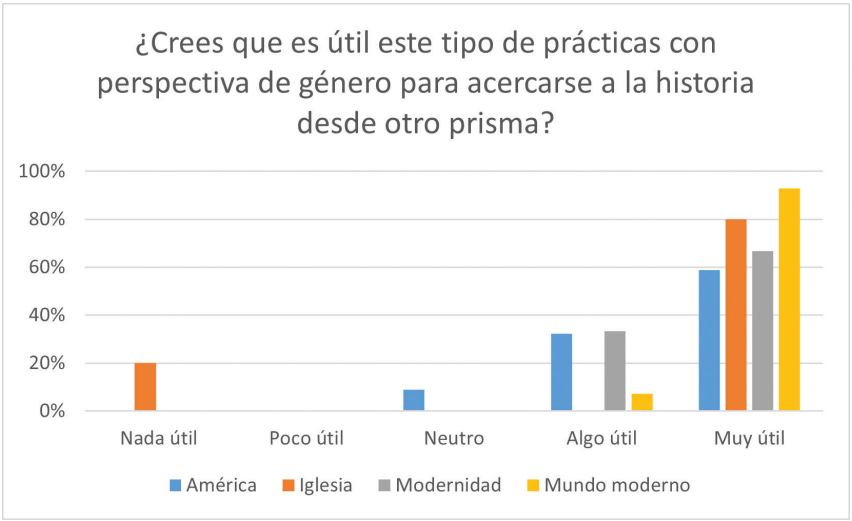


Figura 6. 5.ª pregunta de la encuesta

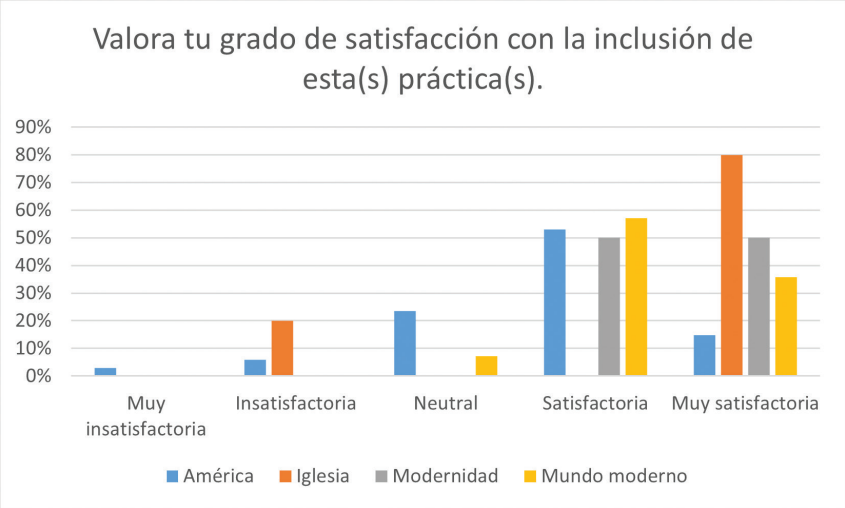


Figura 7. 6.ª pregunta de la encuesta

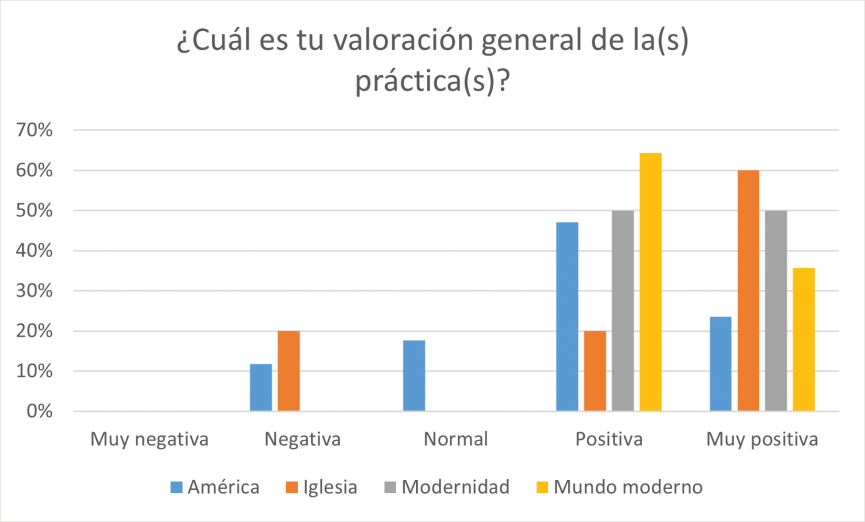


Figura 8. 7.ª pregunta de la encuesta

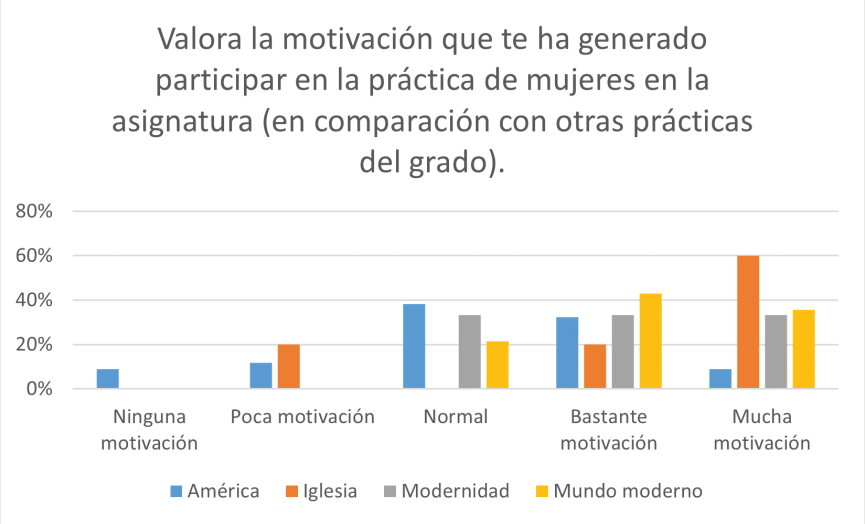
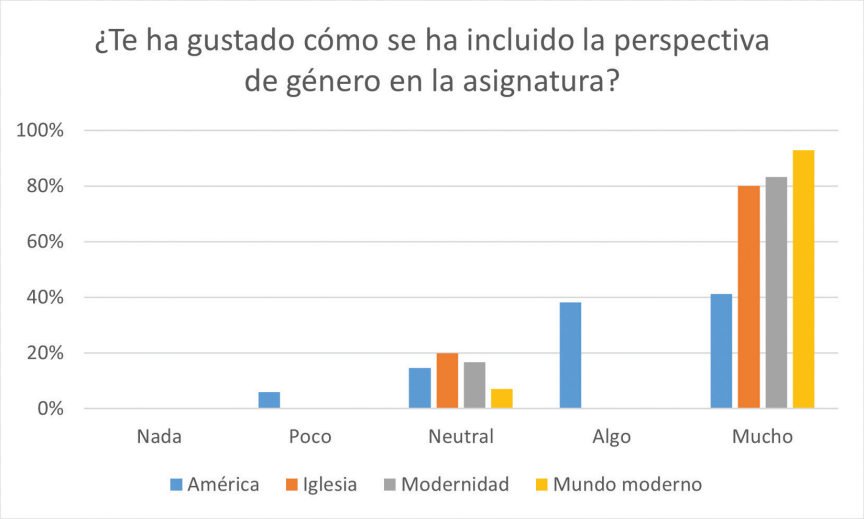


Figura 9. 8.ª pregunta de la encuesta



Por otra parte, fueron realizadas entrevistas a 31 estudiantes (Tabla 3) del total de 99 personas matriculadas en las asignaturas. Dichos encuentros, pese a su brevedad, ofrecieron información relevante sobre la importancia de introducir la perspectiva de género en la docencia de la Historia y acerca de las prácticas realizadas sobre mujeres y arte.

Tabla 3. Entrevistas personales al alumnado por asignaturas.

Asignaturas	**Entrevistas**
América: historia desde la colonización hasta el tiempo presente	16
España en el mundo moderno	9
Iglesia, Estado y sociedad en la España Moderna	3
Del Medievo a la Modernidad	3
Total	31

La respuesta sobre la introducción de la perspectiva de género en las asignaturas fue muy positiva. A continuación, se reproduce la transcripción literal de tres de los comentarios realizados por el alumnado sobre esta cuestión: "Me ha gustado que por fin se le dé la importancia que también tenían las mujeres y poder conocer más la posición de ellas en esta época". "Me ha resultado importante observar y resaltar el importante papel de la mujer, que no siempre se resalta". "Me ha gustado sobre todo el enfoque en la perspectiva de género, que me parece interesantísimo y poco tratado. Es esta perspectiva que ha motivado mi elección de esta asignatura (estoy aquí de Erasmus)".

Las prácticas sobre la representación de las mujeres en el arte también recibieron críticas mayoritariamente positivas. Estas transcripciones de las entrevistas son una muestra de la opinión sobre las actividades: "El aspecto más positivo de las prácticas ha sido conocer a artistas que apenas conocemos hoy en día". "Gracias a estas prácticas comenzamos a ver la perspectiva de género como algo intrínseco al temario y relevante, y no cómo un tema de ampliación al final del temario que se da rápidamente y no sale en el examen". "Lo que más me ha gustado es investigar sobre las representaciones artísticas de las mujeres, ya que tanto la perspectiva de género como el arte son cosas que no solemos comentar a fondo".

Así mismo, el alumnado entrevistado comentó aspectos negativos, como las dificultades halladas al buscar información para elaborar los trabajos, al crear los vídeos, al incluir audios en las presentaciones de diapositivas y al realizar las exposiciones orales. Como propuestas de mejora, el estudiantado nos sugirió flexibilizar o cambiar las fechas de entrega (para evitar coincidencias con trabajos de otras asignaturas), dedicar más tiempo a las presentaciones en clase y organizar debates sobre los temas tratados.

Finalmente, se evaluó la contribución del equipo del proyecto a la sensibilización social por medio de la comunicación de los resultados de la investigación en distintos escenarios.

ModernArte fue presentado en las Jornadas Investigando por la Igualdad, celebradas en la Universidad de Alicante el 7 y 9 de marzo del 2023, por medio de la ponencia titulada "ModernArte: la representación de las mujeres de la Modernidad en el Arte". El 1 de junio de 2023, Antonio Carrasco presentó la comunicación "Un prompt de ChatGPT para textos con lenguaje inclusivo: la inteligencia artificial y la promoción de la equidad de género" en el International Congress: Education and Knowledge, cuya publicación ha sido aceptada por una editorial que se encuentra en el primer cuartil en el índice SPI-CSIC de Historia y de Educación. El 8 de junio de 2023, el equipo expuso los resultados del proyecto en el Congreso Internacional REDES-INNOVAESTIC 2023 organizado por el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante. Del 29 de mayo al 9 de julio, varias componentes del equipo impartieron el curso "De musas a artistas. Las mujeres en la Historia del Arte", en el Centro de Formación, Innovación y Recursos para el Profesorado (CEFIRE), dependiente de la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana.

Por último, los contenidos del proyecto han tenido difusión en las redes sociales (X e Instagram), tanto en las cuentas del proyecto, como en otras personales o de entidades relacionadas con los eventos en los que ha participado el equipo. Además, una parte de dichos contenidos puede verse en el blog oficial del grupo de investigación, que está alojado en la plataforma de la Universidad de Alicante: https://blogs.ua.es/modernasenblog/.

4. Conclusiones

El proyecto de investigación docente ModernArte nació con dos objetivos: explorar distintas posibilidades didácticas para integrar la utilización de lenguaje inclusivo y la perspectiva de género en la docencia universitaria de la Historia, y desarrollar en el alumnado una conciencia crítica acerca de los retos existentes en la actualidad en materia de igualdad (Ramos, 2017).

En cuanto al primer objetivo, el equipo del proyecto ha trabajado en la revisión del uso del lenguaje inclusivo tanto en los materiales didácticos como en el discurso oral, utilizando un método basado en la autoevaluación del cumplimiento de pautas básicas y en el uso de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo. Dicha tarea ha tenido efectos muy positivos, que han sido refrendados por los comentarios del alumnado. Así mismo, el trabajo para la integración de la perspectiva de género en la docencia de la Historia ha llevado a la creación de un listado de requisitos que los materiales docentes habían de cumplir, y ha realizado la revisión de los contenidos teóricos ya existentes y la creación de otros nuevos. Además, la perspectiva de género ha sido el hilo conductor de las actividades prácticas relacionadas con la representación de las mujeres en el mundo del arte, en la Edad Moderna. Esta orientación ha permitido el desarrollo de la capacidad crítica del alumnado y su sensibilización hacia las cuestiones relacionadas con la igualdad de género, tal como se ha podido comprobar gracias a las encuestas y las entrevistas. Además, el desarrollo del proyecto ha permitido al equipo promover el uso del lenguaje inclusivo y la integración de la perspectiva de género en la historia entre docentes de enseñanza secundaria y superior, así como dar a conocer sus resultados y conclusiones a la sociedad por medio de las redes sociales y del blog del grupo de investigación.

Los resultados del proyecto reflejan una percepción positiva en la recepción y eficacia del lenguaje inclusivo y de la integración de la perspectiva de género en la enseñanza superior de la Historia, contribuyendo así a los esfuerzos orientados a promover la igualdad de género en la educación universitaria y al cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. De hecho, el estudio ha intentado demostrar cómo la implementación consciente de prácticas educativas inclusivas puede impactar positivamente en la formación de estudiantes universitarios, mejorando así la situación global de la educación inclusiva en la que, aunque ha habido avances en las últimas dos décadas, todavía se detectan importantes carencias tal y como refleja la UNESCO (2020).

El proyecto ModernArte ha tratado de ofrecer un modelo efectivo para la incorporación de la perspectiva de género y del lenguaje inclusivo a la enseñanza superior. El enfoque no solo ha reflejado la diversidad y ha promovido la igualdad, sino que también ha intentado preparar al estudiantado a afrontar los retos actuales relacionados con la igualdad de género. Además, la adopción de estas prácticas puede influir significativamente en la formación de profesionales de la docencia y en la ciudadanía, en la sensibilización de personas conscientes y comprometidas con la igualdad y la justicia social.

No obstante, aunque se han obtenido resultados prometedores, hemos de reconocer algunas limitaciones, como su enfoque en una muestra específica de asignaturas y estudiantes de los Grados en Historia, Humanidades y Geografía y ordenación del territorio. Futuras investigaciones podrán ampliarse a diferentes disciplinas y contextos educativos, examinando, además, el impacto a largo plazo de estas prácticas docentes. Sería muy

valioso realizar estudios más extensos y comparativos, con el fin de validar y enriquecer los resultados de esta investigación, contribuyendo así a una comprensión más profunda de cómo la perspectiva de género puede ser integrada de manera efectiva en la educación universitaria, no solo de la Historia (Reverter, 2022).

En conclusión, ModernArte representa un pequeño paso adelante hacia la integración efectiva de la perspectiva de género en la enseñanza universitaria. El proyecto pretende allanar el camino a futuras iniciativas educativas que busquen no solo enseñar Historia, sino también fomentar un entendimiento más profundo y equitativo de nuestro pasado colectivo. La acogida positiva por parte del alumnado y su impacto en la comprensión y sensibilidad hacia la igualdad de género nos confirman su utilidad y su necesidad en el ámbito educativo actual.

Contribución de la autoría

Inmaculada Fernández-Arrillaga: Conceptualización, Curación de datos, Adquisición de financiación, Metodología, Administración del proyecto, Supervisión, Validación, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.
Antonio Carrasco-Rodríguez: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Adquisición de financiación, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.
María-Teresa Ávila-Martínez: Investigación, Metodología, Validación, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición.
Isabel San Mauro-Martínez: Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Redacción-borrador original.
Sonia Beltrán-Pastor: Software.
Nuria Luz-Fernández: Software.

Referencias

Ávila, M. T., Herranz, F. y San Mauro, I. (2021). Un análisis feminista de la percepción del alumnado universitario sobre la inclusión de la Historia de Género en la Docencia. En R. Satorre (Ed.) *Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19*. Octaedro (563-574).

Ballarin, P. e Iglesias, A. (2018). Feminismo y educación. Recorrido de un camino común. *Historia de la Educación*, (37), 37-67. https://doi.org/10.14201/hedu2018373767

Bolufer, M. (2018). *Mujeres y Hombres en la Historia. Una propuesta historiográfica y docente*. Editorial Comares.

Carrasco, A., Ávila, M. T. y Herranz, F. (2020). Cómo aplicar la perspectiva de género en los materiales docentes: un caso práctico. En R. Roig (Ed.) *Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria*. Universidad de Alicante (657-668).

De la Villa, R. (2013). Crítica de arte desde la perspectiva de género. *Investigaciones Feministas* (4), 10-23. https://doi.org/10.5209/rev_INFE.2013.v4.41874

European Institute for Gender Equality. (2021). *Gender Equality in Academia and Research: GEAR Tool*. https://d66z.short.gy/vAUF9t

Fernández, I., Carrasco, A., Ávila, M. T., Herranz, F. y Fernández-Caballero, M. (2020). Modernas en blog. En R. Roig (Ed.), *La docencia en la Enseñanza Superior. Nuevas aportaciones desde la investigación e innovación educativas* (pp. 962-969). Octaedro.

Fernández, I., Carrasco, A., Ávila, M. T., San Mauro, I. y Fernández-Caballero, M. (2022). Modernas y poderosas. Perspectiva de género y experiencias docentes. En R. Satorre (Ed.), *El profesorado, eje fundamental de la transformación de la docencia universitaria* (pp. 340-348). Octaedro.

Fernández, I., Carrasco, A. y Fernández-Caballero, M. (2021). Historia con perspectiva de género: la Red Modernas por el mundo. En R. Satorre (Ed.), *Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19* (pp. 575-581). Octaedro.

Hessel, K. (2022). *Historia del arte sin hombres.* Ático de libros.

Hoyos, J. y Zarapaín, M. J. (2023). *Mujeres, arte y patrimonio: hilos de oro en el lienzo del tiempo*. Trea.

López, M., Fernández, A. y Bernárdez, A. (2012). *El protagonismo de las mujeres en los museos*. Fundamentos.

Martínez, M. (2020). Hacia una educación inclusiva: formación del profesorado de primaria enmarcada en los ODS que potencian la igualdad de género. *Revista Iberoamericana de educación* (82/2), 27-45. https://doi.org/10.35362/rie8223596

Nochlin, L. (1971). Why Have There Been No Great Women Artists? *Art News*, 69(9), 22-39.

Parker, R. y Pollock, G. (1981). *Old Mistresses: Women, Art, and Ideology*. Routledge.

Querol, M. A. y Hornos, F. (2011). La representación de las mujeres en los modernos museos arqueológicos: estudio de cinco casos. *Revista Atlántica -Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social* (13), 135-156. https://doi.org/10.25267/Rev_atl-mediterr_prehist_arqueol_soc.2011.v13.10

Ramos, D. (2017). La docencia de la historia de las mujeres en las universidades públicas españolas: entre el suelo pegajoso y el techo de cristal. En H. Gallego y M. Moreno (coords.), *Cómo enseñamos la historia (de las mujeres): homenaje a Amparo Pedregal* (pp. 75-98). Icaria.

Reverter, S. (2022). *Experiencias docentes de la introducción de la perspectiva de género*. Universitat Jaume I. https://doi.org/10.6035/InnovacioEducativa.27

Riaño, P. H. (2020). *Las invisibles*. Capitán Swing.

Ruiz, F. (2022). *Damas, diosas y musas: encuentros con lo femenino en el arte*. Asimétricas.

Segura, C. (2015). Cómo construimos la Historia de las Mujeres desde las Universidades españolas. *Revista de Historiografía* (22), 255-271.

Sotoca, H. (2022). *Ni musas ni sumisas: una revisión ilustrada de la historia del arte con perspectiva feminista*. Bruguera.

Trasforini, M.A. (2009). *Bajo el signo de las artistas mujeres, profesiones de arte y modernidad*. Publicacions de la Universitat de València.

UNESCO (2020). Global Education Monitoring Report 2020: Gender Report. A New Generation: 25 Years of Efforts for Gender Equality in Education. https://d66z.short.gy/3jZpVI

United Nations (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. https://sdgs.un.org/2030agenda

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

The Use of Apps Based on Augmented Reality as a Tool for Teaching STEM Subjects in Compulsory Secondary Education

El uso de apps basadas en la realidad aumentada como herramienta para la enseñanza de asignaturas STEM de la Educación Secundaria Obligatoria

Enzo Ferrari[a](*), Pablo Herrero-Teijón[b], Laura Delgado Martín[c], Santiago Andrés Sánchez[d], Anne-Marie Ballegeer[e], Diego Corrochano Fernández[f], Miguel Ángel Fuertes[g], Patricia González Ocejo[h], Camilo Ruiz Méndez[i]

[a] *Department of Mathematics and Science Education. Universidad de Salamanca, Spain.*
https://orcid.org/0000-0002-4533-021X enzoferrari@usal.es
[b] *Consejería de Educación. Junta de Castilla y León, Spain.*
https://orcid.org/0000-0001-7478-1637 pherrerot@educa.jcyl.es
[c] *Department of Mathematics and Science Education. Universidad de Salamanca, Spain.*
https://orcid.org/0000-0001-7203-1832 laura@usal.es
[d] *Department of Mathematics and Science Education. Universidad de Salamanca, Spain*
https://orcid.org/0000-0002-8088-1607 santiandres@usal.es
[e] *Department of Mathematics and Science Education. Universidad de Salamanca, Spain*
https://orcid.org/0000-0001-6296-1868 amballegeer@usal.es
[f] *Department of Mathematics and Science Education. Universidad de Salamanca, Spain*
https://orcid.org/0000-0002-6085-9744 dcf@usal.es
[g] *Department of Mathematics and Science Education. Universidad de Salamanca, Spain*
https://orcid.org/0000-0002-6914-6871 fuertes@usal.es
[h] *Consejería de Educación. Junta de Castilla y León, Spain*
https://orcid.org/0009-0007-2029-5896 patricia.gonoce@educa.jcyl.es
[i] *Department of Mathematics and Science Education. Universidad de Salamanca, Spain*
https://orcid.org/0000-0001-9538-5780 camilo@usal.es

ARTICLE INFO

Keywords
Augmented reality, STEM education, Compulsory Secondary Education in Spain.

ABSTRACT

Augmented Reality (AR) as a resource in all areas of education is now a reality. Since the widespread use of smartphones, the number of AR applications has not stopped growing, and it has potential use in education. In this publication, we analyse the suitability of AR-based apps to teach STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) concepts in compulsory secondary education in Spain. The study includes a quasi-experimental design, with an experimental group and a control group, to demonstrate the benefit of this technology in the classroom. In addition, a pretest-post-test design was applied, consisting of a pre-test and a post-test knowledge questionnaire. A five-question Likert-type questionnaire was used with the students to measure satisfaction with the activity and the appropriateness of the apps. Our study found high satisfaction in all four cases. In addition, the Wilcoxon W-test revealed that three of the four experimental groups using AR significantly improved their academic performance, with case three being the only non-significant (p=.051). This publication is part of the Educational Research Project, "Improving scientific competence through augmented reality (EDUCYL2020-02)", funded by the Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León through the Dirección General de Innovación y Formación del Profesorado.

