



INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN UNA EXPERIENCIA TRANSVERSAL EN EDUCACIÓN SECUNDARIA: BENEFICIOS EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y LA MOTIVACIÓN DEL ALUMNADO

Ignacio Berzosa Ramos 

Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

ignacio.berzosa@unir.net

María José Arroyo González 

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

mjarroyo@edu.uned.es

Daniela Baridon Chauvie* 

Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

daniela.baridon@unir.net

RESUMEN: El pensamiento computacional (PC) y la inteligencia artificial (IA) son tecnologías emergentes que pueden personalizar el aprendizaje y preparar a los estudiantes para los desafíos actuales. Este estudio analiza cómo una metodología activa y basada en un enfoque competencial mejora el conocimiento en PC e IA y aumenta la motivación de los estudiantes en Tecnología y Digitalización, y Biología y Geología, en 3º de ESO. El estudio se realizó de manera transversal en ambas asignaturas con 119 alumnos de 3º de ESO. Se utilizó una metodología mixta. En la primera fase, de carácter cuantitativo, se empleó un diseño cuasiexperimental. Primero, se evaluó el nivel en PC, IA y Competencia Digital mediante un pretest. Luego, se implementó una metodología innovadora en el grupo experimental, mientras que el grupo de control trabajó los mismos contenidos con una metodología tradicional. Posteriormente, se realizó una evaluación post-test para comparar los aprendizajes en PC, IA y Competencia Digital en ambos grupos. La segunda fase fue cualitativa, centrada en un análisis de contenido mediante un cuestionario ad hoc que recopiló las opiniones del profesorado y del alumnado involucrado en la experiencia educativa. Los resultados indican que los alumnos que trabajaron con IA en ambas asignaturas mejoraron su comprensión y conocimiento práctico de PC e IA, demostraron mayor motivación hacia el aprendizaje y se sintieron capaces de diseñar sus propios recursos educativos con el apoyo adecuado. Además, los proyectos que integran las TIC de manera

transversal favorecen la motivación, el aprendizaje y el desarrollo de competencias en los estudiantes.

PALABRAS CLAVE: pensamiento computacional, inteligencia artificial, Educación Secundaria, motivación, rendimiento académico.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COMPUTATIONAL THINKING IN A CROSS-CURRICULAR EXPERIENCE IN SECONDARY EDUCATION: BENEFITS ON STUDENT'S ACADEMIC PERFORMANCE AND MOTIVATION

ABSTRACT: Computational thinking (CT) and artificial intelligence (AI) are emerging technologies that can personalize learning and prepare students for current challenges. This study examines how an active methodology, based on a competency-based approach, enhances students' knowledge of CT and AI while increasing their motivation in the subjects of Technology and Digitalization, and Biology and Geology, in the third year of Secondary Education (3rd ESO). The study was conducted across both subjects with 119 3rd ESO students. A mixed-methods approach was used. The first phase was quantitative, employing a quasi-experimental design. Initially, students' levels of CT, AI, and Digital Competence were assessed through a pretest. Subsequently, an innovative methodology was implemented in the experimental group, while the control group covered the same content using traditional methods. A post-test was then administered to compare the learning outcomes in CT, AI, and Digital Competence between the two groups. The second phase was qualitative, focusing on content analysis through an ad hoc questionnaire that gathered the opinions of teachers and students involved in the educational experience. The results indicate that students who engaged with AI in both subjects improved their understanding and practical knowledge of CT and AI, demonstrated higher motivation towards learning, and felt capable of designing their own educational resources with appropriate support. Additionally, projects that integrate ICTs transversally promote motivation, learning, and the development of competencies in students.

KEYWORDS: computational thinking, artificial intelligence, secondary school, motivation, academic performance.

Recibido: 31/07/2024

Aceptado: 06/03/2025

EXTENDED ABSTRACT

This study investigates the integration of computational thinking (CT) and artificial intelligence (AI) into the curriculum of 3rd-year secondary education students, focusing on the subjects of Technology and Digitalization, and Biology and Geology. The research aims to evaluate the impact of these emerging technologies on students' academic performance and motivation. A mixed-methods approach was employed, involving 119 students and utilizing a quasi-experimental design. The experimental group engaged with innovative

methodologies incorporating CT and AI, while the control group followed traditional teaching methods. Pre-and post-tests assessed students' knowledge in CT, AI, and digital competence.

Educational innovation, particularly using emerging technologies, is crucial for enhancing learning outcomes and preparing students for future challenges. This study explores how active, competency-based methodologies can improve students' understanding of CT and AI and increase their motivation in secondary education. The research was conducted with 119 students in the 3rd year of ESO (Educación Secundaria Obligatoria) in Spain, across the subjects of Technology and Digitalization, and Biology and Geology.

A mixed-methods approach was used, comprising both quantitative and qualitative phases. The quantitative phase involved a quasi-experimental design with pre- and post-tests to measure students' levels of CT, AI, and digital competence. The experimental group was exposed to an innovative methodology that integrated CT and AI into the curriculum, while the control group followed traditional teaching methods. The quantitative phase employed a quasi-experimental design to evaluate the impact of the innovative methodology on students' knowledge and skills. Initially, students' levels of CT, AI, and digital competence were assessed through a pretest. The experimental group then engaged with an active, competency-based methodology that integrated CT and AI into the curriculum. This approach included hands-on activities, project-based learning, and the use of digital tools such as Scratch and LearningML. The control group, on the other hand, followed traditional teaching methods, focusing on textbook-based instruction and problem-solving exercises. After the intervention, a post-test was administered to both groups to compare their learning outcomes.

The qualitative phase involved content analysis of questionnaires administered to teachers and students. These questionnaires aimed to gather their opinions on the educational experience, including their perceptions of the innovative methodology, its impact on their motivation and learning, and any challenges they encountered. The qualitative data provided valuable insights into the subjective experiences of the participants and complemented the quantitative findings.

The results indicated significant improvements in the experimental group's understanding and practical application of CT and AI. Students in the experimental group demonstrated higher motivation towards learning and felt more capable of designing their own educational resources with appropriate support. The pre- and post-test comparisons revealed that the experimental group showed greater gains in CT, AI, and digital competence compared to the control group.

The analysis of the pre- and post-test results for CT revealed that the experimental group showed a statistically significant improvement in their scores compared to the control group. This suggests that the innovative methodology, which emphasized hands-on activities and project-based learning, effectively enhanced students' computational thinking skills. The experimental group demonstrated a better understanding of key CT concepts, such as algorithmic thinking, problem decomposition, and pattern recognition.

The results for AI knowledge and skills also showed significant improvements in the experimental group. The post-test responses indicated that students in the experimental group had a more precise and nuanced understanding of AI concepts and their applications.

