



UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA Y ORGANIZACIÓN ESCOLAR

TESIS DOCTORAL

**INTEGRACIÓN DE LOS ELEMENTOS BÁSICOS
DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL
PARA LA FORMACIÓN INICIAL DE MAESTROS**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

AUTORA:

NATALIA MORENO PALMA

DIRECTORES:

DR. FRANCISCO JAVIER HINOJO LUCENA

DR. JOSÉ MARÍA ROMERO RODRÍGUEZ

Granada, 2025

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Natalia Moreno Palma
ISBN: 978-84-1195-785-4
URI: <https://hdl.handle.net/10481/103723>

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis.

A mis padres, Antonio y Auxiliadora quienes con su amor incondicional, sabiduría y apoyo constante han sido una gran inspiración para mí. Su ejemplo de dedicación y esfuerzo me ha enseñado a perseverar ante los desafíos. Sin su guía y confianza en mí, este logro no habría sido posible. Gracias por creer en mí.

A mi familia en general, por ser ese refugio de cariño y comprensión que me sostiene en todo momento. Su apoyo ha sido invaluable en este camino.

A mis amigos, por su amistad sincera y por estar siempre a mi lado, compartiendo alegrías y brindándome ánimo en los momentos más difíciles. Su presencia ha hecho de este viaje uno más llevadero y lleno de gratos recuerdos.

A mis compañeros del grupo de investigación (grupo AREA), por proporcionarme un entorno enriquecedor y colaborativo que ha fomentado mi crecimiento académico y personal. Su compromiso y pasión por el conocimiento han sido una fuente de inspiración.

A mis directores, por su guía y dedicación a lo largo de este proyecto. En especial a José María, cuya paciencia, consejos y apoyo han sido importantes para la culminación de esta tesis.

Y sobre todo, a mi novio Andrés, por ser mi compañero en esta aventura. Su amor, comprensión y motivación inagotable me han impulsado a superar cada obstáculo. Gracias por estar a mi lado en cada paso, por celebrar mis logros y por levantarme en los momentos de duda. Tu presencia en mi vida es un regalo que valoro más de lo que las palabras pueden expresar.

Gracias a todos por ser parte de esta importante etapa de mi vida y por compartir conmigo este sueño hecho realidad.

Resumen

La presente tesis doctoral se centró en analizar el desarrollo del pensamiento computacional (PC) desenchufado en la formación inicial de maestros, empleando metodologías de aprendizaje basado en problemas. El objetivo principal fue explorar cómo las actividades desenchufadas pueden fomentar habilidades de PC sin la necesidad de utilizar tecnologías digitales, destacando su relevancia en contextos educativos diversos y accesibles.

El marco teórico de la investigación abordó los antecedentes y la evolución del concepto de PC, así como las metodologías educativas que permiten su integración efectiva en los currículos. Se hizo hincapié en el valor del PC desenchufado para desarrollar habilidades cognitivas esenciales a través de actividades que no dependen directamente de computadoras, proporcionando así una alternativa inclusiva y accesible. La metodología de investigación adoptada fue mixta, combinando enfoques cuantitativos y cualitativos. Se llevaron a cabo cuatro estudios principales que sustentaron los objetivos de la investigación. En primer lugar, se realizó una revisión sistemática y un meta-análisis de la literatura científica sobre el desarrollo del PC desenchufado en diferentes etapas educativas. Esta revisión permitió identificar las metodologías más efectivas y los factores que influyen en el éxito de las actividades desenchufadas, proporcionando un marco teórico sólido para la investigación posterior.

Posteriormente, se implementó un estudio de carácter cuasi-experimental con grupo control y experimental y medidas pretest y posttest en estudiantes de Grado en Educación Primaria para evaluar la efectividad de metodologías de aprendizaje basado en problemas. Además, se realizó un análisis cualitativo de las percepciones y experiencias de los participantes a través de entrevistas semiestructuradas.

Los resultados revelaron que los estudiantes que trabajaron con un enfoque teórico basado en el análisis de problemas resueltos, presentó mejoras significativas en sus habilidades de pensamiento computacional tras la intervención. Además los participantes que utilizaron la metodología de resolución de problemas con material manipulativo valoraron positivamente las actividades desenchufadas, destacando la claridad en la comprensión de conceptos complejos

y la motivación que generaban las dinámicas colaborativas. Sin embargo, también se identificaron desafíos relacionados con la integración de estas actividades en el currículo y la necesidad de recursos didácticos adicionales.

Para complementar el análisis de las actividades desenchufadas, se exploró el uso de la robótica como herramienta para el desarrollo del PC en la educación obligatoria a través de una revisión sistemática de la literatura. Los resultados indicaron que la robótica educativa facilita la comprensión de conceptos abstractos de forma tangible, aunque enfrenta desafíos como la necesidad de formación docente específica y la disponibilidad de recursos tecnológicos adecuados.

Los hallazgos generales de la tesis resaltaron que el PC desenchufado puede ser una estrategia efectiva y accesible para desarrollar competencias computacionales en maestros en formación. Se observó que la efectividad de estas metodologías podría depender de factores como la duración de las intervenciones, la adaptación al perfil de los estudiantes y el diseño de las actividades educativas. Además, la investigación sugirió que la robótica educativa puede complementar las actividades desenchufadas, ampliando las posibilidades pedagógicas para el desarrollo del PC.