Palabras clave
Realidad Aumentada, educación STEM, Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en España.

RESUMEN

La incorporación de la Realidad Aumentada (RA) en la educación ha experimentado un auge significativo, especialmente tras la generalización del uso de los smartphones. Con una creciente gama de aplicaciones de RA, surge la interrogante sobre su aplicabilidad eficaz en la enseñanza de conceptos STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas) en la educación secundaria

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 12/10/2022. Revisado, 22/09/2023. Aceptado, 19/10/2023. Publicado, 06/03/2025
e-ISSN: 2444-8729

obligatoria en España. En este estudio, exploramos la pertinencia y eficacia de estas aplicaciones basadas en RA mediante un diseño cuasi-experimental en cuatro contextos educativos distintos. Cada contexto incluye un grupo experimental y uno de control para evaluar el impacto pedagógico de la RA. Utilizamos un diseño pre-test-post-test, basado en cuestionarios de conocimientos aplicados antes y después de la intervención educativa. Adicionalmente, con el propósito de valorar la satisfacción del estudiante y la adecuación de las aplicaciones, se administró un cuestionario Likert de cinco ítems. Los resultados indican un elevado nivel de satisfacción estudiantil en cada uno de los cuatro contextos evaluados. Además, el test W Wilcoxon reveló que tres de los cuatro grupos experimentales que utilizaron la RA mejoraron significativamente su rendimiento académico, siendo el caso tres el único de no ser significativo (p=.051). Esta publicación se enmarca en el Proyecto de Investigación Educativa, "Mejora de la competencia científica a través de la realidad aumentada (EDUCYL2020-02)", financiado por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León a través de la Dirección General de Innovación y Formación del Profesorado.

1. Introduction

Today's schoolchildren are continually exposed to new technology at all levels and stages, and educational practices must reflect this fact. As the development of these technologies seems unstoppable, educators should accept and embrace them, understanding the challenges and opportunities they present (Cabero Almenara & Valencia, 2021). During the global COVID-19 crisis, digital technologies have shown to be particularly helpful in delivering high-quality education (Schleicher, 2020). Before incorporating new technology into education, however, great consideration must be given to how the teaching profession will change and how everyone will have access to these tools (Cabero Almenara, 2020).

During the global COVID-19 crisis, digital technologies have shown to be particularly helpful in delivering high-quality education (Schleicher, 2020). Before incorporating new technology into education, it is vital to carefully debate how the teaching profession will change and how everyone will have access to these tools (Cabero Almenara, 2020).

Augmented Reality (AR) is one of the new technologies that should be introduced in educational practices. It can provide a rich experience for students to explore and understand complex topics. The tools to use this technology are now widely available and can be used as educational tools in many learning scenarios (Martín-Gutiérrez et al. 2017).

These technologies are now widely available through smartphones. AR should not be confused with Virtual Reality (VR) as they refer to different technologies. In VR, the existing reality is completely dispensed, creating a completely new reality. The user controls the interaction with this new virtual reality with the help of a joystick, special glasses and custom hardware. In VR, the user is immersed in a new reality, usually completely different from the real world. However, AR information is added to the existing reality to enrich and interact with it more profoundly. At first, the AR was reserved for large companies, research centres and universities (Garzón et al., 2020). However, its use is becoming increasingly popular due to the broad penetration of smartphones and the development of 4G and 5G networks (Arici et al., 2019). The launch of the smartphone video game "Pokemon Go" was a before and after in the popularisation and development of AR-based applications. The ecosystem of AR has evolved in quantity and variety, and applications such as Instagram, Snapchat and other popular social networks have made this technology available to users and developers with great ease and in conjunction with mobile devices (Sinha & Srivastava, 2022).

Research institutions, universities, and companies have invested in AR research. These results demonstrate the feasibility and innovation of AR as a human-computer interaction technology (Chen et al., 2019).

The different types of AR have evolved over the years, but according to Blázquez (2017), there are essentially two types of AR depending on the elements that act as "triggers" of the information:

1. Marker-based AR: Markers are nowadays the most common way to act as information triggers in AR applications (when the device's camera detects any of these markers, digital information is displayed). Bookmarks can be grouped into two groups:
   a) Flat markers: They adopt flat geometric shapes that allow device software to recognise them. Currently, flat markers are used with a great diversity of shapes and colours. The idea is that the image of the marker is presented randomly and chaotically so that the software can recognise it and display the information (in this way, it is very difficult for the information to be activated by mistake because it is almost impossible to find a pattern so chaotic and messy that it was not previously predefined). Examples of this type of marker are the traditional barcodes and the now-famous QR codes.
   b) Markerless NFT (Natural Feature Tracking): the information triggers are objects or images from the real world.
2. Geolocated AR: The new information is activated by elements of the device that indicate its position, such as geolocation (given by GPS, GLONASS, etc.), orientation, device angle, speed and acceleration

(given by sensors such as compass, gyroscope or accelerometer). Thus, it is an AR-based on positioning parameters.

New software for the development of AR applications can now track the face of the user with high precision and use movement or gestures of the face of the user as triggers of information.

2. Augmented Reality and Education

The generalised use of AR in education is only a matter of time, as the technology and accessibility barriers guarantee easy access. Reinoso Ortiz (2012) has already mentioned the possibilities of AR as another tool of ICT in education. In the middle of this decade, the first reviews of AR experiences applied to compulsory education appeared (Cabero Almenara & Barroso Osuna, 2016; Prendes Espinosa, 2015). Despite being a great promise as a learning facilitator tool, its implementation in Spanish classrooms has been rather moderate. The 2016 Horizon report (Johnson et al., 2016, pp. 40-41) considers it an emerging technology that will have to be present in many classrooms by 2018-2019 (this prediction has not been fulfilled in the case of Spain, since most primary schools and high schools are not yet using it and it does not seem that specific plans are being developed for its implementation in the near term).

According to Dede and Dunleavy (2014), cited by Álvarez (2016), the fact that AR is considered a technology that enhances learning is based on two completely independent theoretical frameworks:

1. The famous constructivist theories of learning (those proposed by Bruner and Vygotsky) assert that people build their new knowledge based on what they already know and believe (although this aspect highly depends on different aspects, such as their social and cultural circumstances, the prevailing social context, their previous personal experiences and those proposed to them in the classroom). From these points of view, AR theoretically has enormous potential to improve students' knowledge construction.
2. Situated Learning Theory states that meaningful learning occurs in a specific context, the quality of which depends directly on interactions among people, objects, places, processes and culture (Brown et al., 1989). The use of AR leads to a new way for the student to interact with curriculum content, with teachers and other students, and with processes, places or culture, which should positively impact learning.

There are several empirical studies (Buitrago-Pulido, 2015; Estapa & Nadolny, 2015; Giasiranis & Sofos, 2016) where improvement in the outcomes of students taught mathematics using AR technology has been demonstrated (it is no longer conjecture or theory).

Similar to video games in the first decade of this century (Squire, 2006), AR could be a great facilitator of the teaching-learning process as a supplement to students' perception and interaction with the real world, contributing in novel and important ways to the teaching of the contents of the STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) disciplines and the acquisition of basic competences (Chang et al., 2022).

Pedrinaci et al. (2012) globally define the scientific competence as "*an integrated set of personal capacities to use scientific knowledge to:*

- *Describe, explain and predict natural phenomena.*
- *Understand the characteristic features of science.*
- *Formulate and investigate problems and hypotheses.*
- *Document, argue and make personal and social decisions about the natural world and the changes that human activity generates in it.*"

AR, understood as the additional information obtained through a camera device, can be used perfectly, either by itself or as a complement, to work on the four personal skills of students previously described by Pedrinaci et al. (2012). Indeed, teachers consider that AR increases students' scientific skills and motivation towards science, promotes collaboration and creates a classroom climate conducive to inquiry and project work (Villalustre et al., 2019).

One of the great advantages of AR is that you only need 3 elements to use it:

- A device with a camera (computer with a webcam, tablet, smartphone, virtual reality glasses...).
- A software program (QR code reader, BIDI...).
- A trigger (image, QR code, BIDI...).

Of the three previous elements, the second, using software programs, is the most problematic regarding educational use. Despite the myriad programs and applications, ensuring they do not collect sensitive data from the students who use them is necessary. For AR to truly be used in the classroom, it is important to ensure that the hardware is affordable and does not impose prohibitive costs on the centre and/or students, which can contribute to the well-known digital divide.

The greatest advantages of using AR in education are (Blázquez, 2017):

- Motivation: Using innovative technology in the classroom increases student motivation enormously.
- Collaborative work: AR, through its applications and the use of the necessary devices, represents a very appropriate resource for carrying out activities between students and promoting group work.
- Construction of knowledge by the student: if the student participates from the beginning, is guided in the management of AR applications and has the appropriate devices, does the student develop a higher capacity/competence? learning to learn is also improved since he is not a mere spectator or observer of the information but interacts with it.
- More information: through an image, a code, a word or a short text, rich information is accessed that broadens the possibility of delving into the subject studied.
- Free technology: to put this technology into practice, it is unnecessary to make large investments. Most applications are free or have a free "lite" version that allows you to handle basic functions and still do big jobs.
- Greater accessibility: most students and/or their families have a smartphone or tablet with which they can perform many tasks.
- Development of technological skills: students' digital competence and their families are developed if they participate in some tasks.

Today, we should add other advantages to this list: Many of the AR activities can be designed to be done by students at home (Quicios García et al., 2020). If there were again a temporary suspension of face-to-face teaching, as has happened in the 2019-20 academic year, the use of this methodology could make the work at home more bearable for students, who may welcome the implementation of this type of activity as a complement to some of the more traditional activities offered in virtual classrooms. AR also helps students acquire basic competencies in science, technology and digital competence, as it improves critical thinking and students gain autonomy (Fernández-Enríquez & Delgado-Martín, 2020).

3. Research Questions

In this paper, we explore how the use of AR applications in contexts of secondary education in Spain can improve student learning in STEM topics and how AR can complement other educational resources.

The use of AR to explain the contents of STEM subjects in compulsory secondary education can improve certain aspects of the learning experience:

- Increased attention and motivation during content explanation.
- Arouse interest in STEM subjects
- An improvement in results and science and digital competencies.

The main objective of the present article is to evaluate the impact of teaching STEM subjects in secondary education using augmented reality applications (AR apps) such as StarWalk2®, Measure Google®, and GeoXplorer® to see how they influence learning and student satisfaction. This is the main novelty of the study. Our primary research questions are:

RQ1: How does using augmented reality applications (AR apps) impact student learning?

RQ2: What is the level of satisfaction with using augmented reality applications (AR apps) in students' learning?

4. Methodology

This research design corresponds to a quasi-experimental study (Gopalan et al., 2020; Stanley & Campbell, 1973). According to Hedrick et al., this kind of study has the same purpose as experimental studies: to prove the existence of a causal relationship between two or more variables. When randomization is impossible,

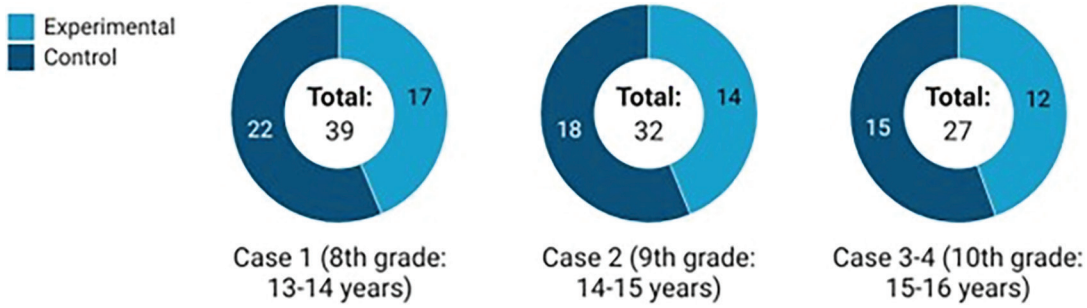
quasi-experiments (similar to experiments) allow the treatment's or program's impacts to be estimated, depending on whether a reasonable basis for comparison has been established (1993, p. 58).

These designs are characterised by an experimental group and a control group, the difference being whether or not they use an AR application.

We consider three different AR applications in this study. In the following section, we describe how these applications work and how they were used with the study participants.

A non-probabilistic convenience sampling was used to obtain ninety-eight (n= 98) students from a secondary school in Spain aged between 13 and 16 years old. The study was conducted during the 2021–2022 academic year. Figure 1 details students in the sample for each case. In the four cases, the number of students in the control group is slightly higher than in the experimental group. Thus, in case 1 (8th grade/ 2°ESO), there are 17 students in the experimental group and 22 in the control group; in case 2 (9th grade/3°ESO), 14 in the experimental group and 18 in the control group, and finally in cases 3 and case 4 (10th grade/4°ESO) 12 in the experimental group and 15 in the control group.

Figure 1. The Participants by group.



Both groups (experimental and control) developed the same didactic units in STEM classes. The experimental group used the applications StarWalk2®, Measure Google®, and GeoXplorer® distributed in four cases. Table 1 summarises the main characteristics of each case. The control group used textbooks in a "traditional" way with expository approaches and a teacher-centred methodology.

Table 1. Main characteristics of each case.

Concept	**Case 1**	**Case 2**	**Case 3**	**Case 4**
Course	8th grade / 2°ESO	9th grade / 3°ESO	10th grade / 4°ESO	10th grade / 4°ESO
Subject	Physics and Chemistry	Physics and Chemistry	Biology and Geology	Physics and Chemistry
Experimental Group	Students using the "StarWalk2®" application	Students using the "Measure Google®" application	Students using the "GeoXplorer®" application	Students using the "GeoXplorer®" application
Control Group	Students receiving a traditional masterclass	Students receiving a traditional masterclass	Students receiving a traditional masterclass	Students receiving a traditional masterclass

Our first case refers to 8th grade/2°. ESO students aged between 13 and 14 years. The subjects were physics and chemistry, and the topics covered were basic astronomy concepts. The AR APP was the StarWalk2 APP (https://starwalk.space/en).

This AR application was designed to enrich the experience of looking at the sky. The application uses the GPS, the gyroscope and accelerometers on the mobile device to determine the direction of the sky the camera is pointing. Once the image is displayed on the screen, information about the corresponding object is displayed. Since the application works in real-time, the camera can be pointed in different directions to explore the sky and the information is updated.

The intervention with students started with initial sessions where the teacher introduced the topics. In this case, focusing on astronomy, students start by visually discovering the concepts of constellations, the zodiac, rocky planets, gas planets, and natural and artificial satellites (Figure 2). Previous concepts, such as the northern or southern hemispheres, were also clarified in class, and the students were provided with arguments based on observation of the night sky to refute flat-Earth arguments. Students were given tablets with the application,

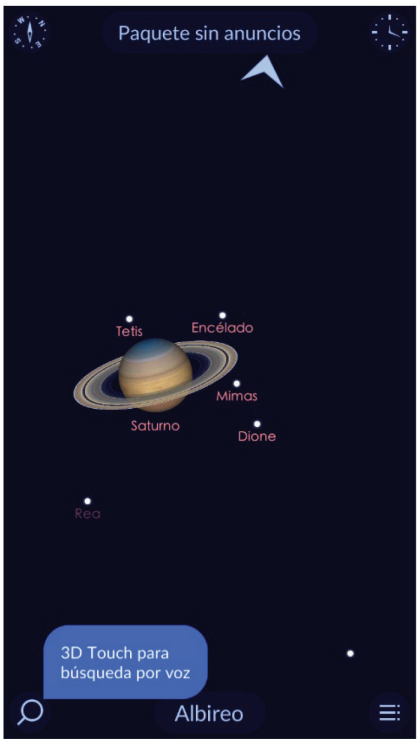
and small groups of 4 or 5 were formed around the devices. It is important to note that the application can be used in daylight and inside the classroom, as shown in Figure 2.

Figure 2. The student is looking for a constellation on his tablet.



Students investigated the names of some constellations: Orion, Perseus, Heracles, Andromeda, etc. (Figure 3) by pointing the tablet in different directions. The concept of AR was usually very rapidly understood by the students and the interaction with the APP was very smooth.

Figure 3. Some screenshots of the activities carried out in the APP StarWalk2®.





The second case involves 9th grade/3°ESO students between 14 and 15 years in physics and chemistry. In this case, the topic was: Taking measurements with the Google Measurement APP. This tool allows you to measure

objects using only the camera. The APP identifies the object's boundaries and, with a given reference, can provide the measurements of objects based on the number of pixels they occupy in the screen and the calibration formula.

The physics and chemistry students (Figure 4) used this AR APP to measure different objects in the High School: blackboards, corridors, classrooms, etc. (Figure 5). In addition, they made several conversion factors, taking advantage of the fact that the application allows you to select SI units or English system units.

Figure 4. Students using the Google Measurement App.



Figure 5. A screenshot of one of the activities carried out.

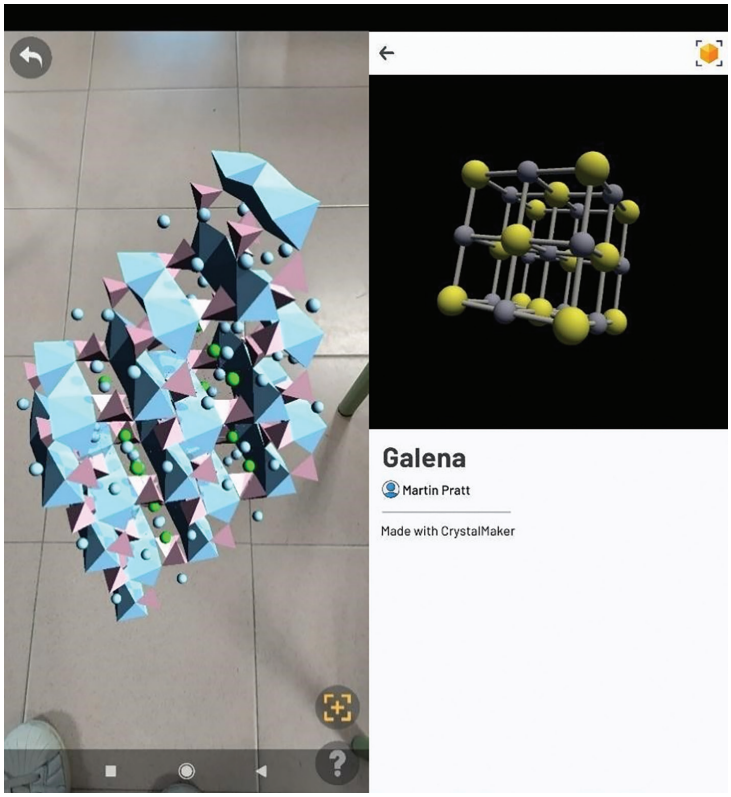


The third and fourth cases were with the 10th grade/4°ESO students aged between 15 and 16. In the third case, the subject was physics and chemistry, and the topic was 3D crystalline networks using the GeoXplorer APP. This AR APP allows visualisation of the crystalline structure of different materials. Showing the 3D arrangement of the atoms in the structures, the students can interact with it and observe them from different angles.

The visualisation of 3D structures is very important for the development of scientific competence since good training is necessary to assimilate the crystalline networks of ionic substances, minerals, etc. Using the GeoXplorer APP, students can move some of the most representative crystalline structures, such as cristobalite

or galena, in any direction of space, in such a way that the comprehension of these structures is greatly enhanced when they have had the opportunity to rotate them, lengthen them, look into them, etc. (Figure 6).

Figure 6. Some of the 3D structures worked by the students.



In the fourth case, the subject was Biology and Geology, and the topic was studying minerals with the GeoXplorer APP. The group used this APP to analyse different mineral samples, which would not have been possible otherwise due to the measures against COVID-19. They have studied different groups of minerals and the complex structures of the most representative silicates (Figure 7).

Figure 7. A realistic picture of a mineral sample.



Two measurement instruments were used to determine the impact of the use of AR APP on educational facts. First, it was a knowledge questionnaire with multiple choice questions that all groups (control and experimental) filled out before (pre-test) and after (post-test) the instruction. The questionnaire has a grading scale from 1 to 10. Two science experts, one specialist in classroom teaching and one expert in STEM content assessment, together with the corresponding course teacher, were involved in the development of the questionnaire.

Second, the questionnaire was applied to the experimental group, which determined the level of satisfaction with the augmented reality activity and the suitability of the APP used. A Likert-type user experience questionnaire was used, in which the students of each group rated from 1 to 5 ("I strongly disagree (1)", "I disagree (2)", "I am undecided (3)", "I agree (4)" and "I strongly agree (5)") their degree of satisfaction with the following aspects: the methodology used; learning acquired during the activity; duration of the activity; ease of use of the application and degree of overall satisfaction. More details are shown in Table 2.

Table 2. Categories of satisfaction in the use of AR apps.

Categories	Question
Methodology used	Did you like using the AR app in classroom?
Learning acquired	Has the AR app helped you to learn new things?
Duration	Did you find the number of classes in which we have used the AR app adequate?
Ease of use	Did you find the AR app easy to use?
Overall satisfaction	I highly value the fact of using an AR app in this subject.

Statistical software JASP version 0.16.3 was used to conduct the hypothesis comparisons. Data analysis was structured and performed around two non-parametric tests:

- The Mann-Whitney U test compares the relationship between the performance variable in the pretest and the post-test, depending on the group.
- The Wilcoxon W test is used to determine whether performance differences exist before (pretest) and after (post-test) using the augmented reality app in the experimental group and after the master class in the control group.

Firstly, we tested if there was a difference in significance between the pretests of both groups (control and experimental), and then, we analysed the pretest and post-test performances of the experimental and control groups. In addition, we analysed where there were different significances in pre-test-post-test performance in both groups. The level of significance used in all contrasts is analysed under 5%. To interpret its value, we add its effect size (d). To quantify the magnitude of the difference between two medians, values between .10 and .29 are considered small differences, .30 to .49 as moderate differences and values greater than .50 as large (Cohen, 2013).

5. Results

First, we investigated how the use of AR apps affects student learning. For this purpose, we verified that both groups (control and experimental) did not present significant differences in the pretest. Then, we proceeded to analyse the results in the post-test. For this purpose, we used the nonparametric Mann-Whitney U test. Table 3 shows the pretest results of both control and experimental groups in each case. The results show no significant differences between the two groups in all cases in the pre-test.

After verifying the contrast statistics in the pretest, we tested the impact of using AR apps with the nonparametric Wilcoxon test. The results are summarised in Table 4.