For example, students were able to articulate the definition of AI more accurately and identify its potential risks and benefits. The hands-on activities and projects involving AI tools, such as LearningML, helped students develop practical skills and a deeper understanding of AI.

The analysis of digital competence scores revealed that the experimental group showed a greater increase in their scores compared to the control group. Although the improvement was not statistically significant, the trend suggests that the innovative methodology had a positive impact on students' digital competence. The experimental group demonstrated better skills in using digital tools, collaborating online, and creating digital content.

The qualitative analysis of the questionnaires revealed that both teachers and students had positive perceptions of the innovative methodology. Teachers reported that the cross-curricular approach and the integration of CT and AI enhanced students' engagement and motivation. They also noted that the methodology encouraged collaboration and critical thinking. Students expressed that the hands-on activities and projects made learning more enjoyable and relevant to real-world applications. They appreciated the opportunity to work with digital tools and develop practical skills.

The findings suggest that integrating CT and AI into the curriculum through active, competency-based methodologies can enhance students' academic performance and motivation. The cross-curricular approach, combining Technology and Digitalization with Biology and Geology, provided a comprehensive learning experience that fostered critical thinking, problem-solving, and digital literacy. Teachers reported increased motivation and engagement among students, as well as a deeper understanding of the subject matter.

This study underscores the importance of incorporating emerging technologies like CT and AI into secondary education to prepare students for the demands of the modern world. The positive impact on students' academic performance and motivation highlights the potential of active, competency-based methodologies in fostering a more engaging and effective learning environment. Future research should explore the long-term effects of such interventions and the scalability of these approaches across different educational contexts.

The study highlights the need for teacher training in emerging technologies to ensure the successful implementation of innovative methodologies. Teachers should be equipped with the knowledge and skills to integrate CT and AI into their teaching practices effectively. Additionally, schools should provide the necessary resources and support to facilitate the adoption of these technologies. The findings also suggest that cross-curricular projects can enhance students' learning experiences by making connections between different subjects and promoting a holistic understanding of complex concepts.

Future research should investigate the long-term effects of integrating CT and AI into the curriculum on students' academic performance and motivation. Longitudinal studies could provide insights into how these methodologies impact students' learning outcomes over time. Additionally, research should explore the scalability of these approaches across different educational contexts, including primary education and higher education. Further studies could also examine the impact of teacher training programs on the successful implementation of innovative methodologies.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Innovación educativa, tecnologías emergentes y aprendizaje por competencias

La innovación educativa está relacionada con la mejora y el cambio en educación: generando eficaces modificaciones en el aprendizaje y con resultados que sean transferibles a otros contextos (García-Peñalvo y Ramírez-Montoya, 2017). Ésta se centra en cuatro aspectos: conocimiento, personas, metodología y tecnología, con el fin de generar cambios en los procesos de enseñanza aprendizaje de los centros escolares, en particular desde las metodologías y las herramientas utilizadas. Una de estas herramientas son las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) o Tecnologías Emergentes. Estas tecnologías suponen una mejora considerable en el proceso educativo, proporcionando recursos que antes eran impensables, tanto desde el punto de vista del docente (Flores-Tena et al., 2021; Fombella-Canal, 2018), como del estudiante (Fuentes-Cabrera y Sánchez-Romero, 2021; Martinenco et al., 2021). Las investigaciones realizadas sobre innovaciones educativas que utilizan tecnologías emergentes en el aula evidencian un aumento de la motivación en el alumnado, así como mejoras en su actitud hacia lo educativo y un mejor rendimiento académico (González-Vidal, 2021; Zabala-Vargas et al., 2021).

A esto se añade el enfoque competencial en los procesos de enseñanza aprendizaje propuesto en la actual Ley Orgánica de Educación (2020), LOMLOE, donde las competencias clave son aquellos desempeños imprescindibles para que el alumnado pueda progresar en su formación y afrontar los futuros retos. En el caso concreto de las asignaturas de ciencias, este enfoque ha supuesto una auténtica oportunidad para mejorar la didáctica (Jiménez-Alexandre, 2009; Pro, 2011), permitiendo orientar la enseñanza de las ciencias hacia la innovación y los desafíos del mundo actual. En este estudio se plantea una experiencia que aúna el trabajo de la competencia digital y la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería, así como las de aprender a aprender, y sentido de iniciativa y emprendimiento. El objetivo principal es desarrollar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo por competencias.

1.2 El Pensamiento Computacional y la Inteligencia Artificial: beneficios para el aprendizaje

El PC es actualmente uno de los conceptos pedagógicos más presentes y controvertidos, que puede entenderse como una forma de resolver problemas, diseñar sistemas y entender el comportamiento humano aprovechando el potencial de los ordenadores (Rodríguez-García et al., 2021; Román-González et al., 2017). Su incorporación en el sistema educativo es de gran ayuda para preparar a los estudiantes para enfrentar un mercado laboral cada vez más tecnológico, mejorando sus habilidades de resolución de problemas complejos y aportando soluciones a los

nuevos retos de la sociedad. Las revisiones bibliográficas realizadas indican que España en uno de los países donde más se publica en este tema (Roig-Vila y Moreno-Isac, 2020). Encontramos diferentes experiencias de aplicación de PC en el aula (Avello et al., 2020; Irgens et al., 2020; Noh y Lee, 2020; Saxena et al. 2020), u otras relacionadas con la formación del profesorado en PC (Irgens et al., 2020; Kong et al., 2020). En este sentido, Juškevičienė (2020) afirma que el profesorado no tiene claro cómo llevar a cabo experiencias prácticas en el aula con estas herramientas.

Dentro del PC, la Inteligencia Artificial (IA) es una herramienta básica para trabajarla. Loder y Nicholas (2018, citados en Baker et al., 2019, p. 10) la definen como "ordenadores que realizan tareas cognitivas, normalmente asociadas a las mentes humanas, en particular el aprendizaje y la resolución de problemas" [cita original: "computers that perform cognitive tasks, normally associated with human minds, in particular learning and problem solving"]. La investigación ha señalado una relación clara entre el trabajo en el aula de la IA y el desarrollo del PC (Van Brummelen et al. 2019). El informe Horizon (Becker et al., 2018) afirma que las aplicaciones basadas en IA en el ámbito educativo han crecido en torno a un 45% entre los años 2018-2022 y se prevé un crecimiento exponencial. El citado informe sostiene que su incorporación en el sistema educativo ha sido de gran ayuda para mejorar sus habilidades de resolución de problemas complejos y aportar soluciones a los nuevos retos de la sociedad, preparando a los estudiantes para un mercado laboral cada vez más tecnológico. De igual manera, la UNESCO (2021) en su informe sobre IA insiste en la importancia que esta tiene para un aprendizaje innovador, para la lucha contra las desigualdades sociales que el mundo presenta y una gran herramienta en la consecución de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), a través de nuevos modelos educativos que permitan un aprendizaje personalizado, en cualquier lugar y para todos. La IA se convierte en un elemento clave para entender las necesidades de la competencia digital en la formación de la ciudadanía actual (Vuorikari et al., 2022) al señalar una serie de desafíos que la generalización del uso de la IA provoca, entre los que cabe destacar las cuestiones éticas que su uso conlleva (UNESCO, 2023b).