Finalmente, se destacaron las limitaciones de la investigación, tales como el tamaño reducido de las muestras y la duración limitada de las intervenciones. También se propusieron futuras líneas de investigación, incluyendo la exploración de estudios longitudinales y el diseño de intervenciones educativas más variadas para evaluar la efectividad a largo plazo del PC desenchufado en diferentes contextos educativos.

Abstract

This doctoral thesis focused on analyzing the development of unplugged computational thinking (CT) in the initial training of teachers, employing problem-based learning methodologies. The main objective was to explore how unplugged activities can foster CT skills without the need for digital technologies, highlighting their relevance in diverse and accessible educational contexts.

The theoretical framework of the research addressed the background and evolution of the CT concept, as well as the educational methodologies that enable its effective integration into curricula. Emphasis was placed on the value of unplugged CT for developing essential cognitive skills through activities that do not directly depend on computers, thus providing an inclusive and accessible alternative.

A mixed-methods research approach was adopted, combining quantitative and qualitative techniques. Four main studies were conducted to support the research objectives. Firstly, a systematic review and meta-analysis of the scientific literature on the development of unplugged CT across different educational stages was carried out. This review identified the most effective methodologies and the factors influencing the success of unplugged activities, providing a solid theoretical foundation for subsequent research.

Subsequently, a quasi-experimental study with control and experimental groups, along with pretest and posttest measures, was implemented with undergraduate students in Primary Education to evaluate the effectiveness of problem-based learning methodologies. Additionally, a qualitative analysis of participants' perceptions and experiences was conducted through semi-structured interviews.

The results revealed that students who worked with a theoretical approach based on analyzing solved problems showed significant improvements in their computational thinking skills after the intervention. Participants who used the problem-solving methodology with manipulative materials positively valued the unplugged activities, highlighting the clarity in understanding complex concepts and the motivation generated by collaborative dynamics. However, challenges

were also identified related to integrating these activities into the curriculum and the need for additional teaching resources.

To complement the analysis of unplugged activities, the use of robotics as a tool for developing CT in compulsory education was explored through a systematic literature review. The findings indicated that educational robotics facilitates the tangible understanding of abstract concepts but faces challenges such as the need for specific teacher training and the availability of adequate technological resources.

The overall findings of the thesis highlighted that unplugged CT can be an effective and accessible strategy for developing computational competencies in pre-service teachers. The effectiveness of these methodologies may depend on factors such as the duration of interventions, adaptation to student profiles, and the design of educational activities. Furthermore, the research suggested that educational robotics can complement unplugged activities, expanding pedagogical possibilities for CT development.

Finally, the research limitations were noted, including small sample sizes and limited intervention durations. Future research directions were proposed, such as exploring longitudinal studies and designing more varied educational interventions to evaluate the long-term effectiveness of unplugged CT in different educational contexts.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN Y ABSTRACT	III
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Pensamiento computacional desenchufado	9
2.2. Componentes del pensamiento computacional	10
2.3. Estrategias para la enseñanza del PC desenchufado	13
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	15
4. METODOLOGÍA	19
4.1. Selección y tamaño de la muestra	20
4.2. Instrumentos de recogida de datos	21
4.3. Diseño de la intervención	23
4.3.1. Intervención en el grupo experimental	23
4.3.2. Intervención en el grupo control	24
4.4. Proceso de recogida de datos	25
4.5. Tratamiento y análisis de datos	26
4.6. Ética de la investigación	26
5. PUBLICACIONES	29
5.1. Publicación 1	29
5.2. Publicación 2	46
5.3. Publicación 3	58
5.4. Publicación 4	77
5.5. Indicios de calidad de las publicaciones	96
6. CONCLUSIONES	99
6.1. Limitaciones	101
6.2. Líneas futuras	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXO I: CERTIFICADOS	115

1. INTRODUCCIÓN

En la era actual, marcada por un acelerado desarrollo tecnológico, el ámbito educativo ha experimentado una evolución significativa. La proliferación de Internet y las tecnologías emergentes han impulsado cambios a escala global, no solo acelerando la producción y transmisión de datos, sino también transformando las interacciones sociales y las estructuras laborales existentes (Area y Adell, 2021). En respuesta a estos cambios disruptivos, se ha hecho indispensable disponer de profesionales capacitados no solo en sistemas informáticos y plataformas tecnológicas, sino también en habilidades clave que les permitan gestionar eficazmente y maximizar el potencial de estas herramientas digitales (Jain y Ranjan, 2020).

En la actualidad, el mercado laboral no solo valora las habilidades técnicas, sino también las habilidades cognitivas de orden superior que son esenciales en el contexto digital contemporáneo (Choi, 2021). Los puestos de trabajo requieren cada vez más competencias flexibles, interpersonales y relacionadas con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Además, esta demanda no se limita al conocimiento especializado, sino que también se busca el dominio de habilidades suficientes para adaptarse a los requisitos cambiantes del puesto de trabajo (van Laar et al., 2020).