As we can see, the control group showed no statistically significant improvement in most cases, except for case 1. However, the improvement in using AR apps presented a more substantial effect size. In the same line, the enhancement happened in most cases formatted by the experimental group. The experimental group presented better post-test scores in cases 1, 2 and 4. Case 3 was close to being significant. Moreover, the differences between pre-tests and post-tests were substantial, even in case 3. The results indicated significant differences

Table 3. Contrast statistic pretest.

Case	Group	*n*	*M*	*Med*	*SD*	Hypothesis Testing		
						Z	MWU *p*	R_B
1	**Control**	22	6.63	6.50	1.80	-.128	.900	0.024
	Experimental	17	6.67	6.70	1.77			
2	**Control**	18	6.56	6.60	2.10	-1.48	.138	0.310
	Experimental	14	7.74	8.20	2.09			
3	**Control**	15	7.65	7.20	1.60	-1.17	.241	0.267
	Experimental	12	8.36	8.35	1.23			
4	**Control**	15	7.70	7.40	1.72	-1.51	.130	0.344
	Experimental	12	8.60	8.40	1.06			

n: sample size; *Med*: median; *M*: mean; *SD*: standard deviation; *Z*: Standardized Test Statistic; MWU *p*: Mann–Whitney U t-test and RB: Rank-Biserial Correlation (Cohen's effect size).

Table 4. Pre-test-post-test contrast statistical differences in the control and the experimental group.

Case	Group	Pretest			Post-test			Hypothesis Testing		
		n	*Med*	*M(SD)*	*n*	*Med*	*M(SD)*	Z	Wcx p	R_B
1	**Control**	22	6.63	6.50(1.80)	22	6.91	6.90(1.62)	-2.32	.025	0.563
	Experimental	17	6.67	6.70(1.77)	17	7.66	7.90(1.76)	-3.37	<.001	0.963
2	**Control**	18	6.56	6.60(2.10)	18	6.44	6.25(2.11)	-1.02	.307	0.307
	Experimental	14	7.74	8.20(2.09)	14	8.25	9.00(1.97)	-2.38	.017	0.747
3	**Control**	15	7.65	7.20(1.60)	15	7.63	7.80(1.77)	-0.28	.800	0.086
	Experimental	12	8.36	8.35(1.23)	12	8.75	9.05(1.16)	-1.94	.051	0.600
4	**Control**	15	7.70	7.40(1.72)	15	7.79	7.50(1.80)	-1.26	.221	0.410
	Experimental	12	8.60	8.40(1.06)	12	8.89	8.90(0.94)	-2.54	.011	0.956

n: sample size; Med: median; M: mean; SD: standard deviation; Wcx p: Wilcoxon t-test and R_B: Rank-Biserial Correlation (Cohen's effect size).

between the pre-test and post-test; the post-test is the one that achieves a higher score in most cases in the experimental group.

Second, we evaluated the satisfaction with the learning resources used in the four cases. The results show a high level of satisfaction. Notably, in all four cases studied, students found the apps very easy to use, with scores above 4. For learning success and duration of the activity, all scores were close to 4. Ease of use and overall satisfaction were above 4, exceeding 4.5, with only case 2 scoring below 4.

Interestingly, case 3 presented the lowest scores. More details are shown in figure 8. Generally, students positively evaluate using learning resources in teaching and learning.

Figure 8. Scores of the considered variables for the different cases.



6. Discussion

This article investigates the importance of using AR apps for teaching STEM subjects in the 8th, 9th and 10th grades of secondary education. Syawaludin et al. (2019) state that STEM topics are generally abstract and challenging to understand. AR-based apps are an alternative way to concretise abstract concepts covered in secondary education (Cheng & Tsai, 2013; Paembonan & Ikhsan, 2021; Syawaludin et al., 2019). On the other hand, AR apps offer advantages such as ease of use, increased satisfaction, increased motivation and reduced students' cognitive load (Sırakaya & Alsancak Sırakaya, 2020). Thus, we aim to evaluate the learning activities designed in AR-based STEM for secondary school students and their associated benefits.

Our first research question targeted the impact of using augmented reality applications (AR apps) on student learning. The findings from this study suggest that learning activities with augmented reality perform better than activities that only traditionally use textbooks. Research development in Indonesia supports our results with students in 8th grade who have better learning outcomes after the intervention using AR APPs in their science classes (Astuti et al., 2019). Similarly, applying a qualitative study, Karagozlu et al. (2019) suggest that attending science classes with students in 7th grade positively affects their learning. AR apps improve science knowledge in university students (Criollo-C et al., 2022; Mariscal et al., 2020) and in primary education students (Çetin & Türkan, 2022). Garzón et al. (2019) found through a meta-analysis of 61 studies that AR apps have a medium effect on learning effectiveness.

Our second research question was targeted to determine the level of satisfaction with using augmented reality applications (AR apps) in students' learning. Our results show that students evaluate these apps satisfactorily. This agrees with other studies, such as Salvador-Herranz et al. (2013), in which the students manifested that using AR apps helped them improve their learning of science issues. Likewise, students expressed that the classes with these applications help retain knowledge (Cai et al., 2013). Karagozlu et al. (2019) found that students consider using these apps as an excellent methodology to be applied in their classes, as they believe that they provide them with benefits such as improving their attention and raising interest in science subjects.

Similarly, Liou et al. (2017) found that these applications are easy to use because students are often familiar with their handling. In terms of satisfaction with its use, our results are consistent and in line with other investigations (Karagozlu et al., 2019; Sáez-López et al., 2019; Salvador-Herranz et al., 2013; Wojciechowski & Cellary, 2013). However, it must be recognised that these apps are also often time-consuming (Laine et al., 2016), and this is reflected in our findings, which show that of the five categories, this was the lowest score.

Our findings reinforce previous research on the importance of AR apps in the teaching and learning process. Furthermore, our results corroborate the appreciation of student satisfaction when teachers accompany their classes with these applications (Maas & Hughes, 2020).

Despite our study's positive results, the sample size restricts the generalisation of the results. However, most studies on this topic are conducted with the same sample size (Sırakaya & Alsancak Sırakaya, 2020). Another limitation is that our results are based on quantitative research. The results could be strengthened if accompanied by qualitative methodology, so we suggest applying a mixed methodological approach for future research.

7. Conclusions

Overall, apps help teach specific contents of the STEM curriculum in secondary education. The different AR experiences proved that using the mobile phone as a central element in using AR in the classroom is very appropriate.

The use of AR-based experiences is fascinating from the point of view of developing key competencies since it allows the integration of many of them in the same activity. Furthermore, some of the experiences were carried out in groups of students under lockdown due to COVID-19, who could carry out the expertise entirely or in an adapted way in real-time from home.

Practically, all of the AR experiences carried out have been rated by teachers and students as very motivating, with many students continuing to work with home applications involving their families.

One of the teacher's limitations is the lack of the required hardware, especially the lack of tablets in educational centres. However, in many cases, it is efficiently solvable thanks to the personal smartphones of the students themselves. One factor to consider if we want to use AR apps is time, which teachers should consider when using this resource in their classes.

Several apps can serve more than one subject, which shows that the management of this technology can effectively overcome compartmentalised teaching and highlight the relationship between the different STEM disciplines.

Funding

Educational Research Project, "Improving scientific competence through augmented reality (EDU-CYL2020-02)", funded by the Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León through the Dirección General de Innovación y Formación del Profesorado. Grant "Educación para el Cambio Climático y la Sostenibilidad, un estudio longitudinal de aprendizaje intergeneracional" PID2020-114358RB-I00 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 ERDF A way of making Europe. Grant "Impactos climáticos en la educacion y medidas de adaptación basadas en la naturaleza en la educación. Eduheat" TED2021-130300B-C21 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by the European Union NextGenerationEU/ PRTR

Authors' contributions

Enzo Ferrari: Data curation, Formal analysis, Methodology, Software, Validation, Visualization.
Pablo Herrero-Teijón: Data curation, Formal análisis, Investigation, Methodology, Supervision, Validation, Visualization.
Laura Delgado Martín: Conceptualization.
Santiago Andrés Sánchez: Investigation.
Anne-Marie Ballegeer: Conceptualization, Validation, Writing – review & editing
Diego Corrochano Fernández: Conceptualization.
Miguel Ángel Fuertes: Writing – original draft.
Patricia González Ocejo: Supervision.
Camilo Ruiz Méndez: Conceptualization, Writing – original draft, Writing – review & editing.

References

Allen, M. J., & Yen, W. M. (1979). *Introduction to Measurement Theory*. Wadsworth. Inc.

Álvarez, S. (2016). El trabajo interdisciplinar en el aula de matemáticas. Diseño de una experiencia. [Trabajo fin de máster, Universidad de Salamanca].

Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education, 142*, Article 103647. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103647

Astuti, F. N., Suranto, S., & Masykuri, M. (2019). Augmented reality for teaching science: Students' problem solving skill, motivation, and learning outcomes. JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia), *5*(2), 305-312. https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.8455

Blázquez, A. (2017). Realidad aumentada en educación. *Universidad Politécnica de Madrid. Gabinete de Tele-Educación. Vicerrectorado de Servicios Tecnológicos de la Universidad Politécnica de Madrid*.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, *18*(1), 32–42. https://doi.org/10.3102/0013189X018001032

Buitrago-Pulido, R. D. (2015). Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas. *Educación y Educadores*, *18*(1), 27-41. https://doi.org/10.5294/edu.2015.18.1.2

Cabero Almenara, J. (2020). Aprendiendo del tiempo de la COVID-19. *Revista Electrónica Educare (Educare Electronic Journal), 24(*Suplemento Especial*),* 1-3. https://doi.org/10.15359/ree.24-s.2

Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. M. (2016). Ecosistema de aprendizaje de realidad aumentada: posibilidades educativas. *TCE: Tecnología, Ciencia y Educación, 5,* 141-154*.* https://doi.org/10.51302/tce.2016.101

Cabero Almenara, J., & Valencia, R. (2021). And COVID-19 transformed the educational system: reflections and experiences to learn. *International Journal of Educational Research and Innovation* (*IJERI*), (15), 218-228. https://doi.org/10.46661/ijeri.5246

Cai, S., Chiang, F. K., & Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, *29*(4), 856–865.

Çetin, H., & Türkan, A. (2022). The Effect of Augmented Reality based applications on achievement and attitude towards science course in distance education process. *Education and Information Technologies*, *27*(2), 1397–1415. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10625-w

Chang, H. Y., Binali, T., Liang, J. C., Chiou, G. L., Cheng, K. H., Lee, S. W. Y., & Tsai, C. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, *191*, 104641. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641

Chen, Y., Wang, Q., Chen, H., Song, X., Tang, H., & Tian, M. (2019). An overview of augmented reality technology. *Journal of Physics: Conference Series, 1237*(2), Article 022082. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1237/2/022082

Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, *22*(4), 449–462. https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9

Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.) Academic press. https://doi.org/10.4324/9780203771587

Criollo-C, S., Altamirano-Suarez, E., Jaramillo-Villacís, L., Vidal-Pacheco, K., Guerrero-Arias, A., & Luján-Mora, S. (2022). Sustainable Teaching and Learning through a Mobile Application: A Case Study. *Sustainability*, *14*(11), Article 6663. https://doi.org/10.3390/su14116663

Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented Reality Teaching and Learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 735–745). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59

Ebel, R. L., & Frisbie, D. A. (1972). *Essentials of educational measurement*. Prentice Hall.

Estapa, A., & Nadolny, L. (2015). The effect of augmented reality enhanced mathematics lesson on student achievement and motivation. *Journal of STEM Education*, *16*, 40-48.

Fernández-Enríquez, R., & Delgado-Martín, L. (2020). Augmented Reality as a Didactic Resource for Teaching Mathematics. *Applied Sciences*, *10*(7), Article 2560. https://doi.org/10.3390/app10072560

Finch, W. H., & French, B. F. (2018). *Educational and Psychological Measurement*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315650951

Quicios García, M. P., Herrero Teijón, P., & González Ocejo, P. (2020). La eficacia de la enseñanza a distancia durante el confinamiento por COVID-19 en las zonas de baja cobertura de la España vaciada. El caso de Salamanca. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, *38*(2), 67-85. https://doi.org/10.14201/et20203826785

Garzón, J., Kinshuk, Baldiris, S., Gutiérrez, J., & Pavón, J. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review, 31*, Article 100334. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334

Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, *23*(4), 447–459. https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9

Giasiranis, S., & Sofos, L. (2016). Production and evaluation of educational material using augmented reality for teaching the module of "Representation of the information on computers" in junior high school. *Creative Education*, *7*, 1270-1291. https://doi.org/10.4236/ce.2016.79134

Gopalan, M., Rosinger, K., & Ahn, J. B. (2020). Use of quasi-experimental research designs in education research: Growth, promise, and challenges. *Review of Research in Education*, *44*(1), 218-243. https://doi.org/10.3102/0091732X20903302

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8th Ed.). Annabel Ainscow.

Hedrick, T. E., Bickman, L., & Rog, D. J. (1993). *Applied research design. A practical guide*. Sage. https://doi.org/10.4135/9781412983457

Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *The NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. The New Media Consortium.

Karagozlu, D., Kosarenko, N. N., Efimova, O. V., & Zubov, V. V. (2019). Identifying students' attitudes regarding augmented reality applications in science classes. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *14(*22), 45–55. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i22.11750

Laine, T. H., Nygren, E., Dirin, A., & Suk, H. J. (2016). Science Spots AR: a platform for science learning games with augmented reality. *Educational Technology Research and Development*, *64*(3), 507–531. https://doi.org/10.1007/s11423-015-9419-0

Liou, H. H., Yang, S. J. H., Chen, S. Y., & Tarng, W. (2017). The influences of the 2D image-based augmented reality and virtual reality on student learning. *Educational Technology and Society*, *20*(3), 110–121.

Maas, M. J., & Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: A review of the literature. *Technology, Pedagogy and Education*, *29*(2), 231–249. https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1737210

Magnusson, D. (1967). *Test theory*. Addison Wesley.

Mariscal, G., Jiménez, E., Vivas-Urias, M. D., Redondo-Duarte, S., & Moreno-Pérez, S. (2020). Virtual Reality Simulation-Based Learning. *Education in the Knowledge Society*, *21*(11), 1–15. https://doi.org/10.14201/eks.20809

Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(2), 469-486. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a

Paembonan, T. L., & Ikhsan, J. (2021). Supporting Students' Basic Science Process Skills by Augmented Reality Learning Media. *Journal of Educational Science and Technology (EST)*, *7*(2), 188-196. https://doi.org/10.26858/est.v0i0.19448

Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P., & de Pro, A. (2012). *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Graó.

Prendes Espinosa, C. (2015). Realidad aumentada y educación: Análisis de experiencias prácticas. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, *46*, 187-203. https://doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12

Price, L. R., (2017). *Psychometric methods: Theory into practice.* The Guilford Press.

Reinoso Ortiz, R. (2012). Posibilidades de la realidad aumentada en educación. Tendencias emergentes en educación con TIC. In J. Hernández Ortega, M. Pennesi, D. Sobrino López, & A. Vázquez Gutiérrez (Eds.), *Tendencias emergentes en educación con TIC* (pp. 175-197). Espiral.

Sáez-López, J. M., Sevillano-García, M. L. & Pascual-Sevillano, M. A. (2019) Aplicación del juego ubicuo con realidad aumentada en Educación Primaria. *Comunicar. Revista Científica de Educomunicación*, 27(*61)*, 71-82. https://doi.org/10.3916/C61-2019-06

Salvador-Herranz, G., Pérez-López, D., Ortega, M., Soto, E., Alcañiz, M., & Contero, M. (2013). Manipulating Virtual Objects with Your Hands: A Case Study on Applying Desktop Augmented Reality at the Primary School. In *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences (Wailea, HI, USA, 7-10 January 2013)* (pp. 31-39). https://doi.org/10.1109/HICSS.2013.390

Schleicher, A. (2020). *The Impact of COVID-19 on Education: Insights from "Education at a Glance 2020"*. OECD Publishing.

Sinha, M., & Srivastava, M. (2022). Augmented Reality-Enabled Instagram Game Filters: Key to Engaging Customers. *Journal of Promotion Management*, *28*(4), 467–486. https://doi.org/10.1080/10496491.2021.2008577

Sırakaya, M., & Alsancak Sırakaya, D. (2022). Augmented reality in STEM education: a systematic review. *Interactive Learning Environments*, *30*(8), 1556–1569. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1722713

Squire, K. (2006). From content to context: Videogames as designed experience. *Educational Researcher*, *35*(8), 19–29. https://doi.org/10.3102/0013189x035008019

Stanley, J. C., & Campbell, D. (1973). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Rand McNal.

Syawaludin, A., Gunarhadi, & Rintayati, P. (2019). Enhancing elementary school students' abstract reasoning in science learning through augmented reality-based interactive multimedia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *8*(2), 288–297. https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.19249

Villalustre Martínez, L., del Moral Pérez, M. E., & Neira Piñeiro, M. R. (2019). Percepción docente sobre la Realidad Aumentada en la Enseñanza de Ciencias en Primaria. Análisis DAFO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *16*(3), 3301-3320.http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3301

Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers and Education*, *68*, 570–585. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014

Annexes

Evidence of item analysis and reliability

We calculated item indices typical of Classical Test Theory (CTT) as Magnusson (1967) recommended. CTT involve the item difficulty (P), Item discrimination (D) and Cronbach's alpha (α) if the item is deleted. Item difficulty (P) is calculated as the proportion of correct responses on each item. According to Allen and Yen (1979), values between 0.30 and 0.70 provide helpful information about knowledge measurement. Moreover, values outside of this range, less than .3, are considered extremely difficult, and above .7 is moderately easy. Item Discrimination (*D*) is how an item differentiates those who know more from those who know less. *D* is based on the proportion of correct answers from the high group and the total number of correct answers from both the high and low groups. According to Ebel and Frisbie (1972, p. 232) and Price (2017), when *D* presents values above .4 are very good items, .30 to .39, reasonably good but possibly subject to improvement. Values between .20 to .29 Marginal items, usually needing improvement below. Finally, values less than .19 are Poor items to be rejected or improved by revision. An alternative technique for estimating item discrimination is the correlation (r_{pbs}) between the item response and the total score on the scale (Finch & French, 2018). The reliability for every item is measured with Cronbach's alpha (if the item is deleted). This should have values close to or above .7. Average variance extracted should have values close to .4 with indicators loadings above .5.

According to the results in Table S.1, we can see that the most challenging item was item 6 (P = 0.282), and the easiest were items 5 and 9 (P = 0.846 and P = 0.821 respectively). Most items had P values within the 0.3–0.7 range that Allen and Yen (1978) suggested were recommended.1. Based upon *D,* we would conclude that the best discriminating item was 5. However, according to r_{pbs} was item 1. On the other hand, the scale had an appropriate reliability (α=.717), and the average variance extracted was .371.

The results in Table S.2 show that the most challenging items were items 7 (P = 0.469), and the most straightforward items were items 1 and 4 (P = 0.688). All items had P values within the range of 0.3-0.7. According to *D* and r_{pbs}, we may conclude that the best discriminant item was item 5. This was adequate regarding reliability (α for total scale is 0.808.), and the average variance extracted is .475.

Table S.3 shows that the most challenging was item 6 (P = 0.444), and the most straightforward items were items 5 to 9 (P = 0.926). However, we decided to keep them because they have crucial content validity. Using *D and* r_{pbs}, we concluded that the best discriminant item was item 5. Concerning the reliability, this was satisfactory (α=.710), and the average variance extracted is .392.

We can see from the results in Table S.4 that the most challenging item was item 6 (P = 0.481), and the most straightforward item was item 3 (P = 0.926). Using *D*, we can conclude that the most discriminating items were items 5 and 6. However, according to r_{pbs}, item 1 was the best discriminant. With reliability concerns, this was below .7. However, it is adequate for exploratory studies (Hair et al., 2019) such as ours. The average variance extracted was appropriate, with .388.

Annex Table S.2 Case 2. Descriptive Statistics and Item Analysis for Measurement Units Quiz Items.

N°	Item	Answers				*M*	*SD*	*P*	*D*	r_{pbs}	*α if Item deleted#*	*Indicators loadings**
1	What are the SI base units?	9	6	8	**7**	.688	.471	.688	.900	.810	.756	.679
2	In what unit would an intensity of electric current be expressed?	Newton	Joule	Coulomb	**Ampere**	.625	.492	.625	.700	.625	.786	.560
3	Which of the following is NOT a unit of measurement?	Temperature	Length and area	Mass	**None of the above**	.688	.471	.688	.700	.651	.786	.754
4	Knowing that acceleration is a magnitude that expresses the variation of speed per unit of time, which unit of those shown should you use to express it in SI?	**ms^{-2}**	ms^2	ms^{-1}	ms	.500	.508	.500	.327	.319	.841	.822
5	What is a Pascal equal to?	**kg m s^{-2}**	kg m^{-1} s^{-2}	kg s^2 m^{-1}	None of the above	.500	.508	.500	1.00	.834	.749	.633
6	Which of the following balls has the greatest speed?	**Golf 5.7 km/min**	Football 140.4km/h	Baseball 155 mile/h (Note: 1 mile=1609m)	Tennis 67m/s	.500	.508	.500	.809	.662	.785	.684
7	The prefix "kilo" has a numerical value of:	**1000**	100	0.001	0.01	.469	.507	.469	.718	.579	.800	.421
8	144km/h equal to:	400 m/s	4.0 dm/s	400 m/seg	**40 m/s**	.594	.499	.594	.900	.732	.771	.856

M: Median, *SD:* Standard Deviation, *P:* item difficulty, *D:* Item discrimination, r_{pbs}*:* correlation biserial punctual (alternative to *D*), and Cronbach's alpha (α) if the item is deleted. #Cronbach's α for total scale is 0.808. *Average variance extracted is .475

Annex Table S.1 Case 1. Descriptive Statistics and Item Analysis for Universe Quiz Items.