Las herramientas basadas en IA son una realidad escolar y van ayudando poco a poco en la planificación de recursos (Chatterjee y Bhattacharjee, 2020), o adaptando el contenido para los estudiantes (Villegas et al., 2020; Xiao y Yi, 2020). Encontramos numerosos ejemplos de enseñanza de machine learning en el aula (Marques et al., 2020). Dentro de estos, hay varios ejemplos de la idoneidad de integrar MIT App Inventor con machine learning (Tang, 2019; Zhu, 2019).

Partiendo de lo expuesto, el objetivo del estudio es analizar cómo mejora el PC y los conocimientos en IA del alumnado, cuando se trabaja con una metodología activa y basada en un enfoque competencial, al tiempo que se aumenta la motivación del alumnado en dos materias específicas, como Tecnología y

Digitalización, y Biología y Geología en tercer año de Educación Secundaria. Se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Encontrar si hay una diferencia significativa en el nivel de motivación entre usar una metodología activa en el trabajo de la IA y las TICs, frente al aprendizaje tradicional de contenidos.
2. Analizar el grado y profundidad del conocimiento sobre IA cuando esta se trabaja de manera más competencial y transversal en varias materias, que cuando no se hace.
3. Investigar cómo perciben los estudiantes la IA cuando lo hacen con metodologías más activas y procedimentales, unidas a las TICs en el aprendizaje, en su propio aprendizaje y en el de sus compañeros, frente a metodologías más tradicionales.
4. Analizar las opiniones del profesorado de las asignaturas involucradas sobre los beneficios de plantear diseños transversales de aprendizaje, así como sus percepciones sobre su competencia digital para enfrentar esta innovación.
5. Comprobar el efecto que tiene sobre la competencia digital y la competencia científica del alumnado el aplicar una propuesta didáctica sobre IA basada en metodologías activas y las TICs de manera transversal en dos áreas.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología utilizada es mixta, con una primera parte cuantitativa con un diseño quasi-experimental (pre-post test), donde se aplica en el grupo experimental un trabajo integrado sobre IA y su aplicación práctica en una propuesta de aula para crear un sistema de reconocimiento de rocas y minerales en las asignaturas de Tecnología y Digitalización, y Biología y Geología en 3º de la ESO. De esta forma, en la asignatura de Tecnología y Digitalización se pretende trabajar contenidos relacionados con la IA, mientras que en Biología y Geología es el estudio de las rocas, el conjunto de contenidos sobre los que se estructura la propuesta. El trabajo en el aula se desarrolla en los grupos experimentales con Scratch y LearninML y en los grupos de control con una metodología tradicional centrada en el libro de texto y la resolución de problemas. Esta manera de trabajar se aplica en ambas asignaturas. Antes del experimento y después de terminar la fase de implementación de las propuestas didácticas, se completa el cuestionario para evaluar sus habilidades de PC, la Prueba de Conocimientos sobre IA y la competencia digital. El análisis de las diferencias entre el pre-test y el post-test permite obtener evidencia de las habilidades y el conocimiento adquiridos durante el experimento. Posteriormente, hay una segunda fase cualitativa, en concreto un análisis de contenidos de los

cuestionarios aplicados al profesorado y al alumnado sobre la experiencia desarrollada. Se presenta un resumen de las fases de la investigación.

1. Evaluación del PC, IA y competencia digital del grupo experimental y de control (Pretest).
2. Trabajo en el grupo de control y experimental los contenidos de IA (Metodología tradicional vs metodología innovadora).
3. Post-test: Prueba de evaluación del PC e IA en ambos grupos.
4. Cuestionarios de evaluación del profesorado y alumnado implicado (análisis de contenido).

2.1 Selección de la muestra

El trabajo se ha desarrollado en un centro educativo de Educación Secundaria de Castilla y León. Se han empleado grupos naturales de estudiantes 3º de ESO (muestreo a conveniencia). La muestra está conformada por 119 alumnos, que tienen mayoritariamente 14 años. De ellos, 65 son de sexo masculino y 54 de sexo femenino. La distribución en las aulas se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. *Distribución del alumnado por secciones*

Sexo	Sección A	Sección B	Sección C	Sección D	Total
Masculino	16	15	16	18	65
Femenino	14	16	13	11	54
Totales	30	31	29	29	119

La aplicación didáctica propuesta, basada en el trabajo de IA en las asignaturas de Biología y Geología, y Tecnología y Digitalización se realizará en las 3 primeras secciones, siendo la cuarta sección un grupo control que trabajará la unidad de Biología y Geología mediante una metodología más tradicional y no mediada con el uso de las TICs. Los docentes participantes en este caso son dos: uno de la asignatura de Tecnología y Digitalización y otro de la asignatura de Biología y Geología, ambos dan clase a todos los grupos.

2.2 Diseño de la aplicación didáctica: IDENTI-ROCK

El objetivo de esta propuesta didáctica es el diseño de una aplicación programada por los propios alumnos utilizando la herramienta de la IA, que sea capaz de reconocer rocas y minerales. La idea es que la propuesta didáctica no solo ayude a

desarrollar dimensiones específicas del PC, sino también provocar los aprendizajes en los contenidos propios del currículo de las áreas correspondientes. Los objetivos específicos que se plantean con los alumnos:

1. Trabajar la competencia matemática y de ciencia, tecnología e ingeniería; y la competencia digital a través de la creación de una herramienta a través de IA.
2. Comprender el concepto de IA y reflexionar sobre cómo puede afectar a la sociedad en general.
3. Promover el uso crítico de las tecnologías a través del aprendizaje basado en proyectos.
4. Potenciar el aprendizaje competencial y la interrelación de contenidos desde una propuesta transversal de Biología y Geología y Tecnología y Digitalización, utilizando la IA.

Se promueve que los alumnos sean capaces de diseñar e implementar una aplicación de IA, que les ayude a interiorizar las características de estos sistemas, sus problemas y posibilidades, pero también los riesgos que presentan a la hora de su utilización. La intención final, no es que sean expertos en IA, sino que sepan analizar de manera crítica su uso y que puedan reconocer los campos en los que se utiliza actualmente y en los que, potencialmente puede serlo (UNESCO, 2023a).