En este contexto, marcado por un interés creciente en integrar habilidades computacionales en ámbitos profesionales y educativos, cobra relevancia el concepto de Pensamiento Computacional (PC). Seymour Papert, considerado el padre del PC, abordó por primera vez ideas relacionadas con este concepto a través de su enfoque en el “pensamiento procedimental” en las décadas de los sesenta y setenta. Su enfoque estaba centrado en cómo los niños y niñas podían utilizar la computación, específicamente a través del lenguaje de programación LOGO, para construir conocimientos y adquirir una comprensión más sólida del mundo (Kong et al., 2019).

Con el paso del tiempo, esta concepción experimentó una evolución significativa. Fue Jeannette Wing quien en 2006 proporcionó la primera definición formal de PC dentro de la comunidad científica (Polanco Padrón et al., 2021). Para Jeannette Wing (2006) “el pensamiento computacional implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en conceptos fundamentales de la informática” (p. 1). Para Wing, el PC no se restringe exclusivamente a programadores o científicos de la computación sino que es un enfoque de resolución de problemas que se aplica en todos los campos del conocimiento y se orienta hacia la formulación de problemas de

manera que sus soluciones puedan representarse como pasos computacionales y algoritmos.

Aunque el concepto de PC siguió evolucionando, actualmente no se cuenta con una definición universalmente aceptada del mismo pero su estudio se ha profundizado a lo largo de las últimas dos décadas (Ezeamuzie y Leung, 2022; Lodi et al., 2020). En el contexto de la educación contemporánea, se observa una diferencia significativa entre el uso de tecnologías digitales y el fomento del PC. A pesar de la común asociación del PC con el uso de computadoras, su implicación en el contexto educativo va más allá de la mera interacción con *hardware* y *software* (Esteve-Mon et al., 2020).

Aun cuando la creciente incorporación de herramientas digitales en el entorno educativo, ha contribuido significativamente a la alfabetización digital de estudiantes y docentes, la integración efectiva de la tecnología en los currículos educativos y la formación en competencias que superan el alfabetismo digital básico, representa un reto significativo en el contexto educativo actual (Reddy et al., 2020).

En la última década, el interés por integrar el PC en los entornos educativos ha crecido considerablemente. Este interés ha llevado al desarrollo de metodologías, materiales y recursos diseñados específicamente para estudiantes de educación infantil (McCormick y Hall, 2022; Silva et al., 2023; Su y Yang, 2023; Zeng et al., 2023), educación primaria (Dağ et al., 2023; del Olmo-Muñoz et al., 2020; Fagerlund et al., 2020; Hooshyar et al., 2021; Kutay y Oner, 2022), educación secundaria (Dagli y Sancar Tokmak, 2021; Grover et al., 2019; Lui et al., 2020; Shin et al., 2021) y educación superior (Apiola y Sutinen, 2020; Cachero et al., 2020; Kong y Lai, 2022; Lu et al., 2022).

Por ejemplo, en educación infantil, se utilizan predominantemente actividades de robótica tangible y aplicaciones digitales adaptadas a la edad de los escolares (Su y Yang, 2023). Los robots tangibles como Bee-Bot, KIBO, LEGO Mindstorms o Cubetto, entre otros, permiten a cada infante programar movimientos y acciones mediante elementos físicos, fomentando el desarrollo de habilidades básicas del PC (Alonso-García et al., 2024; Bakala et al., 2021; Bati, 2022; Ching y Hsu, 2024; Pérez-López et al., 2023).

Asimismo, *softwares* como ScratchJr, Code.org o Kodable permiten introducir la programación de forma visual, trabajando conceptos y prácticas del PC usando bloques que representan comandos de código de manera interactiva y lúdica (Macrides et al., 2022; Papadakis, 2024; Silva et al., 2023; Su y Yang, 2023; Trakosas et al., 2023). También se emplean actividades que no requieren el uso de dispositivos electrónicos, como juegos de secuenciación o puzzles, que ayudan a desarrollar habilidades como el reconocimiento de patrones o el segui-

miento de instrucciones, sin la necesidad de tecnología avanzada (Bakala et al., 2021; Bati, 2022; Macrides et al., 2022; Silva et al., 2023; Su y Yang, 2023).

A medida que se avanza a la educación primaria, se amplía el repertorio de herramientas utilizado para el desarrollo del PC. Se incluyen entornos digitales como Scratch, Alice, App Inventor o Kodu (Kakavas y Ugolini, 2019; Sánchez-Camacho y Grané, 2023; Taslibeyaz et al., 2020; Tikva y Tambouris, 2021a). Estas herramientas ofrecen al estudiantado entornos de programación por bloques gráficos, evitando problemas de sintaxis en la codificación y centrando la atención en el diseño y la creación (Fagerlund et al., 2021; Martínez-Murciano y Pérez-Jorge, 2024).

Al igual que en educación infantil, el uso de juegos y robótica sirven como medios para la introducción del PC en esta etapa, motivando y comprometiendo al estudiantado mientras se trabajan conceptos avanzados como la abstracción, la secuenciación, la identificación de patrones o el pensamiento algorítmico (Giannakoulas y Xinogalos, 2023). Por otro lado, las actividades “desconectadas” o “desenchufadas”, es decir, que no requieren el uso de dispositivos electrónicos, son utilizadas en educación primaria para desarrollar el PC, aunque son los enfoques menos investigados (Chen et al., 2023; Kakavas y Ugolini, 2019; Sánchez-Camacho y Grané, 2023; Sun et al., 2021).