N°	Item	Answers				*M*	*SD*	*P*	*D*	*rpbs*	*α if Item deleted#*	*Indicators loadings**
1	Which planet's axis is almost parallel to its orbital plane, making it spin nearly on its side?	Venus	**Uranus**	Saturn	Jupiter	.667	.478	.667	.600	.691	.563	.574
2	The doughnut-shaped zones of highly energetic charged particles trapped at high altitudes in the magnetic field of Earth are known as:	**Van Allen radiation belt**	Magnetopause	Magnetosphere	Magnetosheath	.667	.478	.667	.900	.376	.657	.573
3	Who discovered the laws of planetary motion?	Galileo	Newton	Copernicus	**Kepler**	.692	.468	.692	.500	.542	.611	.510
4	What is the visible part of the Sun called?	Atmosphere	Lithosphere	**Photosphere**	Stratosphere	.333	.478	.333	.427	.673	.569	.716
5	Which astronomer formulated the big bang theory?	**Georges Lemaître**	William Herschel	Carl Sagan	Edwin Hubble	.846	.366	.846	1.00	.467	.622	.535
6	Which is the name of a radio source that is very far from Earth?	Tracer	Phaser	**Quasar**	Taser	.282	.456	.282	.227	.601	.592	.564
7	Approximately how many kilometres are there in a light-year?	**9.5 x10^{12} km**	9.5 x10^9 km	9.5 x10^3 km	9.5 x10^6 km	.333	.478	.333	.536	.464	.634	.694
8	Which is the hottest planet in our solar system?	Mars	Mercury	**Venus**	Saturn	.462	.505	.462	.800	.351	.670	.686
9	What is the outermost region of the Sun's atmosphere called?	Chromosphere	Penumbra	Core	**Corona**	.821	.389	.821	.673	.442	.629	.631

M: Median, *SD:* Standard Deviation, *P:* item difficulty, *D:* Item discrimination, r_{pbs}*:* correlation biserial punctual (alternative to *D*), and Cronbach's alpha (α) if the item is deleted. #Cronbach's α for total scale is 0.717. *Average variance extracted is .371

Ediciones Universidad de Salamanca | https://doi.org/10.14201/eks.30610 | e30610

Annex Table S.3 Case 3. Descriptive Statistics and Item Analysis for Crystal Lattices and Ionic Bonding Quiz Items.

N°	Item	Answers				*M*	*SD*	*P*	*D*	r_{pbs}	*α if Item deleted#*	*Indicators loadings**
1	What would be the charge on a calcium ion if a calcium atom loses two electrons?	**+2**	-2	0	-1	.852	.362	.852	.444	.646	.559	.425
2	What would be the formula of an oxide if the metal ion has +2 charge?	MO2	M2O2	M2O	**MO**	.741	.447	.741	.667	.554	.592	.651
3	The caesium chloride structure adopts a:	Cubic lattice	Hexagonal lattice	Rocksalt structure	**None of the above**	.481	.509	.481	.889	.686	.547	.584
4	Which of the following unit cells has constituent particles occupying the corner positions only?	Body-centred cell	**Primitive cell**	Face centred cell	End-centred cell	.481	.509	.778	.222	.316	.484	.513
5	Ionic compounds are normally:	**Soluble in water**	Insoluble in water	Soluble in oil	None of the above	.444	.506	.481	1.00	.809	.635	.707
6	The number of Na+ ions which surround each CI- ion the NaCI crystal lattice is	**6**	8	4	1	.926	.267	.444	.667	.446	.587	.532
7	A crystal is a solid composed of atoms, ions, or molecules arranged in a pattern that is periodic in how many dimensions?	**3**	2	1	None of the above	.926	.267	.926	.222	.555	.587	.695
8	It is the smallest part of a crystal that, if repeated regularly by translation in three dimensions, creates the whole crystal.	Plant cell	Special cell	Body cell	**Unit cell**	.926	.267	.926	.222	.555	.640	.614
9	What determines ionic bonds to form?	Number of total electrons	**Number of valence electrons**	Number of ionic electrons	Number of total protons	.778	.424	.926	.222	.343	.720	.821

M: Median, *SD:* Standard Deviation, *P:* item difficulty, *D:* Item discrimination, *rpbs:* correlation biserial punctual (alternative to *D*), and Cronbach's alpha (α) if the item is deleted. #Cronbach's α for total scale is 0.710.*Average variance extracted is .392

Annex Table S.4 Case 4. Descriptive Statistics and Item Analysis for Minerals and Rocks Quiz Items.

N°	Item	Answers				M	SD	P	D	r_{pbs}	α if Item deleted#	Indicators loadings*
1	What type of rock is coal?	Conglomerate	Silicate	Metamorphic	**Sedimentary**	.889	.320	.889	.273	.553	.485	.545
2	Which element puts the green in emeralds?	**Chromium**	Rubidium	Copper	Iron	.778	.424	.778	.545	.605	.468	.571
3	Which is the hardest form of pure carbon?	Garnet	Graphite	**Diamond**	Carbide	.926	.267	.926	.182	.290	.557	.616
4	Which mineral is the principal ore of aluminium?	Anthracite	Pyrite	Blenda	**Bauxite**	.704	.465	.704	.455	.506	.530	.696
5	What abundant mineral has many useful properties, including the piezoelectric effect?	**Diamond**	Quartz	Alumina	Coal	.704	.465	.704	.723	.717	.404	.566
6	Which one is not included in group of Silicate Minerals:	**Carbonates**	Ferromagnesian	Non-ferromagnesian	Felsic	.481	.509	.481	.723	.436	.584	.540
7	Which is not a clay mineral?	**Pyrite**	Kaolinite	Montmorillonite	Illite	.593	.501	.593	.636	.530	.531	.786

M: Median, *SD:* Standard Deviation, *P:* item difficulty, *D:* Item discrimination, r_{pbs}*:* correlation biserial punctual (alternative to *D*), and Cronbach's alpha (α) if the item is deleted. #Cronbach's α for total scale is 0.620. *Average variance extracted is .388

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

Location-Based Games as Tools for Leisure in a Military Community

Juegos basados en la localización como herramientas de ocio en una comunidad militar

Anabela Pimentel da Silva Jenkins[a], Maria Luísa Lebres Aires[b] (*)

[a] *Distance Education and eLearning Laboratory (LE@D), Universidade Aberta, Lisboa, Portugal.*
https://orcid.org/0000-0001-8219-1004 anabela.silva.jenkins@gmail.com
[b] *Distance Education and eLearning Laboratory (LE@D), Universidade Aberta, Lisboa, Portugal.*
https://orcid.org/0000-0001-5649-276X laires@uab.pt

ARTICLE INFO

Keywords
location-based games, military community, mediation, outdoor learning, ubiquitous learning.

ABSTRACT

Digital media increasingly affect how people interact with their surroundings, leading to rising levels of indoor screen time. This study examines how locative media technologies can enhance meaningful leisure and learning experiences in outdoor settings. Our goal is to understand the role of location-based games in improving outdoor leisure by implementing a geolocation program within a military community at an Armed Forces base. Therefore, we conducted a qualitative case study based on the principles of the design-based research (DBR) method. By developing, implementing, and using a location-based game prototype, we increased contact with nature and found that locative play encourages learning in outdoor leisure contexts. We also found that the digital locative game promoted a sense of social belonging and positively impacted intergenerational activities, highlighting the immense potential of locative media and ubiquitous learning in outdoor leisure experiences and the creation of new educational opportunities.

Palabras clave
juegos basados en localización, comunidad militar, mediación, aprendizaje al aire libre, aprendizaje ubicuo.

RESUMEN

Las tecnologías digitales afectan cada vez más a la forma en que las personas interactúan con su entorno y han provocado un aumento del tiempo de pantalla en espacios interiores. En este estudio se analiza en qué medida las tecnologías de medios locativos pueden conducir a experiencias de ocio y de aprendizaje significativos en entornos al aire libre. Nuestro objetivo es comprender el papel de los juegos basados en la localización en la mejora del ocio en la naturaleza, mediante la aplicación de un programa de geolocalización dentro de una comunidad militar en una base de las Fuerzas Armadas. Hemos desarrollado un estudio de caso cualitativo, a partir de la metodología de investigación basada en el diseño (DBR), adoptando una serie de ciclos iterativos. Mediante la implementación y el uso de un prototipo de juego basado en la localización, se ha aumentado el contacto con la naturaleza y se ha observado que el juego locativo fomenta el aprendizaje para el ocio al aire libre. También descubrimos que el juego locativo digital ha fomentado el sentimiento de pertenencia social y ha repercutido positivamente en las actividades intergeneracionales, reconociéndose así el inmenso potencial de los medios locativos y del aprendizaje ubicuo en las experiencias de ocio al aire libre y en la creación de nuevas oportunidades educativas.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 10/10/2022. Revisado, 21/07/2023. Aceptado, 04/03/2024. Publicado, 24/02/2025
e-ISSN: 2444-8729

1. Introduction

The dissemination of digital technology has caused intense changes in everyday behavioral patterns and a considerable increase in leisure activities mediated solely by technology. In this paper, we present a case study focused on identifying the potential of locative media (Gee, 2006; Hutchby & Moran-Ellis, 2000; McLean & Hurd, 2012) and location-based games (LBG) (Fonseca et al., 2022; Fränti & Fazal, 2023; Maia et al., 2021; Saaty et al., 2022) powered by GPS technologies, as mediational tools for leisure experiences and human development.

The resolution to dive deeper into this topic resulted from the pressing need to develop experiences in nature, promoting ubiquitous learning (Vázquez-Cano & Sevillano García, 2015) and seeking to offer a suitable alternative to the problematic reality of the massive use of digital media and the consequential lack of outdoor leisure experiences (Louv, 2008). In the following section, we present a theoretical perspective of: a) the outlooks of leisure as a necessity for human development (Cuenca Cabeza et al., 2010) in a digital society; b) location-based games as a means to promoting locative play; c) the use of digital media for non-formal education in outdoor settings.

Although the concept of "game" is intrinsically related to the idea of play, it is important to recognize that, through locative games, there is a crossing between virtual and physical spaces that enhances opportunities for active play and participatory learning (Monteagudo & Cuenca, 2012). McLean and Hurd (2012) say technology's impact on play goes far beyond building commercial leisure spaces. Intrinsically related to the mobility of digital media, ubiquitous access to mediating tools is facilitated to provide learning content at flexible times and in various learning contexts (Vázquez-Cano & Sevillano García, 2015). This type of ubiquitous learning, mediated by digital technology and capable of creating new itineraries of leisure and play through LBGs, is a highly relevant topic that deserves further research. LBGs thus have the ability to incorporate elements of the natural world by creating a unique learning experience that draws on the intersection of the real and virtual embedded in the game (Silverstone, 1993; Thielman, 2010). In this sense, the setting created by LBGs (Gillin, 2010; Leorke, 2019; Wilken, 2012), such as Pokémon Go or Geocaching, is built in a digital, physical, and represented space in which the inherent experience depends not only on the digital components but also on the player's location in the materialized physical space (Saaty et al., 2022). In the second part of the article, we discuss the empirical design research that consisted of developing and using a GPS-enabled geo game in a specific context: a military community.

In this study, we implemented an activity inspired by Geocaching, a modern-day treasure hunt whose terminology was coined by Matt Stum (Groundspeak, 2012) and resulted from the connection between *geo* (earth) and *cache*, a dual-meaning term referring to something hidden or computer data storage. We intended to know how locative media can promote play and enhance contact with nature in a specific community with the overarching intent of exploring how digital media can be used to positively promote ubiquitous outdoor learning in the context of a military community stationed at Joint Base Mcguire-Dix-Lakehurst, in New Jersey, USA.

2. Theoretical framework

2.1. Leisure Itineraries

Leisure embodies personal and/or community actions that people enjoy and do freely, without a utilitarian purpose. This construct brings together personal experiences that benefit the quality of life and human enjoyment and its potential to generate creative experiences that yield personal development (Cuenca Cabeza et al., 2010). The characteristics of the culture and the living conditions of those who experience it are considered two important leisure elements.

From a conceptual point of view, most relevant to the understanding of leisure studies, according to Monteagudo and Cuenca (2012), these concepts can be divided into two main subcategories determined essentially by the impact these practices have on human well-being and development. Those subcategories are active leisure and passive leisure.

Active leisure encompasses social activities with a main focus on social connection, cognitive activities directly related to personal hobbies, games, and other mentally stimulating activities, and, lastly, physical activity in general, which includes the practice of sports and physical exercise.

In their earliest publications on leisure (Cuenca Cabeza et al., 2010) is objective when referring to the power of leisure for human development, which is, in fact, part of everyday life. The absence of leisure experiences may result in a lack of creativity, interaction, and initiative, often manifested through feelings of tedium and isolation.

The same argument is corroborated by Spiers and Walker (2009) and De Lima et al. (2019), adding to the importance of leisure in the satisfaction and happiness of individuals.

Conversely, passive leisure generally includes activities that do not require high levels of active social, mental, or physical effort. These activities provide relaxation, which, although essential, are typically sedentary activities that have little contribution to human physical, social, and cognitive development.

In line with Dumazedier's 3-D definition of leisure (Dumazedier, 1974, Oliveira, 2014), there are three fundamental purposes that can occur or coexist, such as rest (as a form of fatigue release); fun (as a way to avoid feelings of boredom and monotony); development (as an amplifier of everyday practical knowledge). Over the last few decades, we have observed the strong impact of sophisticated new technologies that are contributing to the rise of new forms of leisure (McLean & Hurd, 2012).

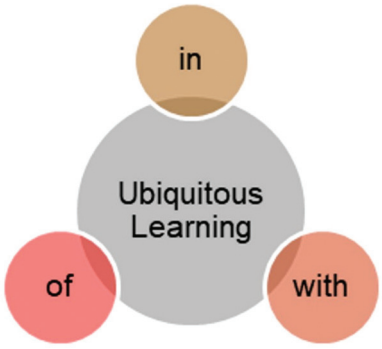
Many authors argue that overdependence on electronic devices can result in obsessive behaviors, where virtual reality affects social leisure, which is crucial for personal development (Zain et al., 2022). In *Last Child in the Woods*, Louv (2008) digs deeper into the concept *of Nature-Deficit Disorder,* arguing that technology should not be the sole form of leisure but instead should be used as a tool to enhance other forms of leisure that lead to human development.

2.2. Digital media and ubiquitous learning

Along with the progress in digital media, new educational concepts have emerged, presenting a new set of alternative learning environments, thus revealing the immense power of the new ICTs (Information and Communication Technologies) as a force for change.

Accompanying the increased mobility of digital media, ubiquitous tools have emerged as complementary training tools, allowing for the creation of learning content compatible with flexible schedules that can facilitate the development of educational activities recommended for extracurricular learning periods, see Figure 1 (Vázquez-Cano & Sevillano García, 2015). Ubiquitous education focuses on maximizing the huge amount of information available at our fingertips, making it available anytime and anywhere, in formal or informal settings (Neto & Sales, 2015).

Figure 1. Variety of contexts of ubiquitous learning.



Source: Vázquez-Cano & Sevillano García (2015).

Thus, the limitations of place *(in),* people (*with*), and tools *(of)* are mitigated with the extensive and inclusive potential of ubiquitous learning.

Ubiquitous learning is therefore regarded as a new educational paradigm that offers alternatives for interaction and access to diverse learning content in a non-formal environment with digital media. Consequently, ubiquity is synonymous of omnipresence, meaning information can be easily attained and shared thanks to the combination of technological progress and human learning abilities.

In order to ensure ubiquitous learning, it is necessary to incorporate mobile technologies around convergent scenarios, since these technologies expand the educational possibilities of conventional virtual learning environments. Thus, we see that learning by using digital media powered tools is rapidly growing, hence the ever-growing need of reflecting on this progress from a perspective of human development and learning in leisure contexts.

2.3. Play and location based games

Carlos Neto (2020) has researched the relevance of learning through play and argues that play is essential for a child's development. Along those lines, several efforts have been made to introduce playful learning, such as the *Educational Escape Room* (ERE). According to Moura and Santos (2020), this concept is drawing attention worldwide. This type of learning follows gamification principles based on the fundamentals, aesthetics, and playful thinking to engage the users, motivate action, and promote learning using mechanisms closely related to gaming. Much like GeoQuest, the LBG developed in this project, the ERE is an educational activity that deviates from the normal routines of formal learning environments in a sense that is inherently playful. Locative media brings a set of new possibilities capable of producing creative curricula that are more engaging and stimulating. The use of principles of locative media has expanded into many different fields, including games in education, health, and entertainment (Fränti & Fazal, 2023). Location-based games foster new social interaction dynamics, impact and reinforce local neighborhoods' public spaces, and may aid practitioners in designing new game activities (Fonseca et al., 2022; Maia et al., 2021; Xanthopoulos & Xinogalos, 2018).

For Gee (2006), the potential for learning through gaming is not in the game itself nor in the characteristics of the game. The game is an excellent learning tool because the user becomes a part of the simulation (Gee, 2006). The same is applicable to other types of games beyond the classic video games. In this project, we developed an adventure game based on locative media, such as GPS, to envelop the users in real nature environments that target specific learning purposes in subjects such as Science, Math, Geography, and/or History. In a recent study, Silva et al. (2019) presented a case study that explains the process of learning social history precisely through locative media. This study was centered on combining formal and non-formal learning in conjunction with the principles suggested by the use of locative media for learning in outdoor settings and human development (Alha et al., 2023; Filho & Veloso, 2019).

In our research, we created GeoQuest, a game prototype developed as a data collection tool. It was our intent that the GeoQuest would motivate users in nurturing skills and gaining knowledge about the history of the physical locations visited as part of the quest, as well as understanding endemic species and developing additional educational skills that are activated when all the five senses are engaged, something that does not by definition occur in the context of formal education.

According to Wilken (2012), locative media terminology relates to a variety of technologies and practices dependent on a geographic location. At its core, it is based on the idea that location-based technology suits digital media aggregated to real physical spaces. In locative media, communication is intrinsically linked to geolocation, thus encouraging authentic social interactions (Fonseca et al., 2022; Thielman, 2010). Digital locative games can facilitate contact with nature by promoting mediated learning opportunities in physical and tangible settings and by creating playful experiences that result in the attainment of new perceptions and solid, positive, active leisure experiences (Hallnäs & Redström, 2001). Locative media are, therefore, seen from a perspective of experiences aggregated to a specific place, space, and time.

As stated by Leorke (2019), there is no clear definition of locative games since each locative game is different depending on the combination of technologies and environments related to geolocation. Thus, LBGs present an interconnection between physical spaces and virtual spaces, reusing them for new play methods. The unique features of location-based games encourage players to overcome social and geographic barriers in real environments.

In 1993, Silverstone began exploring how new information and communication technologies could transform individual perceptions and time and space connections. The author suggested that studying daily patterns inside and outside the home served as a basis for understanding how time patterns change using technologies in domestic environments (Silverstone, 1993). In relation, we can identify two fundamentally divergent points of view. Whereas some advocate for a naturalistic mindset, in which digital technology is seen as a disruptive element in contact with nature, others argue that the use of digital media is positively rewarding, which relates to the ever-growing interest in effectively utilizing digital technology in the great outdoors.

The National Wildlife Federation highlights the importance of effectively utilizing digital media to enhance personal development experiences in the outdoors. Regarding the specific context of our study, although there is not a great diversity in the research on locative games in military communities, and in particular on leisure activities, several authors have pointed out the importance of leisure in the cohesion and well-being of close-knit communities (Pollock, 2018), while others point out the importance of the building relationships and a stronger sense of community (Francis et al., 2012); outdoor leisure activities directly contribute to the well-being of war veterans (Duvall & Kaplan, 2014; Kaplan, 1995; Lundberg et al., 2016). Considering these communities' particularities, our research's main goal is to promote outdoor activity by developing

new behaviors directly related to the practice of adventure games mediated by locative media (Fränti & Fazal, 2023; McCullough, 2006).

3. Research methodology and context

3.1. Research methodology

The aim of this research is to explore how locative media can enhance contact with nature and outdoor leisure in a military community. The study was guided by the following research question: How can locative media technologies promote leisure and enhance contact with nature in a military community at an Armed Forces base?

Through a qualitative study, we seek to identify and understand a phenomenon within a well-defined context, emphasizing processes and analysis using participatory methodologies. For Merriam (1998) and Creswell (2007), qualitative research is based on the idea that reality is constructed by individuals interacting with their social environments. The study's starting point was the development and practical application of the LBG prototype within a military community in New Jersey and, in a second step, the use of the LBG by a sample of individuals who lived in this community. We intended to provide outdoor learning and adventure experiences in a non-formal environment using digital geolocation technology while collecting valuable data.

This study was guided by the principles of Design-Based Research (DBR) (Anderson, 2005; Barab & Squire, 2004; Mazzardo et al., 2016) applied to developing the GeoQuest LBG. Given the nature of the research topic and considering the goals previously described, we considered it appropriate to choose a methodology that would allow us to study the development and application of a location-based game in a participative and dynamic process, as illustrated in Figure 2.

Figure 2. Empirical study stages according to the DBR methodology.



Source: Elaborated by the authors.

3.1.1. Design-based research: Main features of a phased methodology

DBR is a methodology that operates in four phases (Anderson, 2005): informed exploration/diagnosis, enactment/implementation, contextual evaluation/data collection, and broader impact evaluation. Thus, this approach is focused on processes of development (Peterson & Herrington, 2005).

In practice, the development and implementation of the LBG GeoQuest took place between April 2019 and February 2020, including the pre-test phase of the prototype. In the diagram presented in Figure 3, we identify the classic phases of the game development, namely, planning and construction of the geocaches and respective descriptions and locations; implementation of the game in the initial phase, during which the prototype was improved; and finally, the official implementation and validation of the game.

Considering the main characteristic of the DBR approach, which accepts the combination of qualitative and quantitative methods (Mazzardo et al., 2016), we applied a comprehensive methodological approach that allowed the researcher and target community to play an active role (Anderson, 2005). The research was developed in a real context to produce new perspectives and practices that positively impact learning. Barab and Squire (2004) state that the DBR differs from other methodological options because this method focuses on understanding the complexity of the real world.

As previously stated, this method allows the design to be reviewed and improved upon successive iterations, determined by the evaluation and analysis of each previous phase (Pereira et al., 2021). This approach requires direct participation at every step of the study. Considering the predominant features of this methodology (Figure 4), we emphasize how crucial it was to follow the DBR approach, mainly for the interactive, flexible, and contextualized features. Given the complexity of the physical context, this approach allowed for the active involvement of the researcher and participants, allowed the redesign and readapting of processes through

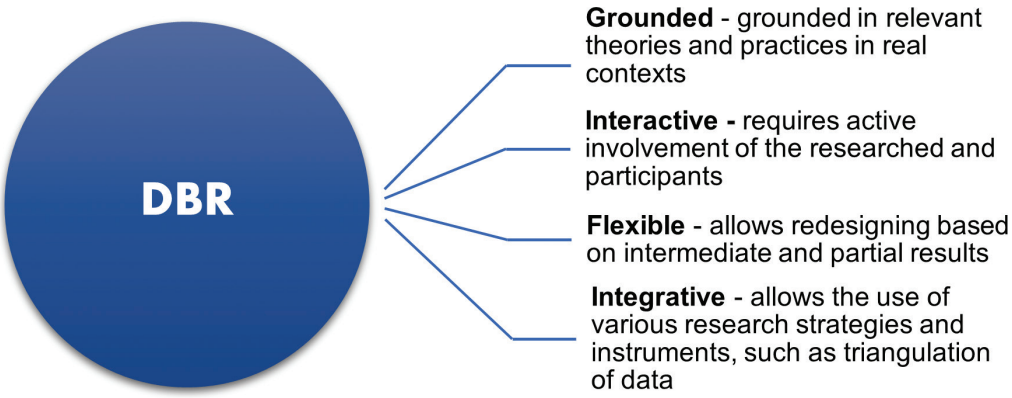
Figure 3. An iterative and incremental process by steps in the development of the LBG GeoQuest.