El reto de identificar de manera visual diferentes rocas y minerales se presenta como una tarea compleja para los alumnos que requiere tiempo de entrenamiento y que de manera habitual les resulta ardua y difícil. Esta dificultad es la que se pretende soslayar con el desarrollo de la aplicación. Para ello deben usar una aplicación de IA, LearingML, que permite el reconocimiento de imágenes y Scratch como lenguaje de programación.

Scratch es un lenguaje de programación visual y por bloques que permite de una manera sencilla la creación de videojuegos, historias interactivas y animaciones. Es especialmente indicado para iniciarse en el mundo de la programación y desarrollar habilidades relacionadas con el PC. Los alumnos han trabajado en cursos previos con Scratch y por tanto están familiarizados con su uso.

LearningML es una iniciativa que nace en 2019 y busca acercar la realidad del “machine learning” al mundo educativo, al tiempo que pretende ser una plataforma que pueda integrarse fácilmente con lenguajes de programación pensados para la educación y de esta forma que permita el desarrollo de aplicaciones más complejas y que integren este tipo de IA.

En cuanto a la organización de la puesta en práctica, se realizaron distintas reuniones entre el profesorado implicado para ver los contenidos a trabajar, tanto del área de Biología y Geología, como de Tecnología y Digitalización, y en particular

los relacionados con la IA. Se realizó un trabajo coordinado y conjunto entre ambas áreas durante las sesiones que duró la aplicación de la propuesta. Las sesiones se sucedieron sin diferenciar entre clases de una o de otra asignatura.

A la hora de trabajar en el aula, los agrupamientos serán diversos, de esta manera las actividades 1, 2 y 3 (tabla 2) se realizarán de forma individual, mientras que el desarrollo del proyecto se realiza usando programación en parejas (Revelo-Sánchez et al., 2018). Las fases y actividades en las que se vertebra la propuesta son las siguientes:

Tabla 2. *Fases del proyecto de “IDENTI_rock”*

Fase Inicial
<p>Actividad 1: Activación de conocimientos previos</p> <p>Los estudiantes activarán sus conocimientos previos sobre el aprendizaje automático en esta actividad examinando las funciones de las aplicaciones con las que están familiarizados, aunque probablemente no hayan considerado cómo funcionan esas aplicaciones.</p>
Fase de profundización
<p>Actividad 2: Entrenar un modelo de aprendizaje automático en LearningML.</p> <p>Una actividad altamente dirigida que ayuda a los estudiantes a familiarizarse con las herramientas informáticas que se utilizarán. Además, se profundizará en el concepto de IA y sus diferentes tipos, como puede ser el aprendizaje automático.</p> <p>Actividad 3: Sesgos del modelo</p> <p>Los estudiantes discutirán en esta actividad cómo el muestreo y la evaluación de datos para el entrenamiento pueden afectar el resultado de un modelo de aprendizaje automático.</p>
Fase de desarrollo de actividades
<p>Actividad 4: Programación con aprendizaje automático</p> <p>El alumnado pondrá en práctica la programación en grupo como elemento de síntesis para completar un proyecto LearningML. En este proyecto, entrenarán e integrarán un modelo de aprendizaje automático en Scratch.</p> <p>Actividad 5: Reflexión final</p> <p>Los estudiantes deben discutir sobre esta actividad para reflexionar sobre su aprendizaje y considerar el impacto social del uso de la IA en aplicaciones de la vida diaria.</p>

2.3 Instrumentos de recogida de datos

La metodología utilizada es mixta: en una primera fase cuantitativa, a través de un diseño cuasiexperimental, se realiza una evaluación pre-test – post-test para medir el PC, la IA y la competencia digital. Luego, en una segunda fase cualitativa donde se administraron dos cuestionarios ad hoc de evaluación con preguntas abiertas para conocer el grado de satisfacción del profesorado implicado y del alumnado que había participado en la situación experimental. Se enumeran a continuación los instrumentos utilizados en la recogida de datos:

1. El Test de Pensamiento Computacional (TPC) (Román-González, 2015), permite medir el desarrollo del PC, es especialmente diseñado para sujetos entre 12 y 14 años. Es una prueba de 28 ítems de longitud en la que cada ítem viene caracterizado por la combinación de cinco dimensiones: concepto computacional, entorno, estilo de respuesta, anidamiento de los conceptos computacionales y tarea solicitada.

2. Prueba de conocimientos sobre IA (Estévez et al., 2019). Está compuesta por un total de 6 preguntas, dos de estas abiertas donde se consulta acerca de qué es la IA y sus riesgos, y las otras cuatro formuladas para ser respondidas por una escala Likert con 5 repuestas (de acuerdo, en desacuerdo).

3. Cuestionario de competencia digital del alumnado ECODIES V2 (Hernández-Martín e Iglesias-Rodríguez, 2020), permite valorar la competencia digital por medio de 40 ítems. Esta prueba se estructura según la propuesta de la Comisión Europea DigComp 2.1 (Carretero et al., 2017) y se organiza en 5 áreas (Información y alfabetización informacional, Comunicación y colaboración, Creación de contenidos digitales, Seguridad y Resolución de problema) 4 niveles (básico, intermedio, avanzado, altamente especializado) y 3 ámbitos (conocimiento, habilidades y actitudes). Si bien ya se ha publicado por la Comisión Europea la propuesta DigComp 2.2 (Vuorikari et al., 2022), aún no se ha actualizado a los nuevos elementos esta prueba ECODIES.

4. Cuestionarios ad hoc para docentes: forma parte de la evaluación cualitativa, el objetivo es conocer su opinión y valoración sobre la propuesta didáctica aplicada de manera transversal frente al aprendizaje tradicional del grupo de control. Las preguntas realizadas aparecen en la tabla 3.

5. Cuestionario al alumnado del grupo experimental: forma parte de la evaluación cualitativa, el objetivo es conocer su opinión sobre la experiencia didáctica de IA en la que han participado. Se adjuntan las preguntas a continuación resumidas en la Tabla 4.

Tabla 3. *Cuestionario ad hoc para docentes*

1.	Antes de la participación en la experiencia, ¿conocías el potencial pedagógico de la IA para abordar el aprendizaje didáctico y el desarrollo de las competencias clave en el alumnado?
2.	¿Cómo valoras la participación en la presente experiencia: ¿dificultad, utilidad para el aprendizaje, fortalezas y debilidades del proyecto?
3.	¿Cómo afecta al aprendizaje de los alumnos?
4.	¿Te gustaría utilizar la IA en el futuro en tu asignatura?
5.	¿Qué requerías para hacerlo: formación, acompañamiento, trabajo en grupo?