En educación secundaria, el desarrollo del PC se aborda con enfoques más avanzados en comparación con los niveles anteriores, no obstante, muchas de las herramientas utilizadas en educación primaria se mantienen. Los entornos de programación visual como Scratch o Alice siguen utilizándose, así como la robótica educativa, que continúa siendo relevante en esta etapa, ahora bien, empleando robots más sofisticados que integran sensores y estructuras mecánicas avanzadas (Kampylis et al., 2023; Lathifah et al., 2023; Neira et al., 2021; Wahab et al., 2021).

Asimismo, las actividades desenchufadas también se utilizan para desarrollar habilidades del PC, pero con mayor complejidad que en primaria. Por ejemplo, se emplean juegos físicos para ilustrar principios del PC a través de experiencias activas que involucran al estudiantado de manera participativa (Chen et al., 2023; Huang y Looi, 2021; Kirçalı y Özden, 2023).

También, la integración del PC en materias de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas (STEAM) es otra estrategia clave utilizada en educación secundaria para el desarrollo de este tipo de pensamiento. Esta integración permite al alumnado aplicar el PC en contextos interdisciplinarios, mejorando su capacidad de resolución de problemas (Taslibeyaz et al., 2020; Valovičová et al., 2020; Wahab et al., 2021; Wang et al., 2022).

Por otro lado, en la educación superior, el PC se ha consolidado como una

competencia relevante no solo en carreras relacionadas con las ciencias de la computación, sino en múltiples disciplinas, debido a su enfoque en la resolución de problemas complejos y el desarrollo de habilidades cognitivas avanzadas. La creciente digitalización de la sociedad y las demandas del mercado laboral actual han impulsado su integración en el currículo universitario pese a ser la etapa educativa en la que menos se ha investigado (Lyon y Magana, 2020).

En este nivel educativo, el PC se promueve frecuentemente a través de la programación con lenguajes como Python, Java o C++, entre otros, permitiendo al estudiantado trabajar con código de mayor complejidad y profundizar en conceptos avanzados como estructuras de datos, algoritmos o diseño de sistemas y, al igual que en las etapas educativas anteriores, se siguen utilizando entornos de programación por bloques y robótica (de Jong y Jeuring, 2020; Romero-Rodríguez et al., 2023; Taslibeyaz et al., 2020). Además, se utilizan herramientas de visualización de datos, simulaciones de sistemas complejos y modelado computacional, que facilitan la aplicación de principios de descomposición de problemas, abstracción y análisis de sistemas en contextos interdisciplinarios (Lu et al., 2022; Lyon y Magana, 2020).

Asimismo, metodologías pedagógicas como el aprendizaje basado en juegos, estrategias basadas en modelado y simulaciones, la resolución de problemas, el aprendizaje basado en proyectos, estrategias colaborativas, aula invertida, aprendizaje práctico o aprendizaje autorregulado y auto-reflexivo son empleadas para fomentar el PC en estudiantes universitarios. Estas metodologías no solo promueven la adquisición de conocimientos técnicos, sino que también incentivan la reflexión crítica y la aplicación práctica de conceptos computacionales en situaciones reales (Lyon y Magana, 2020; Tikva y Tambouris, 2021b).

Un aspecto a destacar es que en educación superior, el PC desenchufado es poco utilizado, no obstante, no hay evidencia que implique que la educación primaria y la secundaria son las únicas etapas esenciales para desarrollar este tipo de pensamiento, por lo que es necesario ampliar la investigación sobre PC desenchufado en educación superior (Chen et al., 2023).

También, se observó que en la literatura que versa sobre PC en educación superior, una parte considerable de las investigaciones se han centrado en docentes en formación o en ejercicio. Este enfoque resulta especialmente relevante debido a que los docentes, tanto actuales como futuros, desempeñan un papel significativo en la implementación y difusión del PC en distintos contextos educativos (Dong et al., 2024). Las investigaciones que involucran a docentes, especialmente aquellos en áreas no directamente relacionadas con la informática, destacan la necesidad de proporcionar herramientas pedagógicas y técnicas necesarias para integrar el PC en sus prácticas docentes (Esteve-Mon et al., 2020; Kong et al., 2020; Meseguer y Serrano, 2024; Rich et al., 2021; Sánchez-Vera,

2019).

Asimismo, a pesar de la proliferación de herramientas digitales en los diferentes contextos educativos, existe una creciente necesidad de enfoques de enseñanza del PC que trasciendan las limitaciones tecnológicas y permitan un aprendizaje accesible y efectivo. Aquí es donde el PC desenchufado cobra relevancia. El PC desenchufado ofrece múltiples beneficios educativos pues, al prescindir de la tecnología, reduce las barreras de acceso y permite que estudiantes de diversos contextos participen en el aprendizaje del PC. También promueve la inclusividad y accesibilidad, asegurando que cada estudiante, independientemente de sus recursos tecnológicos, puedan desarrollar competencias de PC (Chen et al., 2023; Zapata-Ros, 2019).