Source: Elaborated by the authors.

installment and intermediate results, and, finally, allowed for the situated collection of data according to the research context. Thus, the conclusions of studies of this nature are seen as a basis for future investigations and not as abstract principles and theories.

Figure 4. The main features of the Design-Based Research methodology.



Source: Pereira et al. (2021).

3.1.2. Iterative and incremental prototyping process

The following discussion highlights the incremental process of developing the LBG GeoQuest to respond to the proposed objectives.

Given the nature of the project, the methodology was developed in the following phases: (1) construction of the theoretical model of the project; (2) preparation and development of the GeoQuest adventure LBG; (3) participated implementation of the prototype; (4) experimental launch of the program; (5) readjustments and

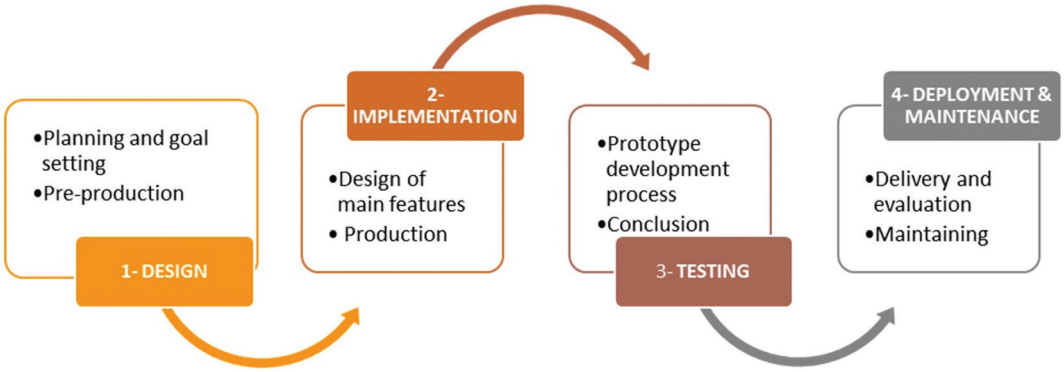
improvements (6) launch of the game in real context; (7) observation of survey users; (8) narrative interviews (9) analysis and evaluation of results and (10) conclusion and transition of the project to an official program offered by Outdoor Recreation at JBMDL.

The GeoQuest LBG was developed based on the premise of the game Geocaching to promote outdoor leisure and learning activities through mediated technologies. This tool increased the military community's access to leisure areas and recreational parks within JBMDL.

The process of developing a game in a traditional sense involves techniques and methodologies of trial and error that help mitigate the risk of failure. Prototyping is one of them and can be applied in any area or discipline related to game development (Medeiros et al., 2013). In the present study, other approaches were inserted that look for ways of developing the object in close connection with the community for which it was designed (Jornet & Roth, 2018). The context and agents intertwine in the materialization of the game.

Given the unique context of this research project and the unpredictability of out-of-scope aspects, we remained open and adaptable to change and made efforts to keep the community involved throughout the process, which gave us a degree of flexibility in the final result. Figure 5 is an illustration of the incremental phases of the GeoQuest prototype.

Figure 5. Incremental phases of prototyping.



Source: Elaborated by the authors.

3.2. The social context of the study: to develop the artifact in the community

Social contexts are open, dynamic, and particularly appealing systems for qualitative research because of the importance of the action settings (Neuman, 2013).

This research was conducted within a restricted military community stationed at McGuire-Dix-Lakehurst Joint Base (JBMDL), New Jersey, between August 2019 and February 2020. Military communities in the US represent only 1% of the population (U.S. Department of Defense, 2019), thus being a microculture that is simultaneously rich and complex and deserving of further research in social studies that focus on geolocation technologies' impact on leisure and education. Each microculture has a particular form of social organization, where the interaction between individuals and close connection with their socio-cultural paths creates cultural norms that develop the groups' social ecology (Geertz, 1963). It is important to understand three main aspects that characterize the military community: the general culture of the military structure, the microculture of the institution where the research takes place, and the people who participate in it. Like any organization or institution with historical value, the U.S. Armed Forces has its own culture, language, and code of conduct. It is a stratified and highly organized institution, ready to respond to any situations of possible conflict or natural or human disasters.

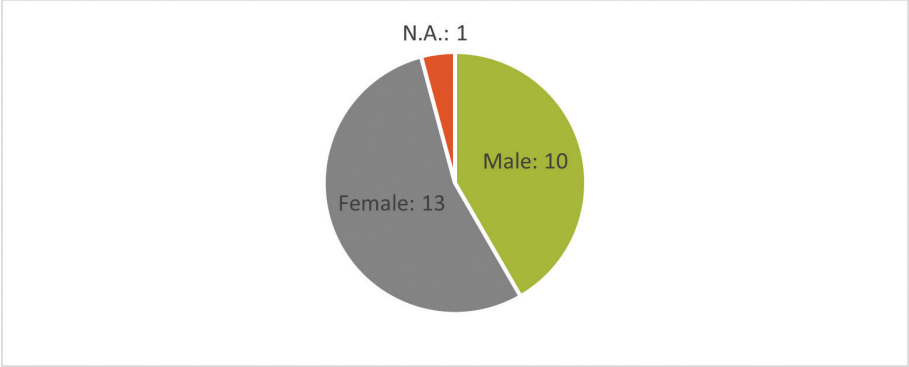
Military culture is also governed by a series of values appropriated by each individual, serving as a guide for reactions, decisions, and procedures that make the military culture unique. Although it is important to understand the organizational culture of this institution, it is even more important to understand the people who make up this community. Although strongly diverse in terms of demographics, geographics, and ethnographies, its members share a set of common values and beliefs that create a sense of mutual identity, and it is common to refer to the military community as a "family" that understands and supports each other. Due to the particularities and demands of military life, significant social support is created specifically for these communities. The military location where this study was conducted can be considered a microcity with all the services necessary

for daily life. Here, conditions are created for the military members and their families to feel truly at home by including services that become familiar and identical to each tour. A good example is the Outdoor Recreation services, created to promote positive, active, and intergenerational leisure opportunities.

Different groups in the community participated in the development of the game: the leaders who authorized and validated all the stages of the process, the librarians and leisure technicians, the inmates, and the individuals and families who took part in the last phase of the game and answered the questionnaire and participated in the interviews. The latter group represents an intentional sample of 24 individuals with the following features, considering gender and age categories:

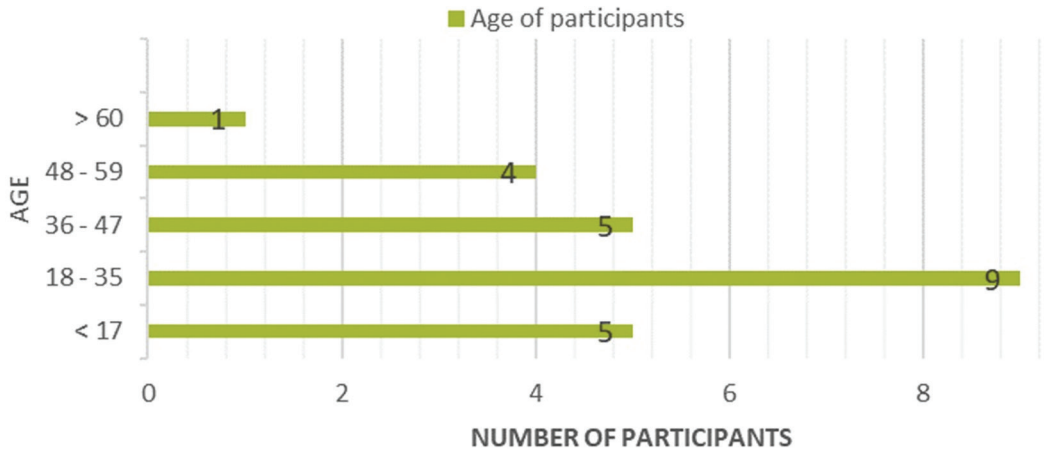
- Gender: 13 female, 10 male, and 1 of them did not answer this question (see Figure 6).

Figure 6. Gender.



- Age: The average is between 18 and 35 years old (see Figure 7).

Figure 7. Age of participants.



4. GeoQuest design and implementation

In this section, we present our key findings and the most relevant aspects of the research in response to our primary objectives. We highlight the stages of design, trial launch, and implementation of the LBG GeoQuest, which involved the direct and active participation of the military community stationed at JBMDL. Finally, we share the implications of the results gathered in the (24) questionnaires and (5) in-person semi-structured interviews.

4.1. The game and its main components

During this phase of the project, we designed the game's functionalities and the geocaches, the game's main components. The game included ten (10) geocaches located across several recreational, historical, and leisure areas within the perimeter of JBMDL and managed by Outdoor Recreation, as described in Table 1.

Table 1. Details of geocaches in the planning phase

#	Cache name	Location	Description	Notes	Contents
1	Hollow there	Camp Dix	Black film canister	Place the small cache inside a tree hollow near the outdoor amphitheater	Small cache: Logbook
2	Nest egg	Cranberry Pond	Traditional cache	Place the cache on the floating nest located at the pond which can be reeled in with a fishing pole	Traditional cache: Logbook, pencil, FTF coin, exchange token
3	Lookout	Hipps Folly Park	Hanging small geocache	Place the cache on the lookout of Hipps Folly area under the standing deck attached by a retractable cord	Small cache: Logbook
4	Starlifter	Starlifter airplane exhibit	Magnet geocache	Place cache under the bench directly under the right wing of the airplane	Devious cache: Logbook, pencil, FTF coin
5	Screw it	John Mann Park	Screw shaped geocache	Hide the screw on the south gate of the mini golf course at John Mann Park area	Devious cache: Logbook only
6	Literally speaking	Wacky World Park	Small geocache	Place the cache in the secret compartment under little free library	Small cache: Logbook, pencil, FTF coin,
7	Off course	Dogwood Pond	Golf ball geocache	Place the golf ball on a tree right off of the Fountain Green Golf course close to Dogwood Pond	Devious cache: Logbook
8	Tank you for your service	Doughboy Field	Micro geocache	Place the micro cache in one of the military tanks and add to the description the history of the Fort Dix Museum	Micro cache: Logbook,
9	The rock	Cannon display Fort Dix	Rock shaped geocache	Place the rock near in the crest of the big rock near one of the cannons on the display	Micro cache: logbook and pencil
10	Cast away	Laurel Pond	Large geocache	Place the cache on the island in Laurel Pond. Will most likely need kayak to access cache	Large cache: Logbook, pencil, FTF coin, exchange tokens
All the geocaches will be identified with the following logo: 					April 2019

Source: Elaborated by the authors

The geocaches were designed to increase foot traffic in these areas, impart a spirit of adventure in the community while promoting contact with nature and effectively using mobile devices in a more interactive and educational manner. Considering the several types of geocaches, we opted for mostly "traditional" geocaches, although inherently different in dimensions and features, as shown in Figure 8.

Parallel to the implementation of the GeoQuest, we also implemented an outdoor reading program entitled *Little Free Library*, which consisted of placing small self-service libraries in strategic outdoor areas to develop outdoor reading spaces and increase activities and time spent outdoors. This secondary project quickly became one of the highlights of this project because it was done in partnership with the Bureau of Prisons of Fort Dix and included the participation of members of a high-risk community who built three small wooden libraries. In fact, one of the planned geocaches was intentionally placed inside one of the little libraries, as shown in Figure 9.

4.2. Implementation and evaluation of the LBG GeoQuest in the Community

The game has been made available to the military community. To assess the game experience game, participants were invited to fill in a questionnaire at the end of the game and, later, take part in an interview.

The questionnaire was developed to be responded to by all participants in the geolocation game to collect relevant data on GeoQuest uses. To support the design of the questionnaire, we followed these guidelines: the questionnaire has an introduction with (1) a request for cooperation in completing the questionnaire; (2) the main goal of the questionnaire; (3) a short description of its general features; (4) the name of the institution within which the research is being carried out; and (5) anonymized data on the participants. In terms of

Figure 8. Examples of geocaches placed on the ground as an integral part of the GeoQuest game.



(A) Components of geocaches in develop ment phase.

(B) Geocache #2 named "Nest egg", located in the center of a lake.

(C) Geocache #3 named "Lookout", located in a pier

Source: Elaborated by the authors.

Figure 9. Little Free Library outdoor reading project.



Source: Elaborated by the authors.

structure, the questionnaire consists of predominantly closed-ended questions that are distributed in three blocks with homogeneous themes. The first section collects sociodemographic data that would allow us to identify the sample of participants. In the second section, questions were developed to understand the mediating role of technology in promoting contact with nature and to assess the type of use of the game application in practice. In the last section, we intend to gather information on the real perceptions and motivations of playing the game. Filling in the survey takes about 5 minutes.

The questionnaire matrix is as follows:

Table 2. Details of geocaches in the planning phase.

Specific Goals	**Indicators**	**Sections, Questions**
To identify/ characterize the sample of participants	Socio-demographic data	Section I – Background Information • Three multiple choice questions

Table 2. Details of geocaches in the planning phase. (*Continued*)

Specific Goals	Indicators	Sections, Questions
To understand the mediating role of the game in promoting contact with nature. To assess the type of use made of the Geocaching program for the personal development of the participants.	Sequence of solving the game Types of use of Geocaching Frequency of participation Level of satisfaction	Section II – Geocaching • Six multiple choice questions
To understand the participants' perspectives on the geolocation program To identify real motivations for connection with nature	Level of satisfaction Motivation for participating in the program Importance of using technological resources (GPS or substitutes)	Section III – Feedback on the Geocaching program • Two Multiple choice questions • One Likert scale question • One open question

After participants had completed the questionnaire application, it was found that it was important to delve deeper into some of the responses through a semi-structured interview. This technique would allow us to obtain more specific data about individuals' experiences and perceptions regarding participation in the game.

Regarding the pre-script, the structure created by the researchers was as follows:

Table 3. Interview script.

General Objectives	
1. Develop and deepen the perceptions gathered through the questionnaire survey regarding the geolocation experience that combines elements of nature and locative means. 2. Triangulate the results obtained to verify the accuracy of the collected information.	
Specific Objectives	**Dimensions**
• Present the interview methodology to the informant, specifically requesting consent for its recording	• Informant Consent • Ensure confidentiality/privacy, in accordance with the current legal requirements on Personal Data Protection
• Understand the opinions of GeoQuest program participants	• Opinions about the game • Technology impact in outdoors games. • Game strengths and weaknesses • Technology and the pleasure to contact with nature • Digital devices to contact with nature
• Identify areas for improvement in the program	• Changes to improve the GeoQuest game • Best and worst parts of the game • Recommendations for improvement

5. Discussion: Key findings and implications

Most of the participants did not answer the questionnaire, and only 24 participants took part in sharing feedback on the experience. Five of these participants were invited to participate in a semi-structured interview.

Regarding socio-demographic variables, we analyzed a sample from 24 questionnaires that indicated a balanced gender percentage, with 57% females and 43% males and ages mostly between 18 and 35. Similar studies (Melo, 2014) have also suggested that nature activities are primarily performed by individuals between 18 and 30 years old.

Regarding user experience, the element most valued during and after the LBG was *Nature,* as reported by 17 of the 24 participants in answers obtained through the questionnaires. The same trend was noticeable during interviews, as contact with Nature was predominantly suggested, as follows:

> *I enjoyed being outside and going through nature (E03)*
> *I really like that it took me out of my comfort zone. I tried kayaking for the first time. (E01)*
> *I really enjoyed the historical aspect and the research that went into learning about the areas (E02)*
> *See how it affected other families where young kids put their phones down and go out and enjoy nature. (E05)*

The impact of *Family/Community* was also pointed out as a significant aspect by 6 participants. Mobile digital technologies per se, although used by all participants during the game mainly in the form of a personal smartphone, were not highlighted as a positive and transformative element during this experience. It was clear that the participants valued technology but were acutely aware of the effects of its over-dependence.

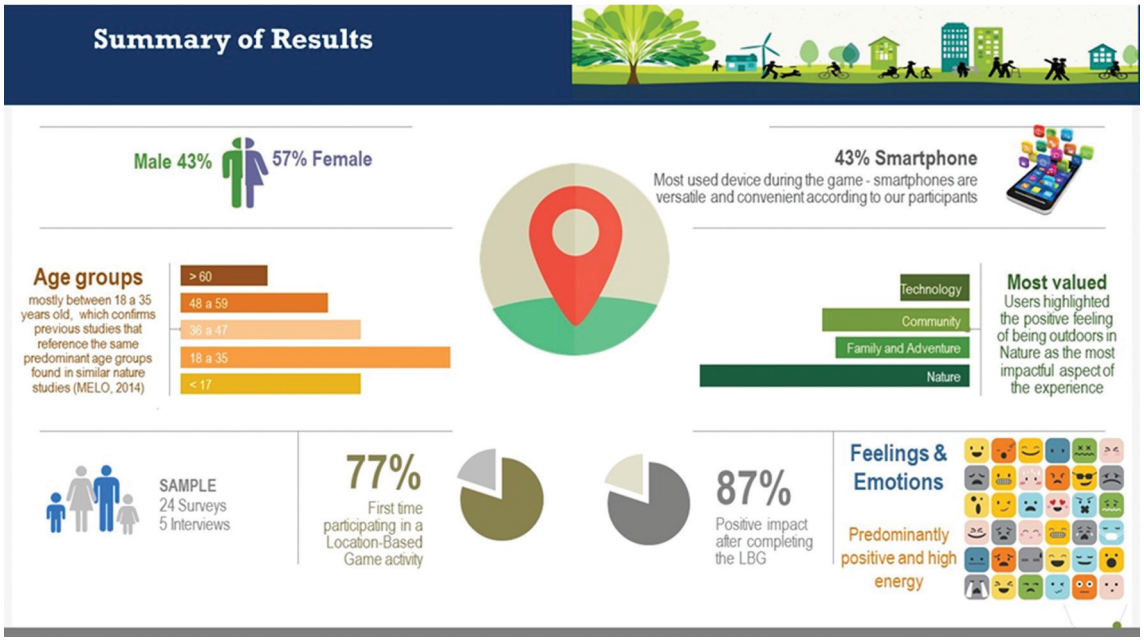
> *Use technology in your favor (E01)*
> *Technology can help you find locations, but at the same time, it can take away your focus while in nature (E04)*

According to the data collected during the interviews, we concluded that the participants greatly value natural leisure experiences. The LBG was, in fact, a constructive leisure experience where the positive impact of using mobile digital technology when applied to concrete objectives was attested, making what would be a simple walk outdoors into a playful and interactive learning experience. Participants also report that technology can amplify an experience, but overuse of technology can be distracting.

In this case, using digital GPS locative media was key for the activity's success, in which the location played a vital part in the action. This technology allowed the users to locate geocaches in an accessible way, demonstrating a ratio of time and effort that enabled the development of feelings of motivation necessary in the progression of learning processes and active leisure processes such as serious games.

Figure 10 presents a summary of results correlating to the research goals.

Figure 10. Results overview infographic.



Source: Elaborated by the authors.

6. Final considerations

This paper studied leisure and location-based games and their contribution to non-formal education and situated learning. We studied the power of leisure for human development, considering Cuenca Cabeza et al.'s (2010) perspective and its importance in generating creativity, interaction, and initiative. We highlighted the use of digital media daily and its strong impact on leisure and education, bringing about new forms of learning. We discussed Louv's (2008) *Nature-Deficit Disorder*, which argues that technology should not be a source of leisure itself but should be used as a tool in conjunction with other forms of leisure to create new leisure approaches.

By exploring this topic, we hope to have contributed to implementing studies and ideas that promote non-formal outdoor learning experiences that combine elements of digital technology in a positive and complementary way. In this sense, we highlighted the concept of ubiquitous learning, a new educational paradigm that,

through the use of locative media, can offer alternatives for interaction and access to diverse learning content in a non-formal environment, based on the theory of Vázquez-Cano & Sevillano Garcia (2015).

Based on these premises, we dug deeper into finding available apps to promote contact with nature and provide multisensory educational and recreational experiences. We highlight Geocaching, a world-renowned activity that inspired the pilot GeoQuest. This LBG was aimed at promoting outdoor leisure experiences by using locative media. The development of this location-based game allowed us to explore the objectives planned at the beginning of the research.

In the second part of the research, we outlined the planned objectives, presented our preferred methodology for this project as Design-Based Research along with several development iterative cycles, described the launch and maintenance processes of the LBG, and finally, the procedures for data collection and analysis.

The iterative development process of the program was long and intense due to the many fundamental components to consider, namely the strong theoretical and bureaucratic component that preceded the LBG deployment, the practical component that consisted in the development of the game in an active and participatory way, having involved many hours of land recognition work and subsequent placement and maintenance of geocaches; the action of dissemination of the program according to the directives of JBMDL's marketing section, as well as the maintenance of the prototype.

Once the program was launched in August 2019, it was possible to know the perspectives of community members who participated in this game development phase through questionnaires and semi-structured interviews that allowed us to collect elements to respond to the objectives initially outlined for the research.

Alongside the LBG, which was the main focus of the research, a secondary project was also created with a robust social scope that involved different entities: the Little Free Library at JBMDL project. This outdoor library project was carried out in partnership with the Fort Dix Bureau of Prisons and provided the installation of 3 libraries.

We concluded, from the data analysis, that the design of the LBG was not a closed process; on the contrary, it expanded with the involvement of the community. The study of the narratives of the participants in the first phase of the application of the game in a real context allowed us to observe that the use of locative media can enrich non-formal educational experiences and greatly enhance outdoor adventure experiences, not containing negative connotations or negatively impacting the outdoor leisure experience. It also made it possible to obtain a first assessment of the LBG at this stage of its design.

Locative media technologies like GPS can enable ubiquitous learning and, when associated with play, create new forms of knowledge that are not restricted to formal education. In the case of the game proposed here, it would be difficult to complete the game without using locative media, such as GPS. Thus, besides being beneficial, using this digital technology is almost crucial, without prejudice to the interactions and play experiences.

6.1. Limitations

This study has two main limitations: 1) A small number of participants and its limited impact on recognizing more diverse experiences in the community; 2) In addition to the questionnaire (with closed questions) and the limited number of interviews, it would have been essential to carry out participant observation while playing. Observation would have made it possible to obtain more in-depth information on the meanings of the experiences lived throughout the game and in contact with nature.

6.2. Future research

We believe this investigation contributes positively to the dissemination of location-based gaming activities and showcases the potential of locative media technologies in contact with nature. The participants' narratives indicate positive experiences and clarify that nature and technology are mutually beneficial and not mutually exclusive.

We suggest the continuation of research projects that shed light on nature and digital technology and the direct positive impact of learning and education in non-formal contexts. We have seen that the ongoing growth of mobile applications and resources alone does not guarantee richer learning experiences, but rather, the mediated use in the right learning environments does.