Tabla 4. *Cuestionario ad hoc para alumnado del grupo experimental*

1.	Antes de la participación en la experiencia, ¿habías participado en algún proyecto de IA o PC?
2.	¿Qué te ha parecido el proyecto? Destaca las cosas positivas y las cosas a mejorar.
3.	¿Cómo ha sido tu aprendizaje? ¿En qué cosas ha cambiado?
4.	¿Te gustaría utilizar la IA en otras asignaturas?

3. RESULTADOS

Una vez obtenidos los datos de la investigación en los diversos momentos se procedió a su análisis utilizando el software estadístico SPSS.

3.1 Análisis de los resultados de la prueba sobre PC

Para analizar la prueba sobre PC (TPC, Román-González, 2015) se utilizó como indicador el Alfa de Cronbach (Brown, 2002) que, aplicado al pre-test y al post-test, nos permite comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos. Como puede apreciarse en la tabla 5, los valores obtenidos están por encima de 0.7 que es el límite que la bibliografía marca como adecuado para asegurarse la fiabilidad (Oviedo y Campo-Arias, 2005).

Tabla 5. *Resultados de la Alfa de Cronbach para Prueba sobre PC*

	Valores Pre-test	Valores Post-test
Grupo control	0.81	0.75
Grupo experimental	0.89	0.91

Este mismo indicador se utilizó a la hora de analizar la Prueba de conocimientos sobre IA (Estévez et al., 2019), obteniéndose valores de .72-.75 y .77-.76 para los grupos control y experimental respectivamente. Para facilitar la comprensión de los datos, se procederá a su presentación agrupándolos a partir de la herramienta utilizada para su obtención.

Así, los resultados que se obtienen en este test se presentan para ambos grupos, control y experimental, antes y después de haber tratado los contenidos relacionados con IA. Los valores obtenidos fueron los que se muestran en la tabla 6. Cabe destacar que hay una diferencia estadísticamente significativa ($p = .01 < .05$) aunque de poca intensidad, en el sentido de mejorar los resultados obtenidos en el post-test respecto al pre-test. Es interesante también observar las diferencias que aparecen entre chicos y chicas al realizar el análisis de las puntuaciones obtenidas, porque los resultados conseguidos por las chicas son significativamente inferiores a los de los chicos en todas las situaciones del experimento, aunque cabe resaltar que la mejora en las puntuaciones del post-test es de una intensidad mayor en las chicas que en los chicos (tabla 7). Este análisis por sexos sólo se ha hecho para el grupo experimental ya que el grupo control tiene un número muy reducido de sujetos, con lo que las posibles diferencias que nos encontremos no son significativas.

Tabla 6. Resultados Test PC (Puntuaciones media, máxima y mínima)

	Pre-test			Post-test		
	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima
Grupo control	18.67	30	6.75	21.16	30	7.89
Grupo experimental	18.71	30	7.01	21.09	30	7.85

Tabla 7. Comparativas de las medias por sexos (Test PC)

	Media en Pre-test		Media en Post-test	
	Chicas	Chicos	Chicas	Chicos
Grupo experimental	16.65	19.35	20.73	22.25

3.2 Análisis de los resultados de la prueba sobre IA

Con la prueba de IA propuesta por Estévez et al. (2019) se valora el grado de aprendizaje que han tenido los alumnos sobre IA después de la experiencia didáctica. Los resultados permiten ver diferencias en los contenidos de las respuestas a preguntas abiertas entre el pre-test y el post-test. En la Pregunta 1, se les preguntaba “qué es la IA”, en el pre-test las respuestas explican a la IA como aquella que se

refiere a la inteligencia de las máquinas y los robots, y en el post-test las respuestas son más precisas, del tipo a la “IA es un conjunto de algoritmos para aprender”. Así, en la pregunta 6, se consultaba acerca de “los peligros de la IA”, en el pre-test los alumnos detallan de la preocupación por el sometimiento a los robots y a las máquinas. Mientras que en la fase posterior esa percepción del peligro se redujo, orientándose las respuestas a los problemas relacionadas con el impacto de la IA en lo privado y la seguridad personal. Las preguntas 2, 3, 4 y 5 de carácter cuantitativo, se respondían a través de una escala Likert de 5 puntos. Estas preguntas y sus porcentajes de respuesta se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de la prueba sobre Inteligencia Artificial

Preguntas de la prueba IA (Estévez et al., 2019)	Pre-test		Post-test	
	PA (%)	CD (%)	PA (%)	CD (%)
2-El nivel de conocimientos técnicos necesario para entender la IA es demasiado elevado para la mayoría de la población.	50	17	15	73
3-Si un algoritmo puede predecir el resultado de un partido de fútbol, es muy probable que pueda predecir el inicio de la 3ª Guerra Mundial.	14	72	42	29
4-En menos de 10 años, se desarrollará una IA tipo Terminator que amenazará a la Humanidad.	62	34	19	62
5-Como usuario, la regulación legal de los dispositivos que utilizan IA afectará a mi vida.	62	4	85	7

PA: Parcialmente de Acuerdo; CD: Completamente en Desacuerdo. Las respuestas indiferentes fueron descartadas.

Se puede concluir que el trabajo sobre la IA de una manera procedimental y aplicada ha ayudado a los alumnos a profundizar en el conocimiento de la IA de una manera más profunda y a entender el impacto que puede tener sobre sus vidas, y a ser más realistas y conscientes de lo que la IA es, y sobre todo de lo que no es, o de falsos mitos.

3.3 Análisis de los resultados de la prueba de competencia digital del alumnado

Con la prueba ECODIES puede estimarse la competencia digital global de la población adolescente y también en las diferentes áreas en las que se estructura la misma. Sin embargo, nuestro análisis sólo se ha centrado en la competencia digital global, dados los objetivos y naturaleza de nuestro estudio. El resultado de las puntuaciones se presenta sobre la base de 100 puntos como máximo posible. De esta manera, los resultados obtenidos son los que se reflejan en la tabla 9.

Tabla 9. *Resultados competencia digital (ECODIES)*

		Media	Máximo	Mínimo	D. T.
Pre-test	Control	65.30	91.03	28.92	11.86
	Experimental	63.20	90.7	30.12	13.14
Post-test	Control	66.01	92.30	28.92	13.35
	Experimental	66.12	91.72	30.56	12.56

D.T.: Desviación Típica

Se debe hacer una serie de observaciones a la hora de poder interpretar adecuadamente los resultados. La primera es que la intervención realizada tiene una duración relativamente breve, por lo que su efecto sobre la competencia digital difícilmente puede ser muy intensa. La segunda cuestión es que la competencia digital del alumnado se construye a través de múltiples intervenciones en áreas diferentes, pero también en cualquier otro momento extraescolar, por lo que es poco riguroso creer que la mejora en la competencia digital es debida a los efectos de la intervención.