En base a los resultados observados en la literatura, se decidió que el objetivo principal de la presente tesis doctoral fuese la integración de elementos básicos del PC mediante actividades desenchufadas en la formación inicial de maestros, abordando una brecha en la literatura y práctica educativa actual. Para ello, se adoptó un formato de tesis por agrupación de publicaciones que, en conjunto, ofrecen una visión integral de cómo las actividades desenchufadas pueden fomentar el desarrollo del PC en diferentes etapas educativas, con especial atención a la capacitación de docentes de educación primaria en formación. Estas publicaciones abordaron la investigación en PC desde distintas perspectivas metodológicas, contribuyendo a una mejor comprensión de los desafíos y oportunidades de la enseñanza del PC sin el uso directo de dispositivos tecnológicos.

En primer lugar, se incluye un artículo que presenta una revisión sistemática de la literatura y meta-análisis, centrada en el desarrollo del PC desenchufado en distintas etapas educativas. En él, se analizan doce estudios que evidenciaron la efectividad de este enfoque para desarrollar habilidades del PC, desde la educación infantil hasta la educación superior. La revisión concluyó que las actividades desenchufadas permiten una comprensión lúdica y accesible del PC, adaptándose a las características cognitivas y necesidades de cada etapa educativa sin necesidad de recursos tecnológicos avanzados. Este análisis estableció las bases teóricas y empíricas que justificaron la relevancia de la temática y permitió analizar las metodologías, los instrumentos de recogida de datos y los componentes del PC más abordadas desde perspectivas desenchufadas.

El segundo artículo científico incluido describe una investigación de diseño cuasi-experimental con medidas pretest y posttest, donde se investigó el desarrollo del PC en estudiantes de grado en educación primaria, utilizando dos metodologías desenchufadas de aprendizaje basado en problemas: la resolución de problemas y el análisis de problemas resueltos. Los hallazgos indicaron beneficios potenciales de esta última metodología para el desarrollo del PC.

La tercera publicación es un capítulo de libro enfocado en analizar cómo los maestros en formación percibieron la inclusión en su proceso educativo de conceptos computacionales y de programación a través del uso de cartas y otros materiales manipulativos en un ambiente no digital. Se empleó una metodología cualitativa para explorar las percepciones, opiniones y experiencias de los participantes con respecto a las actividades de PC propuestas. Los resultados revelaron que la intervención fue valorada positivamente, se destacó la utilidad de la gamificación y el uso de materiales manipulativos para comprender conceptos computacionales. También se identificaron desafíos relacionados con la integración de estas prácticas en los currículos convencionales y la necesidad de más recursos y tiempo para la planificación y ejecución efectiva de las mismas.

La cuarta y última publicación es un artículo científico centrado en analizar cómo el PC puede ser desarrollado en la educación obligatoria mediante el uso de robótica educativa, examinando estudios empíricos publicados desde 2020 usando una metodología de revisión sistemática de la literatura. Puesto que la robótica educativa es una de las herramientas más utilizada para el desarrollo del PC desenchufado en la educación básica, el análisis de las investigaciones recientes centradas en esta temática proporcionaría *insights* valiosos que permitirían analizar este tipo de herramienta con el fin de ser introducidas en la formación de futuros docentes.

En resumen, las cuatro publicaciones que componen esta tesis doctoral han sido integradas de manera coherente y complementaria para ofrecer una visión amplia y estructurada del PC desenchufado en la formación docente. La combinación de dos revisiones sistemáticas, un estudio empírico y un análisis cualitativo ha permitido generar un cuerpo de conocimiento que contribuye a la investigación en este campo del conocimiento y a la mejora de la calidad educativa en el desarrollo de competencias computacionales en la formación inicial de maestros.

2. MARCO TEÓRICO

El concepto de PC tiene sus raíces en las décadas de 1960 y 1970, gracias al trabajo pionero de Seymour Papert. En su libro “Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas” (1980), Papert propuso que al interactuar y programar computadoras, los niños pueden desarrollar nuevas formas de pensamiento. Para ello, creó el lenguaje de programación LOGO, diseñado para ser accesible y permitir controlar el movimiento de una tortuga virtual o robótica. Al programar esta tortuga, los estudiantes exploraban conceptos matemáticos y geométricos de manera tangible y significativa.

Papert fue un precursor en la incorporación de la programación y la robótica en el ámbito educativo, con el objetivo de acercar estas tecnologías al contexto escolar infantil. Aunque en sus primeras investigaciones no utilizó explícitamente el término “pensamiento computacional”, sus ideas sentaron las bases para este concepto (Ezeamuzie y Leung, 2022).

Según Papert, al crear y experimentar con la programación, los estudiantes desarrollan habilidades como la descomposición de problemas, la abstracción y la formulación de algoritmos. Ahora bien, más que centrarse en la programación en sí misma, valoraba el proceso de pensamiento y el aprendizaje que ocurría cuando cada estudiante construía y experimentaba con sus propios proyectos. Además, su enfoque subrayaba la importancia de la personalización del aprendizaje y la participación activa, promoviendo una educación que fomentara la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Lodi y Martini, 2021).