In a context mediated by digital technologies, mobile and ubiquitous learning is an emerging field in which the educator will have the last word in ensuring the appropriate use of the technology for practical learning purposes (Vázquez-Cano & Sevillano García, 2015).

In this sense, we draw attention to the European project Horizonte 2020 BEACONING (Breaking Educational Barriers with Contextualized, Pervasive, and Gameful Learning), whose approach can potentially reach alternative learning activities. This platform, winner of the 2019 Gamification Software Awards, is a project that, in addition to games, aims to explore and expand its approach to normalize active learning processes mediated by locative media in immersive and outdoor environments (Cardoso et al., 2020).

Considering the knowledge acquired throughout this research project, we would like to present a new question for future research: How can technology be adapted to the great outdoors to enhance accessibility to individuals with special needs?

In this research, we noted that the focus around location-based games is mainly on the technologies used to develop these interactive games or on the results of user experiences. Thus, a gap has been visible in terms of current research and discussions that study the accessibility issues in location-based games so that we can ensure that everyone is fully able to take part in these enriching outdoor experiences.

Authors' Contribution

Anabela Pimentel da Silva Jenkins: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Visualization, Writing-original draft, Writing-review and editing.
Maria Luísa Lebres Aires: Conceptualization, Formal analysis, Methodology, Supervision, Validation, Writing-original draft, Writing-review and editing.

References

Alha, K., Leorke, D., Koskinen, E., & Paavilainen, J. (2023). Augmented play: An analysis of augmented reality features in location-based games. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, *135485652311564*. https://doi.org/10.1177/13548565231156495.

Anderson, T. (2005). Design-Based-Research and its Application to a Call Centre: Innovation in Distance Education. *Canadian Journal of Learning and Technology*, *31*(2). https://doi.org/10.21432/T26K60.

Barab, S., & Squire, B. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences*, *13*(1), 1–14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1.

Cardoso, P., Morgado, L., & Coelho, A. (2020). Authoring Game-Based Learning Activities that are Manageable by Teachers. *ERCIM News*. http://hdl.handle.net/10400.2/8951.

Creswell, J. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2nd ed). Sage.

Cuenca Cabeza, M., Aguilar Gutiérrez, E., & Ortega Nuere, C. (2010). La fuerza transformadora del ócio. In E. Aguilar Gutiérrez, & C. Ortega Nuere C. (Eds.), *Ocio para innovar.* Universidad de Deusto.

De Lima, K., Da Cunha, S., & Moreira, S. (2019). Comensalidade em bares como opção de lazer entre jovens da Zona Norte de Natal/RN. *Cenário: Revista Interdisciplinar em Turismo e Território*, *7*(13), 103-116. https://doi.org/10.26512/revistacenario.v7i13.27061.

Dumazedier, J. (1974). *Sociologie empirique du loisir: Critique et contre-critique de la civilisation du loisir*. Éditions du Seuil.

Duvall, J., & Kaplan, R. (2014). Enhancing the well-being of veterans using extended group-based nature recreation experiences. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, *51*(5), 685-696. https://doi.org/10.1682/jrrd.2013.08.0190.

Filho, N., & Veloso, A. (2019). Location-based games on active aging: A systematic review. *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies: 19-22 June 2019, Coimbra, Portugal*. IEEE. https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760640.

Fonseca, X., Lukosch, S., & Brazier, F. (2022). Design Framework for Social Interaction with Location Based Games. *International Journal of Serious Games*, *9*(1), 59-81. https://doi.org/10.17083/ijsg.v9i1.481.

Francis, J., Gilles-Corti, B., Wood, L., & Knuiman, M. (2012). Creating a sense of community: The role of public space. *Journal of Environmental Psychology*, *32*, 401-409. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.07.002.

Fränti, P., & Fazal, N. (2023). Design Principles for Content Creation in Location-Based Games. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, *19*(5s), 165. https://doi.org/10.1145/3583689.

Gee, J. (2006). Are Video Games Good for Learning? *Nordic Journal of Digital Literacy*, *1*(3), 172–183. https://doi.org/10.18261/ISSN1891-943X-2006-03-02.

Geertz, C. (1963). *Agricultural involution*. University of California Press.
Gillin, P. (2010). *The Joy of Geocaching: how to find health, happiness and creative energy through a worldwide treasure hunt*. Quill Driver Books.
Groundspeak. (2012). *The Complete Idiots Guide to Geocaching*. Alpha Books.
Hallnäs, L., & Redström, J. (2001). Slow Technology–Designing for Reflection. *Personal and ubiquitous computing*, *5*(3), 201-212. https://doi.org/10.1007/PL00000019.
Hutchby, L., & Moran-Ellis, J. (2001). *Children, Technology and Culture: The Impacts of Technologies in Children's Everyday Lives*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315011387.
Jornet, A., & Roth, W.-M. (2018). Imagining design: Transitive and intransitive dimensions. *Design Studies, 56*, 28–53. https://doi.org/10.1016/j.destud.2018.02.002.
Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, *15*(3), 169-182 https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2.
Leorke, D. (2019). *Location-Based Gaming: Play in Public Space*. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0683-9.
Louv, R. (2008). *Last Child in the Woods: saving our children from nature-deficit disorder*. Algonquin Books of Chapel Hill.
Lundberg, N., Taniguchi, S., & McGovern, R. (2016). Female veterans' involvement in outdoor sports and recreation: A theoretical sample of recreation opportunities structures. *Journal of Leisure Research*, 48(5), 413-430. https://doi.org/10.18666/JLR-2016-V48-I5-6897.
Maia, L. F., Viana, W., & Trinta, F. (2021). Transposition of Location-based Games: Using Procedural Content Generation to deploy balanced game maps to multiple locations. *Pervasive and Mobile Computing*, *70*, 101302. https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2020.101302.
Mazzardo, M., Nobre, A., Mallmann, E., & Martin-Fernandes, I. (2016). Design-Based Research: desafios nos contextos escolares. *Atas CIAIQ2016*, https://d66z.short.gy/Ldg2VU.
McCullough, M. (2006). On the Urbanism of Locative Media: Media and the City. *Places*, *18*(2).
McLean, D., & Hurd, A. M. (2012). *Kraus' Recreation and Leisure in Modern Society* (9th ed.). Jones and Bartlett Publishers.
Medeiros Filho, M., Campos, F., Benicio, I., & André, N. (2013). A importância da prototipação no design de games. *SBC - Proceedings of SBGames, Art & Design Track - Full Papers*, (pp.1-7).
Melo, R. (2014). *Desportos de Natureza e desenvolvimento local sustentável: Análise dos praticantes e das organizações promotoras dos desportos de natureza* (Tese de Doutoramento). Universidade de Coimbra. https://hdl.handle.net/10316/24141.
Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education: Revised and Expanded from Case Study Research in Education*. Jossey-Bass Publishers.
Monteagudo, M. J., & Cuenca, M. (2012). Los itinerarios de ocio desde la investigación: tendencias, retos y aportaciones. *Revista Interuniversitaria Pedagogía Social*, (*20)*, 103-135. https://doi.org/10.7179/PSRI_2012.20.03.
Moura, A., & Santos, I. (2020). Escape Room Educativo: reinventar ambientes de aprendizagem. *Aplicações para dispositivos móveis e estratégias inovadoras na educação*. Ministério da Educação, DGE.
Neto, C. (2020). *Libertem as crianças: A urgência de brincar e ser ativo*. Contraponto Editores.
Neto, F. M., & Sales, A. (2015). A Recommendation System for Ubiquitous Learning in the Context of Formal and Informal Education. *IEEE Latin America Transactions, 13*(4), 1061-1067. https://doi.org/10.1109/TLA.2015.7106358.
Neuman, W. L. (2013). *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches* (7th ed.). Pearson Education Limited.
Oliveira, A. R. (2014). *Desenvolvimento da leitura e da escrita, em contexto de lazer* (Master Thesis. Master of Arts in Applied Health Sciences (Leisure Studies)), Instituto Politécnico de Coimbra. https://d66z.short.gy/EbRUvV.
Pereira, A., Cardoso, T., Monteiro, V., & Pombo, C. (2021). Observação e Design-Based Research em contextos online. A prática na Investigação Qualitativa. *New Trends in Qualitative Research, NTQR 5*, 57-70. https://doi.org/10.36367/ntqr.5.2021.57-70.
Peterson, R., & Herrington, J. (2005). The state of the art of design-based research. University of Wollongong. https://ro.uow.edu.au/edupapers/59.
Pollock, H. (2018). *Exploring recreation and sense of community in the Canadian military*. (Dissertação de mestrado em Educação e Lazer), Faculty of Applied Health Sciences Brock University. https://d66z.short.gy/4HYz62.

Saaty, M., Haqq, D., Beyki, M., Hassan, T., & McCrickard, D. S. (2022). Pokémon GO with Social Distancing: Social Media Analysis of Players' Experiences with Location-based Games. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, 6*(CHI PLAY), 249. https://doi.org/10.1145/3549512.

Silva, C., Palmer, L., Nisi, V., & Straubhaar, J. (2019). Teaching Social History through Locative Media: A Case Study in Austin, Texas. *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones," 12*(1), 59-74. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/disertaciones/a.6066.

Silverstone, R. (1993). Time, Information and Communication Technologies and the Household. *Time & Society, 2*(3), 283–311. https://doi.org/10.1177/0961463X93002003001.

Spiers, A., & Walker, G. (2009). The Effects of Ethnicity and Leisure Satisfaction on Happiness, Peacefulness, and Quality of Life. *Leisure Sciences, 31*(1), 84-99. https://doi.org/10.1080/01490400802558277.

Thielman, T. (2010). Locative Media and Mediated Localities: An Introduction to Media Geography. *Locative Media and Mediated Localities [Aether. The Journal of Media Geography*], *5*, 1–17.

U.S. Department of Defense. (2019). *2019 Demographics. Profile of the Military Community*. Department of Defense (DoD), USA. https://d66z.short.gy/3IQcKT.

Vázquez-Cano, E., & Sevillano García, M. L. (2015). *Dispositivos digitales móviles en Educación*. Narcea.

Wilken, R. (2012). Locative media: From specialized preoccupation to mainstream fascination. *Convergence*, *18*(3), 243–247. https://doi.org/10.1177/1354856512444375.

Xanthopoulos, S., & Xinogalos, S. (2018). Opportunities and challenges of mobile location-based games in education: Exploring the integration of authoring and analytics tools. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (Santa Cruz de Tenerife, Spain, 17-20 April 2018) (pp. 1797-1805). https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363452.

Zain, Z., Jasmani, F., Haris, N., & Nurudin, Z. (2022). Gadgets and Their Impact on Child Development. *Proceedings 2022, 82*(1), 6. *International Academic Symposium of Social Science 2022*. https://doi.org/10.3390/proceedings2022082006.

Education in the Knowledge Society

journal homepage http://revistas.usal.es/index.php/eks/

Ediciones Universidad Salamanca

CC BY NC SA

A Serious Game for the Daily Care of Autistic Children in Times of Covid-19

Un juego serio para el cuidado diario de niños autistas en tiempos de Covid-19

Vitor Oikawa[a], Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato[b], Valéria Farinazzo Martins[c] (*)

[a] *Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil.*
https://orcid.org/0000-0001-7344-3986 vitor9998@gmail.com
[b] *Programa de Pós-Graduação em Ciências do Desenvolvimento Humano, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil.*
https://orcid.org/0000-0003-2422-6998 cibelle.amato@mackenzie.br
[c] *Faculdade de Computação e Informática / Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil.*
https://orcid.org/0000-0002-5058-6017 valeria.farinazzo@mackenzie.br

ARTICLE INFO

Keywords
autism spectrum disorder, serious game, Covid-19, games.

ABSTRACT

Autism (autism spectrum disorder – ASD) is characterized by changes in social communication, restricted interests, and repetitive behaviors. Most autistic children need different types of intervention, whether behavioral, linguistic, social, or occupational, among others. Since the emergence of the virus that caused the COVID-19 pandemic, the lives of millions of people have been drastically impacted: schools closed, commercial establishments closed, lockdown, and remote work. Children with ASD have experienced a series of changes in their lives, in addition to those mentioned, since they had their appointments reduced or canceled and, after a few months, changed in the online version. Masks became mandatory for many months until greater flexibility was obtained, which still faces ups and downs. These children had to adapt to living in a different environment than they lived in long ago. For example, wearing masks makes it difficult to understand people's words. This project presents a serious game to train the child's ability to understand the words now said by people wearing a face protection mask without the possibility of the visual resource of facial mimicry. Nine speech therapists and fourteen diagnostic children with ASD validated the game. The children tested the game during one of the online speech therapy sessions. Both groups answered a satisfaction questionnaire the speech therapist carried out, which was adapted to their characteristics. The evaluation results with both groups provide evidence that the game was well accepted.

Palabras Clave
autismo, videojuegos serios, Covid-19, videojuegos

RESUMEN

El autismo (trastorno del espectro autista-TEA) se caracteriza por cambios en la comunicación social, intereses restringidos y comportamientos repetitivos. La mayoría de los niños autistas necesitan diferentes tipos de intervención, ya sea conductual, lingüística, social, ocupacional, entre otras. Desde la aparición del virus que provocó la pandemia de la Covid-19, la vida de millones de personas se ha visto impactada drásticamente: escuelas cerradas, establecimientos comerciales cerrados, lockdown, trabajo remoto. Los niños con TEA han experimentado una serie de cambios en sus vidas, además de los mencionados, desde que vieron reducidas o canceladas sus citas y, al cabo de unos meses, cambiadas en la versión online. El uso de mascarillas se hizo obligatorio durante muchos meses, hasta lograr una mayor flexibilidad, que aún enfrenta altibajos. Estos niños tuvieron que adaptarse a vivir en un ambiente diferente al que vivían hace mucho tiempo. Por ejemplo, les cuesta entender lo que dice la gente debido al uso de mascarillas. Este proyecto presenta un juego serio con el objetivo de entrenar la capacidad del niño para comprender las palabras que ahora dicen las personas que usan una máscara de protección facial, sin la posibilidad del recurso visual de la mímica facial. Nueve logopedas y catorce niños diagnosticados con TEA validaron el juego. Los niños probaron el juego durante una de las sesiones de terapia del habla en línea. Ambos grupos respondieron a un cuestionario de satisfacción realizado por el logopeda, adaptado a sus características. Los resultados de la evaluación con ambos grupos evidencian que el juego tuvo buena aceptación.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 01/07/2023. Revisado, 22/09/2023. Aceptado, 15/02/2024, Publicado, 27/01/2025.
e-ISSN: 2444-8729

1. Introduction

COVID-19 is a virus discovered in 2019 that has caused quite complicated situations in people worldwide compared to conditions of war and the Spanish flu. In addition to the physical health problems themselves, it has triggered psychological disorders and structural changes in the world economy and how people interact (Barbosa et al., 2020).

Since the emergence of the COVID-19 pandemic, a series of changes in society's life has been necessary for general, particularly social isolation (Fundação Oswaldo Cruz, 2020; García-Peñalvo et al., 2020) and all the consequences it brought us. For example, parents had to be with their children under extreme levels of stress in a confined space with limited reinforcers for 24 hours a day, 7 days a week (Degli Espinosa et al., 2020). In this pandemic situation, caring for children with autism could be challenging for families and caregivers. Autistic Spectrum Disorder (ASD) is defined as a change in development and behavior. Therefore, in general, these children have interventions for several hours a week at home with special therapists or in dedicated hospitals and institutes. However, during this moment, the sessions of therapists were reduced or canceled and, after a few months, changed to the online version (Narzisi, 2020).

At that moment, due to contagion containment measures, preventive actions were required to combat this pandemic and reduce the transmission rate, with control and protection measures such as hand hygiene, masks, and social isolation (Fernandes & Nohama, 2020). However, the use of masks made communication between people more difficult as the possibility of looking at the speaker's lips and facial mimic is lost and due to the interference and distortion of the speech sound caused by the mask.

The new 'normal' defined during the COVID-19 pandemic forced us to re-assess how people with special needs are able to learn, live together, play, and have the support of health professionals in their daily lives, such as those with ASD.

In this context, in which the whole society faced difficulties in experiencing the pandemic, there were children and adolescents with ASD. ASD is a neurodevelopmental disorder, beginning in childhood, whose main characteristics are difficulties in language/communication, social interaction, and behavior (American Psychiatric Association, 2013). For these children and adolescents, the whole scenario resulting from the COVID-19 pandemic was challenging to understand (Fernandes & Nohama, 2020). As a result, several activities were abruptly altered for these children and adolescents at the beginning of the pandemic (and have not yet been wholly re-established). Among them, it is possible to highlight: the face-to-face mode classes were suspended or started to operate on a student rotation basis, the speech therapy sessions were suspended and resumed in the online mode, and the need to wear a mask to go out home, among others.

While it was inconvenient for these children and adolescents to wear a mask, it interfered with their ability to communicate as there were no visual cues that could be used to facilitate the communication process.

The social impact expected for this project consisted of making a digital serious game available to assist in therapeutic intervention in speech therapy sessions for better care of children and adolescents with autism before the COVID-19 pandemic.

According to Scotini, Orsati, and de Macedo (2021) and Sánchez (2021), technology is essential to help educate people with autism in developing their communication skills. According to Narzisi (2020), "Serious games can be useful to improve social cognition and to recognize facial emotions, emotional gestures, and emotional situations in children with ASD. Serious games could be an educational alternative to video games or the internet tout-court".

The present study aims to: 1. validate a serious game of motivational role of performing activities within Speech Therapy sessions and how this game can be used to assist in therapeutic intervention, especially for initial training in the use of the mask and sound perception, during the pandemic phase; 2. This will be applied to autistic children in speech therapy sessions, and these children's opinions about the game will be collected through their speech therapists.

This work was developed during the first year of the COVID-19 pandemic. Even after the end of the pandemic period, it can be used for other purposes that go beyond the confinement period, as it is more about training the social cognition and oral communication of children with ASD.

The article is organized as follows: Section 2 presents the theoretical basis to facilitate understanding the other sections of the work; Section 3 shows the entire game development process; Section 4 presents the evaluation methodology; and Section 5 provides test results and discussions. Finally, in Section 6, the conclusions of the work are presented.

2. Theoretical foundations

2.1. Autistic Spectrum Disorder

ASD is among the mental health problems that most hinder child development (American Psychiatric Association, 2013). A global developmental disorder that appears in the first three years of life. In addition, it affects normal brain development related to social and communication skills. The disease is marked by three fundamental characteristics: inability to interact socially, difficulty in the mastery of language to communicate or deal with symbolic games, and a pattern of restrictive and repetitive behavior (Campanário, 2008).

With this, it is possible to perceive the importance of special care for children; since discovering ASD early, it is possible to improve their personal and social development. The CDC (Centers for Disease Control and Prevention) in the United State has been extremely important in disseminating epidemiological data on ASD. According to studies available on its website: About 1 in 44 children have been identified with ASD. It is reported to occur in all racial, ethnic, and socioeconomic groups, and ASD is more than 4 times more common among boys than among girls (Maenner et al., 2021). A study carried out with individuals with ASD during the pandemic shows that this was a challenging period for the parents and caregivers of these children. The results revealed that family members had great difficulties managing activities and the most severe behavior problems (Colizzi, 2020). Behavior problems were related to the change in routine caused by the social isolation imposed by the COVID-19 pandemic (Parens et al., 2020). Regarding the pandemic, there is also a study that points out that the social isolation imposed by COVID-19 favored people with ASD because it reduced daily stress, especially in activities that required social demands, which were drastically reduced (Lugo-Marín et al., 2021). Recently, it has been observed that information technologies have been used to assist numerous practices in the health area in activities such as diagnosis, therapy, management, and education. These activities require changes and the development of new skills by health professionals in the areas involved (Fernandes et al., 2014).

Piscalho and Veiga-Simão (2014) indicate that a game can play an essential role in developing the child in general. It provides reflection and interrelationship between objects and events, helping the child expand the imagination and improve social, communicative, and autonomy competencies.

Considering that children with autism have difficulties responding under the control of the correct stimuli, it is important to teach playing in a structured and clean context of competing stimuli (Ferreira de Carvalho et al., 2016; Strain, 1990). Faced with a more systematic teaching, it becomes necessary to incorporate incidental education of play. Thus, the child initiates an interaction with an object or an activity that he is interested in; during the session, the professional takes advantage of this natural situation and proposes a demand, uniting teaching with play in a natural way (Ferreira de Carvalho et al., 2016).

It is known that play is fundamental for these children and can help teach academic skills, such as visual-motor orientation games, such as fitting and puzzle games (Figueiredo et al., 2021). Lorenzo et al. (2020) verified that there is growing research interest in subjects related to education, Virtual Reality, and ASD. On the other hand, it is also known that many ASD children have a high interest in computers and electronic games (Aguiar et al., 2018). A study conducted during the pandemic points out that the time of use of electronic devices by people with ASD doubled in this period. Before the pandemic, the average time was 3.3 hours on weekdays; during the pandemic, it was 6.9 hours a week. This allowed these children to have fewer opportunities to engage in social situations. Parents observed that they chose activities with less emotional and cognitive effort. The study highlights that these individuals took negative risks during this period, as their social interactivity worsened and their isolation further increased (Cardy et al., 2021). Offering games aimed at children with ASD is optimizing the time these children spend entertained with electronic devices in learning and interaction opportunities. Research conducted in 2019 (Carreño-León et al., 2019) studied considerations for designing user interfaces in apps for children with ASD. The authors emphasize that knowing the existing proposals for the design of user interfaces provides a basis for design processes when designing applications for children with ASD generates advantages at the time of the project. Focusing efforts on important points such as motivating communication skills and boosting social interaction is possible. The conclusion of the study is that the use of technology aimed at children with ASD can be positive. They cite positive factors such as reducing social isolation and improving social interaction, communication, fun, and teamwork, thus strengthening social and communication skills, among other skills.