Con estas premisas, se destaca una media de partida bastante elevada, que aumenta, aunque de manera no significativa en la prueba post-test. Esa mejora en la media de la competencia digital es superior en el grupo experimental que en el grupo control.

3.4 Análisis de los resultados de los cuestionarios del alumnado y el profesorado

3.4.1 Análisis de los resultados de los cuestionarios del profesorado

El análisis de los cuestionarios nos ofrece los dos puntos de vista, el del docente de Tecnología y Digitalización (TD) que posee una mayor formación y competencia digital, frente al docente de Biología y Geología (BG) para quien esta era su primera experiencia en TICs. El profesorado recoge la importancia que tienen las TICs como fuente de recursos educativos para la docencia. Además, del tratamiento para la individualización y el tratamiento de la diversidad de las clases. Insisten, además, en la oportunidad que supone para la innovación y para salir del trabajo repetitivo y generar un trabajo creativo en el alumnado.

Sobre el impacto del proyecto de aprendizaje en los alumnos, los profesores implicados señalan el aumento de la motivación y del rendimiento en el alumnado, pero también la motivación para el profesorado:

Profesor BG: Me ha parecido una pasada... Fíjate, el tema de los minerales siempre es de los que más difíciles les resulta a los alumnos, porque lo ven muy arduo y lejano de sus vidas. He comprobado que se han divertido y

que ha sido enormemente motivador en el grupo experimental. Creo, además, que el aprendizaje de los alumnos ha sido mucho más profundo, porque ven la aplicabilidad y la conexión entre las asignaturas.

Profesor TD: Pues me ha gustado mucho, por dos cosas, la primera porque creo que los alumnos han visto la aplicabilidad de las herramientas que trabajamos y la segunda, por la colaboración con otros profes, porque ven de manera clara la importancia que tienen las TICS y lo motivadores que pueden resultar en el aula.

No obstante, se señalan también aspectos a mejorar, el primero como es obvio, la importancia de la planificación del trabajo conjunto y, en segundo lugar, la mejora de la competencia digital docente, sobre todo en el profesor del área de Biología y Geología:

Profesor TD: Me ha gustado mucho. Exige mucha planificación conjunta entre ambos profesores y tener claro cómo se utilizan las herramientas y cuáles son los objetivos. En mi caso como profesor de Biología, no tenía ni idea de la herramienta, pero me ha servido para formarme en cosas superactuales, como es la IA.

Profesor BG: Entre las cosas a mejorar, pues yo sobre todo necesito formación en TIC, porque no tengo ni idea, el otro profesor me ha tenido que ayudar en todo....

Sobre la aplicabilidad del proyecto y del trabajo conjunto entre asignaturas, se insiste en cómo esta transversalidad mejora el aprendizaje competencial y la capacidad de aprender a aprender:

Profesor de TD: Creo que sería de gran utilidad. El trabajo interdisciplinar en una asignatura pendiente en la enseñanza en general. Creo la transversalidad ayuda mucho a que los chicos vean la unión haces entre los contenidos y en definitiva, al aprendizaje competencial y sobre todo a “aprender a aprender”.

Profesor de BG: Pues fíjate, yo he visto claro la importancia que tiene esto para el desarrollo de la competencia científica. Y claro, vinculado también a la competencia digital.

3.4.2. Análisis de los cuestionarios del alumnado del grupo experimental

En cuanto a las respuestas de los alumnos que han participado en la experiencia conjunta de BG y TD, todos ellos señalan el carácter motivador del proyecto y cómo les ha ayudado a entender mejor en qué consiste la IA:

Cuestionario 71. Me ha encantado hacer un programa de IA. La verdad es que no entendía muy bien lo que esto de la IA... Pero la verdad es que es superútil y puedes hacer muchas cosas con ellas... También me ha parecido más fácil entender lo de los minerales, que la verdad siempre me ha parecido muy rollo.

Cuestionario 2. Ha estado guay... Hemos trabajado lo de la IA que está muy bien, yo conocía lo del CHATGPT... Pero es que tiene muchas aplicaciones en la vida normal... Yo creo que va a estar en todo.

En cuanto al trabajo conjunto con otras asignaturas, los alumnos señalan un mayor grado de aprendizaje y una mayor motivación:

Cuestionario 5. Pues me ha gustado un montón.... A mí me gustaría trabajar el resto de las asignaturas así, porque me parece que es más práctico y lo entiendo. Mejor.

En resumen, tanto el profesorado implicado como el alumnado reconocen una mayor motivación cuando se trabaja la IA de manera conjunta y aplicada en las asignaturas de BG, y TD, así como una mejor comprensión de la IA y su aplicación en la realidad.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La experiencia didáctica presentada en este estudio representa un avance en la innovación educativa, integrando conocimiento, personas, metodologías y tecnologías. Esto ha mejorado la cultura profesional docente, conforme a lo señalado por Coll-Salvador et al. (2023), que subraya la necesidad de que las tecnologías en la educación añadan valor práctico y mejoren los procesos educativos. Los resultados del estudio demuestran que:

- (1) La propuesta didáctica implementada en dos asignaturas mejoró las puntuaciones del grupo experimental en pensamiento crítico (PC), inteligencia artificial (IA) y competencia digital. Los estudiantes indicaron haber profundizado en su conocimiento crítico sobre la IA y la importancia de la colaboración para resolver problemas complejos e innovadores. Este tipo de experiencias fomenta un pensamiento más profundo en los alumnos, como apuntan Polanco et al. (2021). La inclusión de la IA permitió enfrentar problemas reales, mostrando que la motivación implícita en estas situaciones reales contribuye a un aprendizaje más significativo y competencial, confirmado por estudios previos (Ayuso del Puerto y Gutiérrez-Esteban, 2022; Flores-Rueda y Sánchez-Macías, 2021).
- (2) El profesorado observó que la IA facilita la personalización del aprendizaje, promoviendo la educación inclusiva y equitativa, en consonancia con las

recomendaciones de la UNESCO (2021) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (2023). Tanto estudiantes como docentes reconocen que la experiencia cambió su percepción de la IA, viéndola como una oportunidad en lugar de una amenaza, y desarrolló habilidades de emprendimiento en los estudiantes, esenciales en la sociedad actual (Sanabria y Cepeda, 2016; Palau et al., 2024).

- (3) Esta investigación demuestra que el uso de herramientas de IA en la educación enriquece los procesos de enseñanza-aprendizaje, empoderando tanto a alumnos como a profesores y preparándolos para futuros desafíos. Es necesario expandir estas investigaciones a otras etapas educativas y asignaturas para asegurar un acceso equitativo a todos. Además, se resalta la necesidad de capacitar a los docentes, tanto en formación inicial como en servicio, para el uso eficaz de la IA, a través de acompañamiento pedagógico (Meneses y Fernández, 2020; Padilla et al., 2020).