Influenciado por las teorías constructivistas de Jean Piaget, Papert formuló su propia teoría del aprendizaje conocida como “construccionismo”. Esta teoría enfatiza que el aprendizaje es más efectivo cuando los estudiantes construyen activamente su conocimiento a través de la creación y manipulación de objetos tangibles y digitales (Polanco Padrón et al., 2021). No obstante, a pesar del potencial de las ideas de Papert, su implementación enfrentó desafíos considerables. Los lenguajes de programación de la época eran complejos y los docentes carecían de la formación necesaria para integrarlos eficazmente en el aula. Además, el término “pensamiento computacional” no ganó amplia difusión hasta que Jeannette Wing lo reintrodujo en su influyente artículo “Computational Thinking” (2006).

Wing formalizó el concepto de PC en el ámbito académico y educativo, argumentando que es una competencia esencial para todos, no solo para los cien-

tíficos de la computación, y que debería considerarse una habilidad fundamental al nivel de la lectura, la escritura y la aritmética. Según Wing (2006), el PC es una forma de pensamiento que permite abordar problemas de manera sistemática y eficiente, utilizando principios y prácticas de la ciencia de la computación. Se hablaría pues de una serie de “herramientas mentales” habitualmente utilizadas por los profesionales de las ciencias de la computación, pero que serían beneficiosas para todas las personas.

La propuesta de Wing impulsó un renovado interés en el PC dentro de la comunidad educativa y científica; sin embargo, su definición también generó debate, ya que algunos expertos consideraban que era demasiado amplia y podía llevar a malinterpretaciones sobre qué es realmente el PC (Denning, 2017; Grover y Pea, 2013).

Es relevante contrastar y complementar las perspectivas de Papert y Wing sobre el PC pues la confluencia de las ideas de ambos autores ha moldeado la comprensión actual del PC. Aunque ambos abordaron el concepto, sus enfoques y énfasis fueron distintos. Mientras que Papert concebía el PC como un medio para el aprendizaje constructivo y enfocado principalmente en el desarrollo intelectual de los niños, Wing propone una visión del PC como una habilidad universal y fundamental, necesaria para la resolución de problemas en todos los ámbitos de la vida moderna (Jin y Cutumisu, 2024).

En particular, en relación con las metodologías utilizadas para el desarrollo del PC, Papert se centró en el aprendizaje a través de la interacción directa con la tecnología y la programación como un medio para construir conocimiento en sus discentes, mientras que Wing abogó por el PC como un conjunto de habilidades cognitivas que amplían la capacidad de solucionar problemas en diversos contextos, más allá del ámbito educativo. Ambos enfoques reconocen la importancia del PC, pero difieren en la aplicación y el alcance de su enseñanza e integración en la vida diaria y profesional (Papert, 1980; Wing, 2006).

En concreto, la discusión existente en la literatura sobre el rol de la programación en el contexto del PC ha sido influida significativamente por las perspectivas de Seymour Papert y Jeannette Wing, originando una dicotomía que se refleja en la literatura especializada. Para Papert, la programación constituía una herramienta fundamental dentro del proceso educativo. Él argumentaba que programar no solo facilita el aprendizaje de conceptos matemáticos y científicos, sino que también permite a los estudiantes construir y explorar esos conceptos de manera activa. Desde su visión constructivista, la programación era vista esencialmente como un medio para alcanzar un fin pedagógico, facilitando un entorno en el que los estudiantes podían experimentar, hacer descubrimientos y aprender a través de la manipulación directa y la exploración (Lodi y Martini, 2021).

En contraposición, Jeannette Wing ofreció una perspectiva más amplia del PC que trasciende la habilidad de programar. Si bien reconocía la utilidad e importancia de la programación, enfatizaba que el PC incluye un conjunto de habilidades y conceptos que van más allá de la capacidad de escribir código y que pueden ser empleadas para resolver problemas incluso sin la necesidad de programar (Lodi y Martini, 2021).

2.1. Pensamiento computacional desenchufado

El impulso inicial de Jeannette Wing para promover el PC como una competencia esencial y transversal ha llevado a la exploración de diversas metodologías para su enseñanza, especialmente en los niveles educativos de infantil y primaria. Entre estas metodologías destaca el concepto de actividades “desenchufadas” o *unplugged*, que permiten enseñar los principios del PC sin necesidad de utilizar ordenadores. Este enfoque, definido en sus orígenes como “aprender informática sin un ordenador”, se ha implementado mediante herramientas como juegos de mesa, juguetes, cartas, rompecabezas o materiales impresos, entre otros (Bell et al., 2009).

Además, las actividades desenchufadas ofrecen varias ventajas en el contexto educativo. En primer lugar, su bajo coste las hace accesibles a una mayor cantidad de instituciones educativas, ya que no requieren equipos tecnológicos avanzados. También, permiten que docentes sin formación específica en tecnologías de la información puedan implementar estas actividades de manera efectiva, facilitando así su integración en el currículo sin necesidad de una infraestructura tecnológica compleja (Busuttil y Formosa, 2020).