2.2. Minimal Pairs

Language alterations in children with ASD are well-known and studied; they are important as a diagnostic criterion and prognostic factor. The vast majority of studies focus on the functional, pragmatic aspects of language because that is where the greatest difficulties and changes are. However, there are few specific studies of the phonetic-phonological aspects of the language of these children. Even though there is no guarantee that speech disorders are specifically related to ASD, they are communicative and social barriers and, therefore, must be considered and analyzed. The significant increase in the incidence of people with ASD added to the advances in proposals and public policies aimed at inclusion, has allowed children with ASD to be much more present in the school space. In this context, aspects related to the schooling process, such as the acquisition of reading and writing, began to be further investigated. A study (Clendon et al., 2021) points out that there are several reasons why children with ASD may have specific difficulties in the teaching-learning process. They emphasize that literacy difficulties are frequent due to specific characteristics of autism, changes in oral language, or associated cognitive characteristics. In this learning path, the development of phonological awareness is essential. Phonological awareness is a complex skill that involves the ability to consciously think, reflect, and manipulate speech sounds (Gonçalves et al., 2013). Phonological awareness is part of the phonological processing of oral language. Good performance and acquisition of oral language become fundamental in developing phonological awareness. Early in literacy, oral language and phonological awareness skills are interrelated (Donicht et al., 2019). Studies highlight the importance of phonological awareness in the written language acquisition process (Hipfner-Boucher et al., 2014; Santos & Befi-Lopes, 2012; Wertzner et al., 2014). Phonological processing comprises mental information processing operations based on the phonological structure of oral language. The understanding that speech can be segmented and the ability to manipulate these segments. For example, they are gradually developed following the child's awareness of the language's sound system, that is, of words, syllables, and phonemes as identifiable units (Capovilla & Capovilla, 2000). The process of elaboration of the contrast established by the proposal of minimal pairs is part of this path. Torres et al. (2018) analyze the phonetic performance of 25 children with ASD at various school levels with the use of a specific protocol. They observed that the phonological difficulties of the children studied are not negligible and imply an important obstacle in their oral communication. Despite the repercussions of the school and the social performance of these children. Recent studies have investigated the literacy process of children with ASD. Many factors may be related to the literacy learning difficulties presented by children with ASD. Among them are characteristics of the autism spectrum, deficits in oral language or social communication (Clendon et al., 2021). The development of phonemic and phonological skills is fundamental for the development of phonological awareness.

In the minimal contrast therapy method, also known as minimal pairs, pairs of words are selected that are distinguished by a single consonant or vowel but which are produced as homonyms by the child (Pagliarin, & Keske-Soares, 2007). As an example, according to Freitas and Alves (2016), it is possible to say that there is a minimal pair when two phonic sequences are distinguished by a single phoneme, for example, the Portuguese words "tom" (tone) and "dom" (gift). Here, there is a minimal difference characterized by loudness. The /t/ is classified as an occlusive consonant segment (depending on the meeting of the posterior part of the tongue with the soft palate), alveolar (depending on whose sound is articulated at the meeting of the tip of the tongue with the dental alveoli), voiceless. The /d/ segment is classified as occlusive, alveolar, voiced. Therefore, the contrast is considered in an identical environment since the difference is found through a single sound, in the same place, in the two sound sequences. The mentioned example makes clear the distinction between the phonemes /t/ and /d/. Table 1 provides examples of minimal pairs.

Table 1. List of Minimal Pairs Adopted (these minimal pairs occur in Portuguese).

Words (in Portuguese)	**Words (in Portuguese)**
Pão	Mão
Fruta	Truta
Bola	Cola
Torta	Porta
Uva	Luva
Caneta	Careta

The method of minimal pairs has degrees of difficulty. When the sound that distinguishes a minimal pair is presented at the beginning of the word, it is called easy; in the middle, it is medium; and at the end, it is difficult. There are several reasons for replacing phonemes; only two will be treated: the substitutions involving the spelling of voiced and voiceless phonemes. Some pairs of phonemes have a characteristic of differentiating themselves by the sound trait; some are voiced, and others are voiceless. The phonemes / p /, / t /, / k /, / f /, and / s /are considered voiceless since they do not present vibration of the vocal folds when produced. In turn, the phonemes / b /, / d /, / v /, and / z /are performed with vocal fold vibration; therefore, they are considered voiced phonemes. The soundtrack corresponds to an important distinction between the pairs of these sets of phonemes: / p / x / b /; / t / x / d /; / f / x / v /; / s / x / z /.

Based on the voiceless/voiced substitutions, the studied minimal pairs analyzed should be related to the environment in which the game was created in its respective phase, as the Brazilian Portuguese words "pão" (bread) and "mão" (hand), "torta" (pie) and "porta" (door) belong to the bakery stage; "truta" (trout) and "fruta" (fruit), "uva" (grape) and "luva" (glove) belong to the supermarket stage; "bola" (ball) and "cola" (glue), "caneta" (pen) and "careta" (grimace) belong to the school stage.

2.3. Related works

Using minimal pairs is a common method in speech therapy sessions. Some studies were found in the literature using this method in speech therapy sessions, such as the Kera puzzle game (Figueiredo et al., 2021). This game makes use of minimal pairs, working as an auxiliary tool by professionals in the speech therapy field in the intervention of children with phonological disorders.

Autism has always been a constant theme in the speech therapy field, according to the systematic review by Fernandes and Nohama (2020). As a result, some speech therapist intervention works in childhood autism were found in the literature, such as Barbosa et al. (2020). This work aims to analyze the effects of clinical listening on the parental discourse of children with autism on speech therapy teamwork at a Child and Youth Psychosocial Care Center.

The study by Scotini, Orsati, and Macedo (2021) aims to evaluate the accessibility of different applications available for training children with ASD. The study was carried out in three stages: 1. identification of applications available for people with ASD; 2. Characterization of applications according to the skills trained, and 3. Evaluation and classification of applications based on a specific guideline for accessibility for people with ASD. Among the features most found in the applications are simple interfaces, avoidance of distracting stimuli, and clear instructions. The results presented by the authors highlighted the importance of the list of applications, the characteristics contained in the accessibility guideline, and their ranking. They serve as a basis for users with ASD, family members, teachers, and health professionals to search for an application.

In her work, Sánchez (2021) analyzes and evaluates 50 educational digital applications used to develop communication between students diagnosed with autism. The results showed 8 apps with excellent quality and 17 with an adequate score, with their recommended use for educational interventions. A list of these selected applications was generated as a useful resource for teachers and families.

The work brought by Rehman et al. (2021), in the context of the new “normal”, focuses on identifying features of several highly rated mobile applications designed to assist people with ASD.

The work by da Silva et al. (2020) brings an objective discussion about the use of Digital Information and Communication Technologies in the literacy and learning process of people with autism. A systematic review of the literature was carried out only with national publications (Brazil) between 2014 and 2019. The results indicate that TDICs bring positive contributions to the literacy and learning process but suggest a lack of research in the area.

In the literature, no studies have been found that relate these two themes mentioned above, minimal pairs and autism.

3. Game Development

The game developed is aimed at being used as an additional tool by professionals in the Speech Therapy field for the intervention of ASD children, in training their ability to understand the words now spoken by people with the use of a face protection mask, without the possibility of the visual appeal of the face, such as facial mimic. This game was developed by combining the approaches of interactive software development, top-down and bottom-up, generating refined prototypes until an acceptable version is reached according to the requirements

initially identified (Sommerville, 2011). In this type of approach, the project's success depends on the designers knowing who their users are, that the team acts together, and that the various versions are created quickly and tested. The stage of game development is set out below. This approach was used in this project to allow the game to be implemented in parts and tested by experts in an agile way.

3.1. Requirement Analysis

The elicitation of functional and non-functional requirements took place through several meetings with the specialist in Speech Therapy, the developer, and the specialist in Computing. Thus, considering the target audience as children between 8 and 11 years old, the following functional requirements were considered:

- The game must provide instruction before each stage. This is essential so that children do not feel lost. It is desirable that these instructions be carried out by text and by pre-recorded voice.
- The user can collect a tip (corresponding to remembering the objective of that moment) in each phase. These tips should be in an easily accessible place for the child.
- The game should present three everyday scenarios to the user: a bakery, a supermarket, and a school. Familiar environments are important for people with ASD in order to train social cognition.
- Each scenario must have four phases. The first phase will have a minimal pair related to the context of the scenario. The second phase will have the same minimal pair but with a greater degree of difficulty. The third phase will have a different minimal pair related to the context of the scenario. Finally, the fourth phase will have the same minimal pair but with a higher degree of difficulty. This difficulty progression strategy becomes challenging and does not demotivate the child.
- The player must lose life when colliding with the enemy or if he collects a word out of the requested order. This strategy allows the child to understand that they need to improve in this aspect.
- The game must distinguish the order of words requested, generating a loss of life if this order is not respected.
- The player must collect the words in the order in which they were requested to pass the level. This strategy allows the child to understand how they can progress in the game.
- More lives should be available at each new phase due to the increased difficulty.
- The non-functional requirements of the game are:
- The game must not have an internet connection dependency.
- The game must be run on a Windows operating system. The game must be played on a desktop.
- The game is a single-user.
- The game's usability requirements are:
    - The game must have a design suitable for the target audience (colors, figures, text, buttons, and messages).
    - The game must have audio to identify the figures suitable for the treatment.
    - The game should be easy for a child with autism.
    - The game must be intuitive. In other words, the child must know how to play without the need for a manual, although there are instructions and tips if necessary.
- The game should be motivating for children and adolescents with autism.
- The game cannot have objects that take the user's focus away. Background elements, ambient music, and other distractors must be analyzed so as not to compromise the child's focus.

3.2. Design

The game was designed to run on desktop/notebook devices with Windows operating system. The programming language used was GDscript, a Godot Engine language. The following are some key parts of the project:

- **Creation of scenarios and figures**. To develop an environment that was motivating and inviting for autistic children in the specific age group and the context of a pandemic, it was necessary to think about the most common environments that a child attends. As a result, a bakery, a supermarket, and a school were obtained. Then it was necessary to look for images for the background to avoid confusing the child (without overloading written or visual information). These images were treated in such a way as to remove the background, improve the quality, blur the background, and perfect the images.

- Regarding the images of the objects, there was a study of possible minimal pairs that would make sense in each proposed environment. First, all images were obtained from the internet (Creative Commons license) and edited. Then, these images have undergone validation of the scenarios and objects edited by a professional in the speech therapy field.
- **Creation of audios**. The audios responsible for guiding the child to play (hunting the minimal pairs in a specific order) were recorded using the mask to give more realism to the game.
- **Gameplay creation**. Regarding the gameplay itself, it was necessary to think about funnily integrating the minimal pairs, arriving at the idea of a platform game with several different and different difficulty levels. Each day-to-day scenario contains, in each phase, minimal pairs belonging to that context. Before starting each phase, an instruction asks for the minimal pairs and a specific order related to the scenario.
- **Minimal pairs**. Each phase has an instruction with the respective minimal pair, increasing the difficulty in each phase passed. An example would be: "Take me bread, hand, hand, bread, in that order".

3.3. Implementation

For the research, a digital serious game will be used with some phases developed for this purpose in three different scenarios, as already mentioned (a bakery, a supermarket, and a school). The game starts on a screen demonstrating the basic controls of the game (Fig. 1), and then a new screen appears with a voice instructing the user to pick up objects in a certain order (Fig. 2). Then, the child has to collect them in the order he was asked, in a scenario where he needs to go up/down and jump over obstacles. The child is represented by the boy's avatar with a mask. If he collects the wrong word or collides with an enemy, he will lose points (hearts), as shown in Fig. 3. In the same way, the child will earn stars if they get the right words. There are difficulty levels for each scenario presented in the game.

Figure 1. Controls screen: press SPACE to jump / press the left arrow to go left / press the right arrow to go right / jump on enemies to kill them /PRESS ENTER TO CONTINUE!

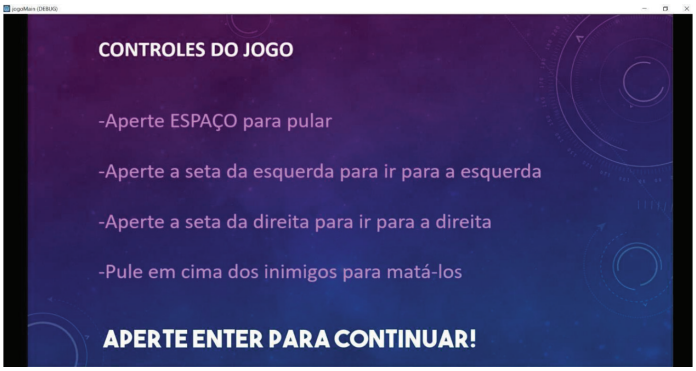


Figure 2. The identification of the game: Word Search Game. The Instructions screen: Press here to listen to the instructions / PRESS ENTER TO START THE GAME.



Figure 3. Game interaction screen in the first phase of the bakery.



Each scenario has four phases, so when the child wins all phases, a screen will appear congratulating him (Fig. 4 and Fig. 5).

Figure 4. The final screen of the bakery stage congratulates the user for winning the last bakery phase! Press ENTER to continue.



Figure 5. The final screen of the supermarket stage congratulates the user for winning the last supermarket phase. Press ENTER to continue.



4. Evaluation methodology

According to the data provided below, the game was evaluated, involving a group of professionals in speech therapy and children with ASD.

4.1. Participants

Study participants will be divided into two groups. There are nine speech therapists in the first group, whose inclusion criterion consists of exercising their profession and working with autistic children and adolescents. Fourteen children and adolescents are in the second group, aged between 8 and 11 years, whose inclusion criterion is to attend speech therapy sessions, be autistic with a medical report, and be considered able, by the specialist, to use the game. Exclusion criteria will be those not considered suitable by the speech therapist.

Failure to participate in this research (using the game) does not prevent the participants from carrying out activities planned for the speech therapy session.

The recruitment of both groups will be done for convenience since one of the project members is a speech therapist and already has contact with groups of speech therapists and children in sessions.

4.2. Local

Due to the pandemic, the research will take place online. The group of speech therapists will evaluate/validate the game at their place of convenience. For children and adolescents, the use of the game will occur in virtual speech therapy sessions that are already taking place. The research will take place in an appropriate place (of convenience for both groups) to guarantee the participants' confidentiality and privacy.

4.3. Procedures

At first, speech therapists received the executable file for installing the game on their computers. After that, they will be free to test the game for as long as they wish, but the expectation is that they will be able to navigate the game in 30 minutes. After that, they will be asked to answer a questionnaire about the game they evaluated (5 minutes). This questionnaire was validated by a group of speech therapists specialized in ASD. The questionnaire was created with the following questions:

- Is the game motivating for ASD children and adolescents?
- Is the design adequate (Colors, Figures, Texts, Buttons and Messages)
- Is the figure identification audio suitable for the treatment?
- Is the game easy for an ASD child?
- Is the game intuitive?
- Is the game playful?
- Do you believe the game could be used for intervention in speech therapy sessions?

At the appropriate time within the session, the speech therapist applied the game so that ASD children could use it for a time not exceeding 30 minutes in a single session. Finally, the children's impressions about the use of the game will be captured by a simple questionnaire that the children will answer (with the help of the speech therapist). The questionnaire is:

- Is the game cool?
- Is the game fun?
- Is it an easy-understand game?
- Would you play it again?
- Did you understand the voice even with a mask?
- Is the avatar cool?
- Say things you liked about the game.
- Say things you did not like about the game.

As the speech therapist will conduct the questionnaire, she is free to use the question in another way to be more efficient.

No information that could identify the participants was used. After analyzing the results, all those responsible for the participants will receive the return of the study through registered e-mail.

5. Results and discussions

The methodology used to evaluate the game was composed of two parts: evaluation with speech therapists and evaluation with children, as described below.

5.1. Evaluation with speech therapists

The test questionnaire was answered by nine participants, who were professionals in the speech therapy field. The responses were recorded between November 9th and 13th, 2020, and were summarized in Table 2.

Table 2. Usability and Utility Questionnaire - Professional Audience.

Questions	**I definitely agree**	**I agree**	**I neither agree nor disagree**	**I disagree**	**I definitely disagree**
Is the game motivating for ASD children and adolescents?	33.3%	44.4%	11.1%	11.1%	0%
Is the design adequate (Colors, Figures, Texts, Buttons and Messages)	11.1%	44.4%	33.3%	11.1%	0%
Is the figure identification audio suitable for the treatment?	11.1%	55.6%	22.2%	11.1%	0%
Is the game easy for an ASD child?		33.3%	33.3%	33.3%	0%
Is the game intuitive?	11.1%	55.6%	11.1%	22.2%	0%
Is the game playful?	11.1%	66.7%	11.1%	11.1%	0%
Do you believe that the game could be used for interventions in speech therapy sessions?	55.6%	33.3%	11.1%		

After the child finished the game, the speech therapists were invited to use the game and give their opinions about the user interface, design, visual and sound effects to validate its playful, motivating, and functional character in its use in Speech Therapy sessions. Thus, a questionnaire was made available on Google Forms, containing ten multiple-choice questions, using the 5-point Likert scale.

5.2. Evaluation with children

Fourteen children aged between eight and eleven years participated in the evaluation. After using the game for an average of 30 minutes, the children were asked to give their opinion on the game, using a questionnaire with ten multiple-choice questions (3-point Likert scale) and two open-ended questions. The results of the questionnaire are presented in Table 3 and the following text.

Table 3. Satisfaction Questionnaire - Children Audience.

Questions	I agree	Neutral	I disagree
Is the game cool?	85.7%		14.3%
Is the game fun?	64.3%	28.6%	7.1%
Is it an easy-understand game?	64.3%	28.6%	7.1%
Would you play it again?	100%		
Did you understand the voice even with a mask?	92.9%		7.1%
Is the avatar cool?	100%		

In addition to the multiple-choice questions, the children were asked questions about what they liked most about the game; among the answers were: "Everything," "To play," "avatar," "to pick things up," and "Much cool." Regarding what they liked least, they said, "Nothing," "the noise," "I wanted to play every day," and "it's fast." It can be seen from the children's responses that the game had a very positive evaluation concerning satisfaction with its use and its visual elements. Already, regarding the sound elements, we realized that because the game is audible primarily, it even disturbed some children a little, something familiar because autistic children are more sensitive to sounds than the average population. So, based on the results, small changes in the audio would be something to consider. Regarding future sessions, open-ended questions will also be asked to speech therapists, asking for suggestions and recommendations.

5.3. Results obtained and other related discoveries

According to the authors (Meghan et al., 2018), numerous studies confirm the positive impact and effectiveness of using games to practice various skills in specialized therapy for children with autism spectrum disorder (ASD). Other authors (Simonoff et al., 2008) consider using games essential for developing social skills in children with ASD. Social skills are directly related to the ability to understand the speech and facial expressions of the interlocutor. This competence was compromised during the mandatory use of facial masks imposed by the COVID-19 pandemic. Children with ASD exhibit impairment in producing facial expressions adapted to social contexts. A research group (Grossard et al., 2019) conducted a study on the proposal of a serious game to teach facial expressions to children with ASD. During the literature search, they found very few serious games focused on producing facial expressions adapted to a specific social context. Other studies emphasize that offering a digital tool that aids in the social integration and inclusion of children with ASD into their environment is more natural and, consequently, enhances their skills and independence. (García-Guillén et al., 2016).

Kerns et al (2015) highlight the need for serious games specifically targeted for communicative contexts. The authors believe that communication is essential for any type of activity. Communicative difficulties or even the absence of speech can result in negative consequences for children with ASD, such as low educational levels, depression, low income, and loss of confidence or self-esteem. A literature review conducted by Tsikinas and Xinogalos (2019) found that most studies for individuals with autism aim to improve social and communication skills. Moreover, most studies on the effects of serious games on individuals with ASD had a positive impact. According to the authors, learning involving serious games is considered very promising for individuals with ASD.

In the context of ASD treatment, serious games can be developed to meet the therapeutic needs of children, adapting to their abilities and challenges. Serious Games' benefits in the intervention for individuals with ASD include improving social skills, engagement and motivation, treatment individualization, immediate feedback, and task-based learning. However, it is essential to note that serious games should be used as part of a comprehensive therapeutic approach, integrating with other forms of intervention to meet the individual needs of each patient with ASD. Ongoing research in this area is crucial to optimize the therapeutic potential of serious games and improve the quality of life for those affected by ASD. The incorporation of serious games into the therapeutic arsenal has emerged as an effective strategy to enhance the quality of life and development of children and adolescents with ASD (Mihova et al, 2023).

5.4. Serious games and their benefits for treatment

With rapid technological progress, especially smartphones, scientists have developed innovative applications, such as serious games for mobile devices, to assist children with autism spectrum disorder. However, the design of these applications has not always considered crucial aspects, such as usability and accessibility. Usability and, especially, accessibility are essential differentiators for the quality and efficiency of serious games (Jaramillo-Alcázar et al, 2022). There seems to be a lack of clinical evidence that children with neurodevelopmental disorders can benefit from the application of serious games (Kokol et al, 2020). However, as early as Dakin and Frith (2005) noted, visual media had a universal appeal to children. Still, for those with autism spectrum disorder, the attraction might be even more intense due to distinctive visual characteristics that play a significant role in the information assimilation process.

In recent years, the implementation of computerized intervention programs, commonly referred to as serious games, has been observed to enhance socio-cognitive skills in children within the Autism Spectrum. These serious games are an economically viable solution to bridge the gap between the growing demand for evidence-based interventions and the constraints of access to specialized autism services (Casale et al., 2015). Among all Information and Communication Technology (ICT) tools, serious games are the most promising for instructing children with autism spectrum disorder (Kirst et al, 2022).

In summary, serious games emerge as a promising therapeutic tool for children with autism spectrum disorder. The ability of these games to combine entertainment and education offers an engaging medium to enhance specific social and cognitive skills essential for the development of these children. However, future initiatives must consider not only therapeutic efficacy but also usability, accessibility, and the integration of playful features to ensure a holistic and practical approach to therapy for children with ASD. Continuous improvement and research in this intersection between technology and treatment can improve these individuals' quality of life and holistic development.

6. Conclusions

The COVID-19 pandemic has brought profound societal changes, whether in their social or professional context. COVID-19 is changing the routine of young children with ASD, and they are called to respect rules and habits that ‘are not always understandable for them (i.e., disinfecting your hands, using masks, staying at home, homeschooling, etc.) (Narzisi, 2020).

This article presented a serious game to assist speech therapy sessions with autistic children before COVID-19. All phases of the game's development cycle were given, and tests were performed with speech therapists and children belonging to the target audience during speech therapy sessions. Both tests confirmed that the game has good usability and is a fascinating resource for therapeutic intervention, especially in the initial training for using a mask and sound perception during the pandemic.

Regarding the specific needs of children with ASD, as described in detail in the methodology, the game provided the anticipation of actions, visual support, realistic figures, everyday environments, the possibility of working with communication, and conversational skills in social situations.

It is worth noting that although the WHO declared, on May 5, 2023, the end of the Public Health Emergency of International Importance (ESPII) regarding COVID-19, the research continues to have social relevance. Training children with ASD to pay attention to speech without using facial expressions helps this audience to have better interaction in means of communication that do not allow the use of facial expressions, such as a telephone call.

As future work, it is possible to create more phases with different day-to-day environments, increasing difficulty levels of the minimal pairs required, and improvements in interactions with children, such as developing a virtual robot to interact in place of the audio.

Authors’ contributions

Valéria Farinazzo Martins: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Supervision, Validation, Visualization, Writing–original draft, Writing–review and editing.
Vitor Oiakawa: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Software, Visualization, Writing–original draft, Writing–review and editing.
Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato: Conceptualization, Investigation, Methodology, Supervision, Validation, Writing–original draft, Writing–review and editing.