En resumen, la IA presenta un gran desafío en muchos aspectos, incluida la educación. Su conocimiento en contextos reales, como se presenta en este estudio, permite una aproximación crítica y reflexiva a su uso, contribuyendo a una comprensión más profunda y a la desmitificación de su realidad (UNESCO, 2023a). Asimismo, evidencia la importancia de realizar experiencias transversales en el aula con el desarrollo y aplicación de innovaciones educativas basadas en la IA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avello, R., Lavonen, J., y Zapata-Ros, M. (2020). Coding and educational robotics and their relationship with computational and creative thinking. A compressive review. [Codificación y robótica educativa y su relación con el pensamiento computacional y creativo. Una revisión compresiva]. *Revista de Educación a Distancia*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.413021>
- Ayuso del Puerto, D., y Gutiérrez-Esteban, P. (2022). La Inteligencia Artificial como recurso educativo durante la formación inicial del profesorado. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2), 347–362. <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.32332>
- Baker, T., Smith, L. y Anissa, N. (2019). *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. ¿Se reinicia la Educ-AI-ción? Explorando el futuro de la inteligencia artificial en colegios e institutos*. Nesta Foundation. https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf
- Becker, S., Brown, M., Dahlstrom, E., Davis, A., DePaul, K., Diaz, V., y Pomerantz, J. (2018). *NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition*. [Informe Horizon del NMC: Edición de Educación Superior 2018]. CO: EDUCAUSE.

- Brown, J. D. (2002). The Cronbach alpha reliability estimate. *JALT Testing y Evaluation SIG Newsletter*, 6(1).
- Carretero, S., Vuorikari, R., y Punie, Y. (2017). DigComp 2.1. The digital competence framework for citizens. [DigComp 2.1. El marco de competencias digitales para los ciudadanos]. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2760/38842>
- Chatterjee, S., y Bhattacharjee, K. K. (2020). Adoption of artificial intelligence in higher education: A quantitative analysis using structural equation modelling. [Adopción de la inteligencia artificial en la enseñanza superior: Un análisis cuantitativo mediante modelos de ecuaciones estructurales]. *Education and Information Technologies*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10159-7>
- Coll Salvador, C., Díaz Barriga Arcedo, F., Engel Rocamora, A., y Salina Ibáñez, J. (2023). Evidencias de aprendizaje en prácticas educativas mediadas por tecnologías digitales. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(2), 9-25. <https://doi.org/10.5944/ried.26.2.37293>
- Estevez, J., Garate, G., y Grana, M. (2019). Gentle introduction to artificial intelligence for high-school students using scratch. [Suave introducción a la inteligencia artificial para estudiantes de secundaria utilizando scratch]. *IEEE Access*, 7, 179027-179036
- Flores-Rueda, I. C., y Sánchez-Macías, A. (2021). Percepción y actitud hacia las TIC en estudiantes universitarias. *Atenas*, 4(56), 1-18.
- Flores-Tena, M. J., Ortega-Navas, M. C., y Sousa-Reis, C. (2021). El uso de las TIC digitales por parte del personal docente y su adecuación a los modelos vigentes. *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 1-21. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194165972016>
- Fombella-Canal, J., (2018). Ventajas y amenazas del uso de las TIC en el ámbito educativo. *Debates & Prácticas en Educación*, 3(2),30-46.
- Fuentes-Cabrera, M. J., y Sánchez-Romero, C. (2021). Análisis de las ventajas sociales y educativas de las TIC para el niño enfermo. *Revista de Educación Inclusiva, Monográfico Aulas Hospitalarias*, 59-75.
- García-Peñalvo, F. J., y Ramírez-Montoya, M. S. (2017). Aprendizaje, Innovación y Competitividad: La Sociedad del Aprendizaje. *Revista de Educación*, (52)1. <http://doi.org/10.6018/red/52/1>
- González-Vidal, I. M. (2021). Influencia de las TIC en el rendimiento escolar de estudiantes vulnerables. *RIED- Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 351-365. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27960>

- Halpern, D., Piña, M., y Ortega-Gunckel, C., (2021). Mediación parental y escolar: uso de tecnologías para potenciar el rendimiento escolar. *Educación XX1*, 24(2), 257-282.
- Hernández-Martín, A., y Iglesias-Rodríguez, A. (2020). *Evaluación de las competencias digitales de estudiantes de educación obligatoria: Diseño, validación y presentación de la prueba Ecodies*. Ediciones Octaedro.
- Irgens, G. A., Dabholkar, S., Bain, C., Woods, P., Hall, K., Swanson, H., Horn, M., y Wilensky, U. (2020). Modeling and Measuring High School Students' Computational Thinking Practices in Science. [Modelización y medición de las prácticas de pensamiento computacional en ciencias de los estudiantes de secundaria]. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1). <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09811-1>
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2009). Competencia científica: poner en práctica los saberes de ciencias. Presentación del monográfico sobre competencia científica. *Aula de Innovación Educativa*, 186, 6.
- Juškevičienė, A. (2020). STEAM Teacher for a Day: A Case Study of Teachers' Perspectives on Computational Thinking. [Profesor STEAM por un día: Un estudio de casos sobre las perspectivas de los profesores acerca del pensamiento computacional]. *Informatics in Education*, 73, 1-6. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.73.1845>
- Kong, S. C., Lai, M., y Sun, D. (2020). Teacher development in computational thinking: Design and learning outcomes of programming concepts, practices, and pedagogy. [Desarrollo del profesorado en pensamiento computacional: Diseño y resultados de aprendizaje de conceptos, prácticas y pedagogía de la programación]. *Computers & education*, 103872. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103872>
- León, G. C., y Viña, S. M. (2017). La inteligencia artificial en la educación superior. Oportunidades y Amenazas. *INNOVA Research Journal*, 2(8), 412-422. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.399>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868 a 122953.
- Martínez-Pérez, S., y Fernández-Robles, B. (2018). Objetos de Realidad Aumentada: Percepciones del alumnado de pedagogía. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 53, 207-220. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i53.14>
- Marques, L. S., Gresse von Wangenheim, C., y Hauck, J. C. (2020). Teaching machine learning in school: A systematic mapping of the state of the art. [Enseñanza del aprendizaje automático en la escuela: Un mapeo sistemático del estado del arte]. *Informatics in Education*, 19(2), 283-321.