Asimismo, la literatura reporta resultados prometedores que sugieren que las actividades desenchufadas pueden tener un impacto positivo y significativo en la motivación y en el desarrollo de habilidades de PC (Caeli y Yadav, 2020; Çiftçi y Topçu, 2023; Chen et al., 2023; Kuo y Hsu, 2020). No obstante, aún se plantean cuestiones sobre la efectividad y los factores que influyen en el éxito de las actividades desenchufadas. Diversos estudios han señalado la importancia de variables como el nivel educativo de los estudiantes, el tamaño de las clases y la duración de las intervenciones, así como las herramientas específicas empleadas, aunque los resultados no siempre han sido concluyentes (Hu et al., 2021; Sun et al., 2021).

Por lo tanto, las actividades desenchufadas han demostrado ser una metodología eficaz para la enseñanza del PC, especialmente en contextos donde el acceso a la tecnología es limitado o la formación del profesorado en TIC es insuficiente. Sin embargo, se reconoce la necesidad de continuar investigando sobre los factores que optimizan estas intervenciones para maximizar su efectividad

en el aprendizaje del PC.

2.2. Componentes del pensamiento computacional

Tras analizar los orígenes del PC a través de las contribuciones de Seymour Papert y Jeannette Wing, se profundizó en como el concepto de PC desenchufado ha sido posteriormente definido y operacionalizado por diversos autores en la literatura académica. En la actualidad, no existe una definición única y consensuada del PC, sino más bien una variedad de interpretaciones que reflejan las distintas dimensiones y aplicaciones del concepto.

El PC se operacionaliza comúnmente en la literatura como una combinación de habilidades cognitivas y prácticas que permiten formular problemas y soluciones de manera que puedan ser ejecutados por un agente de procesamiento de información, ya sea una computadora u otro sistema. Esta evolución refleja la integración de los enfoques educativos y conceptuales de Papert y Wing, reconociendo tanto la importancia de la experiencia directa y la construcción activa del conocimiento como la relevancia de las habilidades cognitivas esenciales aplicables en múltiples contextos (Adell-Segura et al., 2019; Ezeamuzie y Leung, 2022; Lodi et al., 2020; Polanco Padrón et al., 2021; Sánchez-Vera, 2019).

Esta concepción del PC ha dado lugar a diversos modelos y marcos conceptuales que han sido propuestos para estructurar y entender el concepto (Denning, 2017; Grover y Pea, 2013; ISTE y CSTA, 2011; Kalelioglu et al., 2016; Shute et al., 2017; Weintrop et al., 2016).

Por lo tanto, el PC es un concepto multidimensional e interdisciplinario que ha sido definido de diversas maneras en la literatura académica. Esta diversidad refleja su amplitud y complejidad: mientras algunas definiciones se centran en los procesos cognitivos y las habilidades mentales, otras destacan su aplicación práctica en la resolución de problemas y su metodología subyacente. La variabilidad en las definiciones ha generado desafíos en su enseñanza y evaluación, y ha provocado divisiones sobre cómo debe enseñarse y aplicarse en diferentes disciplinas. No obstante, a pesar de estas diferencias, existe cierta convergencia en cuanto a los componentes clave que forman parte del PC.

- **Abstracción:** es la capacidad de identificar patrones y aspectos esenciales de un problema, eliminando detalles irrelevantes para simplificar su representación y facilitar su solución. La abstracción permite centrar la atención en elementos fundamentales, generando soluciones generalizables aplicables a diferentes contextos (Adell-Segura et al., 2019; Angeli y Valanides, 2020; Çiftçi y Topçu, 2023; Ezeamuzie y Leung, 2022; Haseski et al., 2018; Li et al., 2020; Lodi et al., 2020; Polanco Padrón et al., 2021;

Shute et al., 2017; Tlili et al., 2023; Yokuş y Kahramanoğlu, 2022; Zhang et al., 2024).

- **Colaboración:** es la capacidad de trabajar en equipo para resolver problemas complejos, fomentando el intercambio de ideas y la combinación de habilidades para desarrollar soluciones más sólidas (Yokuş y Kahramanoğlu, 2022; Zhang et al., 2024).
- **Creatividad y pensamiento crítico:** consiste en la habilidad de generar ideas innovadoras y cuestionar enfoques existentes, combinando la exploración de soluciones novedosas con la evaluación rigurosa de su validez en el contexto del PC (Yokuş y Kahramanoğlu, 2022; Zhang et al., 2024).
- **Depuración:** es el proceso de identificar y corregir errores en una solución que no funciona como se esperaba, fomentando un enfoque metódico y iterativo para asegurar que las soluciones sean funcionales y eficientes (Angeli y Valanides, 2020; Çiftçi y Topçu, 2023; Ezeamuzie y Leung, 2022; Shute et al., 2017; Tlili et al., 2023).
- **Descomposición:** es la habilidad de dividir problemas complejos en partes más pequeñas y manejables, permitiendo resolver cada componente por separado antes de integrarlos en una solución completa. Este enfoque facilita la comprensión y gestión de problemas complejos al simplificar sus estructuras (Adell-Segura et al., 2019; Angeli y Valanides, 2020; Çiftçi y Topçu, 2023; Ezeamuzie y Leung, 2022; Li et al., 2020; Lodi et al., 2020; Polanco Padrón et al., 2021; Shute et al., 2017; Tlili et al., 2023; Yokuş y Kahramanoğlu, 2022; Zhang et al., 2024).
- **Diseño de algoritmos:** es la creación de instrucciones secuenciales y lógicas para resolver problemas de manera estructurada. Este componente es clave en el contexto del PC ya que los algoritmos facilitan la resolución de problemas y permiten que las soluciones sean reutilizables y automatizables, estableciendo procedimientos efectivos y repetibles (Angeli y Valanides, 2020; Çiftçi y Topçu, 2023; Ezeamuzie y Leung, 2022; Li et al., 2020; Lodi et al., 2020; Polanco Padrón et al., 2021; Shute et al., 2017; Tlili et al., 2023).
- **Evaluación:** es el proceso de verificar y validar que las soluciones y algoritmos funcionan correctamente y de manera eficaz, permitiendo identificar errores y realizar los ajustes necesarios para mejorar su rendimiento (Adell-Segura et al., 2019; Angeli y Valanides, 2020; Haseski et al., 2018; Li et al., 2020; Lodi et al., 2020; Polanco Padrón et al., 2021; Yokuş y Kahramanoğlu, 2022; Zhang et al., 2024).