References

Aguiar, E. C., Gomes, V. O., Sarinho, V. T., & de Santana-Bahia-Brasil, F. (2018). Quiztea-uma proposta de desenvolvimento de quiz digitais para indivíduos portadores do transtorno do espectro autista. In *XVII Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)* (pp. 276-281). Sociedade Brasileira de Computação. https://doi.org/10.5753/sbcas.2019.6262.

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

Barbosa, A. M., Figueiredo, A. V., Viegas, M. A. S., & Batista, R. L. N. F. F. (2020). Os impactos da pandemia COVID-19 na vida das pessoas com transtorno do espectro autista. *Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro*, *24*(48), 91-105. https://doi.org/10.30749/2177-8337.v24n48p91-105.

Cardy, R. E., Dupuis, A., Anagnostou, E., Ziolkowski, J., Biddiss, E. A., Monga, S., Brian, J., Penner, M., & Kushki, A. (2021). Characterizing changes in screen time during the COVID-19 pandemic school closures in Canada and its perceived impact on children with autism spectrum disorder. *Frontiers in Psychiatry*, *12*, 702774. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.702774.

Campanário, I. S. (2008). *Espelho, espelho meu: a psicanálise eo tratamento precoce do autismo e outras psicopatologias graves*. Ágalma.

Capovilla, A. G., & Capovilla, F. C. (2000). Efeitos do treino de consciência fonológica em crianças com baixo nível sócio-econômico. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, *13*, 7-24. https://doi.org/10.1590/S0102-79722000000100003.

Carreño-León, M., Leyva-Carrillo, A., Carreño-León, M. A., & Sandoval-Bringas, J. A. (2019). Consideraciones para el diseño de interfaces de usuario en aplicaciones para niños con autismo. In F. J. Álvarez Rodríguez, M. A. Carreño-León, & J. A. Sandoval Bringas (Eds.), *Avances sobre Reflexiones, Aplicaciones y Ttcnologías inclusivas* (pp. 70-74). Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.

Casale, M. B., Mittal, A., Whalen, C., Stahmer, A., Quiocho, J., & Vejnoska, S. F. (2015). One size does not fit all: A smarter way to develop computer assisted interventions for children with asd. *International Journal of Serious Games*, *2*(2). https://doi.org/10.17083/ijsg.v2i2.63.

Clendon, S., Paynter, J., Walker, S., Bowen, R., & Westerveld, M. F. (2021). Emergent literacy assessment in children with autism spectrum disorder who have limited verbal communication skills: A tutorial. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, *52*(1), 165-180. https://doi.org/10.1044/2020_LSHSS-20-00030.

Colizzi, M., Sironi, E., Antonini, F., Ciceri, M. L., Bovo, C., & Zoccante, L. (2020). Psychosocial and behavioral impact of COVID-19 in autism spectrum disorder: An online parent survey. *Brain Sciences*, *10*(6), 341. https://doi.org/10.3390/brainsci10060341.

Dakin, S., & Frith, U. (2005). Vagaries of visual perception in autism. *Neuron*, *48*(3), 497-507. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.10.018.

da Silva, J. A., de Carvalho, M. E., Caiado, R. V. R., & Barros, I. B. R. (2020). As tecnologias digitais da informação e comunicação como mediadoras na alfabetização de pessoas com transtorno do espectro do autismo: uma revisão sistemática da literatura. *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, *13*(1), 45-64. https://doi.org/10.17851/1983-3652.13.1.45-64.

Degli Espinosa, F., Metko, A., Raimondi, M., Impenna, M., & Scognamiglio, E. (2020). A model of support for families of children with autism living in the COVID-19 lockdown: Lessons from Italy. *Behavior Analysis in Practice*, *13*(3), 550-558. https://doi.org/10.1007/s40617-020-00438-7.

Donicht, G., Ceron, M. I., & Keske-Soares, M. (2019). Erros ortográficos e habilidades de consciência fonológica em crianças com desenvolvimento fonológico típico e atípico. In *CoDAS* (Vol. 31, e20170212). Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia. https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018212.

Fernandes, M., & Nohama, P. (2020). Jogos Digitais para Pessoas com Transtornos do Espectro do Autismo (TEA): Uma Revisão Sistemática. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (26), 72-80. https://doi.org/10.24215/18509959.26.e8.

Fernandes, F. G., Santos, S. C., de Oliveira, L. C., Rodrigues, M. L., & Vita, S. S. B. V. (2014). Realidade virtual e aumentada aplicada em reabilitação fisioterapêutica utilizando o sensor kinect e dispositivos móveis. *Universidade Federal de Uberaba-UNIUBE, Minas Gerais*.

Ferreira de Carvalho, O. M., & D'Oliveira de Paula Nunes, L. R. (2016). Possibilidades do uso de jogos digitais com criança autista: Estudo de caso. In V. L. P. dos Santos Caminha, J. Yoneda Huguenin, L. M. de Assis, & P. Pires Alves (Eds.), *Autismo: Vivências e caminos* (p. 77-90). Blucher, https://doi.org/10.5151/9788580391329-10.

Figueiredo, K. O., Cardenuto, R. R., Amato, C. A., & Martins, V. F. (2021). Kera Puzzle: jogo digital educacional para apoio à intervenção fonoaudiológica. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E41), 503-515.

Freitas, A. M. A., & Alves, G. C. (2016). Consciência fonológica: a utilização de jogo digital como estratégia para o ensino de Língua Portuguesa. *Letras & Letras, 32*(2), 83-108. https://doi.org/10.14393/LL63-v32n2a2016-5.

Fundação Oswaldo Cruz. (2020). Saúde mental e atenção psicossocial na pandemia Covid-19. Último acesso em: setembro, 2020. https://d66z.short.gy/6P1YK3

García Guillén, S., Garrote Rojas, D., & Jiménez Fernández, S. (2016). Uso de las TIC en el Trastorno de Espectro Autista: aplicaciones. *EDMETIC*, 5(2), 134–157. https://doi.org/10.21071/edmetic.v5i2.5780.

García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V., & Grande, M. (2020). Online assessment in higher education in the time of COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, *21*(12), 1-12. https://doi.org/10.14201/eks.23013.

Gonçalves, T. S., Neves, T. A. P., Nicolielo, A. P., Crenitte, P. A. P., & Lopes-Herrera, S. A. (2013). Phonological awareness in children from public schools and particularly during the process of literacy. *Audiology-Communication Research*, *18*(2), 78-84. https://doi.org/10.1590/S2317-64312013000200005.

Grossard, C., Hun, S., Dapogny, A., Juillet, E., Hamel, F., Jean-Marie, H., Bourgeois, J., Pellerin, H., Foulon, P., Serret, S., Grynszpan1, O., Bailly, K., & Cohen, D. (2019). Teaching facial expression production in autism: The serious game JEMImE. *Creative Education*, *10*(11), 2347-2366. https://doi.org/10.4236/ce.2019.1011167.

Hipfner-Boucher, K., Milburn, T., Weitzman, E., Greenberg, J., Pelletier, J., & Girolametto, L. (2014). Relationships between preschoolers' oral language and phonological awareness. *First Language*, *34*(2), 178-197. https://doi.org/10.1177/0142723714525945.

Jaramillo-Alcázar, A., Arias, J., Albornoz, I., Alvarado, A., & Luján-Mora, S. (2022). Method for the development of accessible mobile Serious Games for children with Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(7), 3844. https://doi.org/10.3390/ijerph19073844.

Kerns, C. M., Kendall, P. C., Zickgraf, H., Franklin, M. E., Miller, J., & Herrington, J. (2015). Not to be overshadowed or overlooked: Functional impairments associated with comorbid anxiety disorders in youth with ASD. *Behavior Therapy*, *46*(1), 29-39. https://doi.org/10.1016/j.beth.2014.03.005.

Kirst, S., Diehm, R., Bögl, K., Wilde-Etzold, S., Bach, C., Noterdaeme, M., Poustka, L., Ziegler, M., & Dziobek, I. (2022). Fostering socio-emotional competencies in children on the autism spectrum using a parent-assisted serious game: A multicenter randomized controlled trial. *Behaviour Research and Therapy, 152*, Article 104068. https://doi.org/10.1016/j.brat.2022.104068

Kokol, P., Vošner, H. B., Završnik, J., Vermeulen, J., Shohieb, S., & Peinemann, F. (2020). Serious game-based intervention for children with developmental disabilities. *Current pediatric reviews*, *16*(1), 26-32. https://doi.org/10.2174/1573396315666190808115238.

Lorenzo, G., Lorenzo-Lledó, A., Lledó Carreres, A., & Pérez-Vázquez, E. (2020). Approach from a bibliometric perspective of the educational application of virtual reality in people with autism spectrum disorder. *Knowledge Society*, *21*, 14. https://doi.org/10.14201/eks.19522.

Lugo-Marín, J., Gisbert-Gustemps, L., Setien-Ramos, I., Español-Martín, G., Ibañez-Jimenez, P., Forner-Puntonet, M., Arteaga-Henríquez, G., Soriano-Día, A., Duque-Yemail, J. D., & Ramos-Quiroga, J. A. (2021). COVID-19 pandemic effects in people with Autism Spectrum Disorder and their caregivers: Evaluation of social distancing and lockdown impact on mental health and general status. *Research in Autism Spectrum Disorders, 83*, Article 101757. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2021.101757.

Matthew J. Maenner, Shaw, K. A., Bakian, A. V., Bilder, D. A., Durkin, M. S., Esler, A., Sarah M. Furnier, Hallas, L., Hall-Lande, J., Hudson, A., Hughes, M. M., Patrick, M., Pierce, K., Poynter, J. N., Salinas, A., Shenouda, J., Vehorn, A., Warren, Z., Constantino, J. N., DiRienzo, M., Fitzgerald, R. T., Grzybowski, A., Spivey, M. H., Pettygrove, S., Zahorodny, W., Ali, A., Andrews, J. G., Baroud, T., Gutierrez, J., Hewitt, A., Lee, L.-C., Lopez, M., Mancilla, K. C., McArthur, D., Schwenk, Y. D., Washington, A., Williams, S., & Cogswell, M. E. (2021). Prevalence and Characteristics of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 8 Years — Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 11 Sites, United States, 2018. *Surveillance Summaries, 70*(11), 1-16. https://doi.org/10.15585/mmwr.ss7011a1

Meghan, N., Qian, Y., Massolo, M., & Croen, L. A. (2018). Psychiatric and medical conditions in transition-aged individuals with ASD. *Pediatrics*, *141*(Supplement_4), S335-S345. https://doi.org/10.1542/peds.2016-4300K.

Mihova, P., Stankova, M., Andonov, F., & Stoyanov, S. (2023). The Use of Serious Games for Developing Social and Communication Skills in Children with Autism Spectrum Disorders. In C. P. Lim, A. Vaidya, Y. W. Chen, V. Jain, & L. C. Jain, (Eds.) *Artificial Intelligence and Machine Learning for Healthcare: Vol. 2: Emerging Methodologies and Trends* (pp. 181-196). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11170-9_7.

Narzisi, A. (2020). Handle the autism spectrum condition during Coronavirus (COVID-19) stay at home period: Ten tips for helping parents and caregivers of young children. *Brain Sciences*, *10*(4), 207. https://doi.org/10.3390/brainsci10040207.

Pagliarin, K. C., & Keske-Soares, M. (2007). Abordagem contrastiva na terapia dos desvios fonológicos: considerações teóricas. *Revista CEFAC*, *9*, 330-338. https://doi.org/10.1590/S1516-18462007000300006.

Parens, E., Matthews, L., & Appelbaum, P. S. (2020). Polygenic risk scores, prediction of psychiatric disorders, and the health of all of us. *The Lancet Psychiatry*, *7*(6), 481. https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30185-1.

Piscalho, I. A. D., & Veiga-Simão, A. M. (2014). Promoção da autorregulação da aprendizagem das crianças: proposta de instrumento de apoio à prática pedagógica. *Nuances: estudos sobre Educação*, *25*(3), 170-190. https://doi.org/10.14572/nuances.v25i3.3163.

Rehman, I. U., Sobnath, D., Nasralla, M. M., Winnett, M., Anwar, A., Asif, W., & Sherazi, H. H. R. (2021). Features of mobile apps for people with autism in a post COVID-19 scenario: Current status and recommendations for apps using AI. *Diagnostics*, *11*(10), 1923. https://doi.org/10.3390/diagnostics11101923.

Sánchez, M. C. (2021). Análisis y evaluación de aplicaciones para desarrollar la comunicación en el alumnado con trastorno del espectro autista. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (75), 168-187. https://doi.org/10.21556/edutec.2021.75.1681.

Santos, M. T. M. D., & Befi-Lopes, D. M. (2012). Vocabulary, phonological awareness and rapid naming: contributions for spelling and written production. *Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, *24*, 269-275. https://doi.org/10.1590/S2179-64912012000300013.

Scotini, C. Y., Orsati, F. T., & de Macedo, E. C. (2021). Levantamento e avaliação da acessibilidade de aplicativos para apoio ao aprendizado de crianças com diagnóstico de transtorno do espectro autista. *Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento*, *21*(1), 39-67. https://doi.org/10.5935/cadernosdisturbios.v21n1p39-67.

Simonoff, E., Pickles, A., Charman, T., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2008). Psychiatric disorders in children with autism spectrum disorders: prevalence, comorbidity, and associated factors in a population-derived sample. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *47*(8), 921-929. https://doi.org/10.5935/cadernosdisturbios.v21n1p39-67.

Strain, P. S. (1990). LRE for preschool children with handicaps: What we know, what we should be doing. *Journal of early intervention*, *14*(4), 291-296. https://doi.org/10.1177/105381519001400401.

Sommerville, I. (2011). *Software Engineering* (9th ed.). Addison-Wesley.

Torres, J. C., León, H., & Figueroa, M. (2018). Desempeño fonético-fonológico en niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) de pre-kínder a tercero básico. *Revista Chilena de Fonoaudiología*, *17*, 1-18. https://doi.org/10.5354/0719-4692.2018.51611.

Tsikinas, S., & Xinogalos, S. (2019). Studying the effects of computer serious games on people with intellectual disabilities or autism spectrum disorder: A systematic literature review. *Journal of Computer Assisted Learning*, *35*(1), 61-73. https://doi.org/10.1111/jcal.12311.

Wertzner, H. F., Pulga, M. J., & Pagan-Neves, L. D. O. (2014). Metaphonological skills among children with speech sound disorder: the influence of age and disorder severity. *Audiology-Communication Research*, *19*, 243-251. https://doi.org/10.1590/S2317-64312014000300007.

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

Volume 26 (2025) list of reviewers
Lista de revisores del Volumen 26 (2025)

REVISOR / REVIEWER	INSTITUCIÓN / INSTITUTION
ABELLA GARCÍA, Víctor	Universidad de Burgos, España
ACUÑA ACUÑA, Edwin Gerardo	Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Costa Rica, Costa Rica
AGUIRRE MEJIA, Elena Tzetzangary	Instituto Tecnologico Superior de Lerdo, México
ÁLVAREZ HERRERO, Juan Francisco	Universidad de Alicante, España
ALVES, Gustavo	Polytechnic of Porto, Portugal
ARIAS GARCÍA, Elisa	Universidad Pontificia de Salamanca, España
ARROYO SAGASTA, Amaia	Universidad de Mondragón, España
BALDRICH RODRÍGUEZ, Kevin	Universidad de Almería, España
BARBOSA LEÓN, Héctor Gonzalo	Instituto Tecnológico de Colima, México
BARREDO HERNÁNDEZ, Elena	Universidad Isabel I, España
BORDEL, Borja	Universidad Politécnica de Madrid, España
BRADY, Corey	SMU, EEUU
BURGUERA-CONDÓN, Joaquín Lorenzo	Universidad de Oviedo, España
CANAL BEDIA, Ricardo	Universidad de Salamanca, España
CARO SAMADA, Carmen	Universidad Internacional de La Rioja, España
CARRASCO RODRÍGUEZ, Antonio	Universidad de Alicante, España
CASADO MELO, Amparo	Universidad Pontificia de Salamanca, España
CASILLAS MARTÍN, Sonia	Universidad de Salamanca, España
CASTRO CARRACEDO, Juan Manuel	Universidad Pontificia de Salamanca, España
CEDILLO QUIZHPE, Cristina	Universidad de Cuenca, Ecuador
CEREZO-CORTIJO, Isabel	Universidad de Extremadura, España
CID-ROMERO, Esperanza	Universidad de Zaragoza, España
CIFUENTES VICENTE, Purificación	Universidad Pontificia de Salamanca, España
COLLAZOS, César	Universidad del Cauca, Colombia
CONDE GONZÁLEZ, Miguel Ángel	Universidad de León, España
CUEVAS SALVADOR, Jesús	Universidad de Zaragoza, España
DÍAZ RINCÓN, Begoña	Universidad Pontificia de Salamanca, España

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

DOMÍNGUEZ, Ángeles	Tecnológico de Monterrey, México
ESTRADA MOLINA, Odiel	Universidad de Valladolid, España
FARINAZZO MARTINS, Valeria	Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil
FERNÁNDEZ, Teresa	Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú
FERNÁNDEZ MARTÍN, Francisco	Universidad de Granada, España
FERRARI, Enzo	Universidad de Salamanca, España
FIDALGO-BLANCO, Ángel	Universidad Politécnica de Madrid
FONTAINES RUIZ, Tomás	Universidad Técnica de Machala, Ecuador
FORTEZA MARTÍNEZ, Aurora	Universidad Internacional de la Rioja, España
GALINDO CUESTA, Jairo Alberto	Universidad de La Salle, Colombia
GARCÍA HOLGADO, Alicia	Universidad de Salamanca, España
GARCÍA HOLGADO, Lucía	Universidad de Salamanca, España
GARCÍA MARTÍN, Sheila	Universidad de León, España
GEDDA MUÑOZ, Relmu	Universidad Autónoma de Chile, Chile
GLASSERMAN MORALES, Leonardo David	Tecnológico de Monterrey, México
GOMARA, Verónica	Universidad Pontificia de Salamanca, España
GÓMEZ-GÓMEZ, Marta	Universidad Rey Juan Carlos, España
GONZÁLEZ ALONSO, Fernando	Universidad Pontificia de Salamanca, España
GONZÁLEZ MAYORGA, Héctor	Universidad de León, España
GONZÁLEZ RODERO, Luis	Universidad de Salamanca, España
GUEVARA INGELMO, Raquel María	Universidad de Salamanca, España
HERNÁNDEZ, José	Universidad Complutense de Madrid, España
IZQUIERDO ÁLVAREZ, Vanessa	Universidad de Salamanca, España
JOO NAGATA, Jorge	Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile
LEÓN-CARRASCOSA, Víctor	Universidad Complutense de Madrid, España
LIZANDRA, Jorge	Universidad de Valencia, España
LLORENS LARGO, Faraón	Universidad de Alicante, España
LLORENTE CEJUDO, Carmen	Universidad de Sevilla, España
LLORET, Carmen	Universidad de Valencia, España
LUGONES, Ana	Universidad Pontificia de Salamanca, España
MARÍN SUELVES, Diana	Universidad de Valencia, España
MARQUES, María Arcelina	Polytechnic of Porto, Portugal
MARTÍN DEL POZO, Marta	Universidad de Salamanca, España

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

MARTÍNEZ BELLO, Vladimir	Universidad de Valencia, España
MARTÍNEZ MARTÍN, Miguel	Universidad de Barcelona, España
MEDINA CÁRDENAS, Sandra Liliana	Universidad Católica de Ávila, España
MEIRA CARTEA, Pablo Ángel	Universidad de Santiago de Compostela, España
MERMSA MOLINA, Gladys	Universidad de Alicante, España
MINOVIC, Miroslav	University of Belgrade, Serbia
MORENO ALCARAZ, Flérida	Universidad Autónoma de Sinaloa, México
MOREIRA, Fernando	Universidade Portucalense, Portugal
NOWOSIELSKI, Michał	WSB Merito University Gdańsk, Polonia
NÚÑEZ CUBERO, Luis	Universidad de Sevilla, España
OCAÑA, Yolvi	Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú
OLMOS MIGUELÁÑEZ, Susana	Universidad de Salamanca, España
ORENES MARTÍNEZ, Natalia	Universidad Europea, España
OROZCO CAZCO, Gustavo Homero	Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador
PABLO PONS, Juan de	Universidad de Sevilla, España
PASTOR VÁZQUEZ, Francisco	Universidad de Valladolid, España
PEIRÓ i GREGORI, Salvador	Universidad de Alicante, España
PERERA RODRÍGUEZ, Víctor Hugo	Universidad de Sevilla, España
PÉREZ AZAHUANCHE, Miguel Ángel	Universidad César Vallejo, Perú
PÉREZ HERRERO, María del Henar	Universidad de Oviedo, España
PÉREZ MUÑOZ, Salvador	Universidad Pontificia de Salamanca, España
PINTO-LLORENTE, Ana María	Universidad de Salamanca, España
RAFFAGHELLI, Juliana	Università di Padova, Italia
RAMÍREZ MONTOYA, Mª Soledad	Tecnológico de Monterrey, México
REVESADO CARBALLARES, David	Universidad Pontifica de Salamanca, España
RIVERO, Carol	Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú
RODRÍGUEZ CONDE, María José	Universidad de Salamanca, España
RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, Carlos Felipe	Tecnológico de Monterrey, México
ROMÁN GALLARDO, Armandi	Universidad de Colima, México
ROMANO, Marco	Universitá degli Studi Internazionali di Roma, Italia
ROMERO PÉREZ, Clara	Universidad de Sevilla, España
ROS, Alicia	Universitat de València, España
RUIZ LEDESMA, Elena Fabiola	Instituto Politécnico Nacional, México

e-ISSN 2444-8729

https://doi.org/10.14201/eks.202526

RUIZ RODRÍGUEZ, Olga	Instituto Ordoño II, León, España
RUMBO ARCAS, María Begoña	Universidad de A Coruña, España
SABBTELLA, Patricia	Universidad de Cádiz, España
SAN MARTÍN ALONSO, Ángel	Universidad de Valencia, España
SÁNCHEZ, María	Universidad de Málaga, España
SÁNCHEZ GÓMEZ, María Cruz	Universidad de Salamanca, España
SÁNCHEZ PRIETO, José Carlos	Universidad de Salamanca, España
SEIN-ECHALUCE LACLETA, María Luisa	Universidad de Zaragoza, España
SIERO GONZÁLEZ, Luis	Universidad Autónoma de Baja California, México
URCHAGA LITAGO, José David	Universidad Pontificia de Salamanca, España
VÁZQUEZ INGELMO, Andrea	Universidad de Salamanca, España
VERDUGO CASTRO, Sonia	Universidad de Salamanca, España
VICENT, María	Universidad de Alicante, España
VILLEGAS-JOSÉ, Virginia	Universidad de Huelva

Diciembre 2025
vol. 26

e-ISSN:
2444-8729

VNiVERSiDAD D SALAMANCA
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Salamanca University Press

https://doi.org/10.14201/eks.202526