- Martinenco, R. M., Martín, R. B., y Romano, L. G. (2021). Ecologías de aprendizaje en educación secundaria: TIC y aprendizaje informal. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, (18), 77-97.
- Meneses, E. L., y Fernández, J. (2020). Tecnologías de la información y la comunicación y diversidad funcional: conocimiento y formación del profesorado de Navarra. *IJERI: Revista internacional de investigación e innovación educativas*, (14), 59-75. <https://doi.org/10.46661/ijeri.4407>
- Mubasher, M., y Mirza, T. (2021). The Digital Literacy in Teachers of the Schools of Rajouri (J&K)-India: Teachers Perspective. [La Alfabetización Digital en los Profesores de las Escuelas de Rajouri (J&K)-India: Perspectiva de los profesores]. *International Journal of Education and Management Engineering (IJEME)*, 1, 28-40. <https://doi.org/10.5815/ijeme.2021.01.0>
- Naciones Unidas (2023). Objetivos del desarrollo sostenible. La Agenda para el desarrollo sostenible. *Naciones Unidas*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Noh, J., y Lee, J. (2020). Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students. [Efectos de la programación robótica en el pensamiento computacional y la creatividad de alumnos de primaria]. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 463-484. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09708-w>
- Oviedo, H. C., y Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(4), 572-580.
- Padilla, A. L., Gámiz, V., y Romero, M. A. (2020). Evolución de la competencia digital docente del profesorado universitario: incidentes críticos a partir de relatos de vida. *Educación*, 56(1), 109-27. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1088>
- Palau, R., Fretes, G. y Santiago-Campión, R. (2024) Propuesta para la implementación de la competencia digital docente (CDD): la visión de los docentes. *Contextos Educativos*, 33, 177-192. <https://doi.org/10.18172/con.5680>
- Polanco-Padrón, N., Ferrer-Planchart, S., y Fernández-Reina, M. (2021). Aproximación a una definición de pensamiento computacional. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 55-76. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27419>
- Pro, A. (2011). Conocimiento científico, ciencia escolar y enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. En Caamaño, A. (coord.). *Didáctica de la Física y la Química*, p13-33. Graó-Me.
- Revelo-Sánchez, O., Collazos-Ordóñez, C. A., y Jiménez-Toledo, J. A. (2018). El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de

la programación: una revisión sistemática de literatura. *Tecnológicas*, 21(41), 115-134.

Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M., y Robles, G. (2021). *Evaluation of an online intervention to teach artificial intelligence with learning ML to 10-16-year-old students*. SIGCSE'21: Proceedings of the 52nd ACM technical symposium on computer science education, Virtual Event, 177–183. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432393>

Román-González, M. (6-8 de julio, 2015). *Computational Thinking Test: Design Guidelines and Content Validation*. [Test de pensamiento computacional: Directrices de diseño y validación del contenido]. [Presentación en Conferencia] Proceedings of the 7th annual International Conference on Education and New Learning Technologies EDULEARN 2015. Barcelona, España. <http://library.iated.org/view/ROMANGONZALEZ2015COM>

Roig-Vila, R., y Moreno-Isac, V. (2020). El PC en educación. Análisis bibliométrico y temático. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 63, 1-24. <http://doi.org/10.6018/red.402621>

Sanabria, A. L., y Cepeda, O. (2016). La educación para la competencia digital en los centros escolares: la ciudadanía digital. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 15(2), 95-112. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.15.2.95>

Saxena, A., Lo, C. K., Hew, K. F., y Wong, G. K. W. (2020). Designing Unplugged and Plugged Activities to Cultivate Computational Thinking: An Exploratory Study in Early Childhood Education. [Diseño de actividades conectadas y desconectadas para cultivar el pensamiento computacional: Un estudio exploratorio en educación infantil]. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 55-66. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00478-w>

Tang, D. (2019). *Empowering novices to understand and use machine learning with personalize image classification models, intuitive analysis tools, and MIT App Inventor*. [Capacitar a los principiantes para comprender y utilizar el aprendizaje automático con modelos de clasificación de imágenes personalizados, herramientas de análisis intuitivas y MIT App Inventor.]. [Thesis M. Engineering], Massachusetts Institute of Technology.

UNESCO (2021). *El aporte de la IA y las TIC avanzadas a las sociedades del conocimiento. Una perspectiva de Derechos, Apertura, Acceso y Múltiples actores*. Serie de la UNESCO sobre la libertad en Internet. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375796>

UNESCO (2023a) *International forum on AI and education Steering AI to empower teachers and transform teaching, 5-6 December 2022*. [Foro internacional sobre IA y educación Dirigir la IA para capacitar a los profesores y transformar la

- enseñanza, 5 y 6 de diciembre de 2022]. Educación 2030. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386162>
- UNESCO (2023b) *Guidance for generative AI in education and research*. [Orientaciones para la IA generativa en la educación y la investigación]. Educación 2030. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- Van Brummelen, J., Shen, J. H. y Patton, E. W. (2019, June). *The popstar, the poet, and the grinch: Relating artificial intelligence to the computational thinking framework with block-based coding*. [La estrella del pop, el poeta y el grinch: relacionar la inteligencia artificial con el marco del pensamiento computacional mediante la codificación por bloques]. In Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education, 3, 160-161.
- Villegas, W., Arias, A., y Palacios, X. (2020). Proposal of an Architecture for the Integration of a Chatbot with Artificial Intelligence in a Smart Campus for the Improvement of Learning. [Propuesta de una Arquitectura para la Integración de un Chatbot con Inteligencia Artificial en un Smart Campus para la Mejora del Aprendizaje]. *Sustainability*, 12(4), 1500. <https://doi.org/10.3390/su12041500>
- Vuorikari, R., Kluzer, S. y Punie, Y., (2022) DigComp 2.2: *The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge, skills and attitudes*. [El Marco de Competencia Digital para los Ciudadanos - Con nuevos ejemplos de conocimientos, capacidades y actitudes]. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/490274>, JRC128415
- Xiao, M., y Yi, H. (2020). Building an efficient artificial intelligence model for personalized training in colleges and universities. [Construcción de un modelo eficaz de inteligencia artificial para la formación personalizada en institutos y universidades]. *Computer Applications in Engineering Education*. <https://doi.org/10.1002/cae.22235>
- Zabala-Vargas, S. A., García-Mora, L. H., Arciniegas-Hernandez, E., Reina-Medrano, J. I., de Benito-Crosetti, B., y Darder-Mésquida, A. (2021). Strengthening Motivation in the Mathematical Engineering Teaching Processes – A Proposal from Gamification and Game-Based Learning. [Reforzar la motivación en los procesos de enseñanza de la Ingeniería Matemática - Una propuesta desde la Gamificación y el Aprendizaje Basado en Juegos]. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 16(06), 4–19. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i06.16163>
- Zhu, K. (2019). *An educational approach to machine learning with mobile applications*. [Un enfoque educativo del aprendizaje automático con aplicaciones móviles]. [Thesis Master Engineering], Massachusetts Institute of Technology. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/122989>