- **Generalización:** es la capacidad de aplicar soluciones y estrategias aprendidas de problemas específicos a situaciones nuevas, extendiendo el uso del PC a diversos contextos y dominios (Adell-Segura et al., 2019; Angeli y Valanides, 2020; Ezeamuzie y Leung, 2022; Shute et al., 2017; Tlili et al., 2023; Zhang et al., 2024).
- **Iteración:** es el proceso de repetir procedimientos o soluciones para mejorar y refinar los resultados, permitiendo optimizar la precisión y eficiencia de los algoritmos mediante un ciclo continuo de prueba y ajuste (Angeli y Valanides, 2020; Haseski et al., 2018; Ezeamuzie y Leung, 2022; Li et al., 2020; Lodi et al., 2020; Polanco Padrón et al., 2021; Shute et al., 2017; Tlili et al., 2023).
- **Paralelización:** es la organización y coordinación de recursos para ejecutar múltiples tareas de forma simultánea, con el fin de alcanzar una meta común de manera más eficiente, optimizando el uso del tiempo y los recursos (Çiftçi y Topçu, 2023).
- **Pensamiento algorítmico:** es la capacidad de desarrollar secuencias lógicas y ordenadas de pasos para resolver problemas, permitiendo estructurar y optimizar soluciones de manera efectiva y comprensible, aplicable tanto en programación como en otros ámbitos (Adell-Segura et al., 2019; Haseski et al., 2018; Yokuş y Kahramanoğlu, 2022; Zhang et al., 2024).
- **Reconocimiento de patrones:** es la habilidad de identificar similitudes y regularidades en datos o problemas, lo que ayuda a simplificar y resolver problemas complejos al modelarlos a partir de patrones recurrentes, facilitando la creación de algoritmos eficientes (Adell-Segura et al., 2019; Angeli y Valanides, 2020; Çiftçi y Topçu, 2023; Ezeamuzie y Leung, 2022; Haseski et al., 2018; Li et al., 2020; Lodi et al., 2020; Polanco Padrón et al., 2021; Yokuş y Kahramanoğlu, 2022; Zhang et al., 2024).
- **Recolección, análisis y representación de datos:** son procesos que implican la obtención de información relevante, su interpretación y la presentación de resultados en formatos accesibles como gráficos o tablas, permitiendo utilizar los datos de manera eficiente para resolver problemas o mejorar soluciones (Çiftçi y Topçu, 2023).
- **Resolución de problemas:** es la habilidad de analizar y abordar desafíos complejos mediante la organización de datos y el diseño de soluciones eficaces utilizando métodos sistemáticos, proporcionando una estructura clara para determinar pasos operacionales específicos (Haseski et al., 2018).

La exploración de los componentes del PC ha permitido establecer una base conceptual que facilita su enseñanza y comprensión. Sin embargo, para llevar estos componentes a la práctica educativa, se ha requerido el desarrollo de metodologías pedagógicas específicas que adapten dichos conceptos a entornos de aprendizaje diversos. En este contexto, se han diseñado estrategias y recursos que permiten enseñar el PC de forma accesible, incluso sin necesidad de utilizar tecnología avanzada (Adler y Kim, 2018; Batni y Junaini, 2024; Kuo y Hsu, 2020; Peel et al., 2022). De este modo, se ha hecho necesario investigar y definir metodologías que no solo sean efectivas para transmitir los principios del PC, sino que también se adapten a las particularidades de diferentes contextos educativos, niveles de enseñanza y recursos disponibles.

2.3. Estrategias para la enseñanza del PC desenchufado

En el contexto educativo contemporáneo, las metodologías para la enseñanza del PC desenchufado abarcan una variedad de actividades diseñadas para introducir conceptos computacionales de manera accesible y lúdica, con un énfasis especial en la resolución de problemas. Estas actividades no solo promueven habilidades clave del PC desde edades tempranas, sino que también resultan relevantes para la capacitación de docentes en formación.

Entre las herramientas más destacadas para el desarrollo del PC desenchufado, se encuentra *CS Unplugged*, basada en el uso de juegos, rompecabezas y ejercicios físicos para ilustrar conceptos computacionales sin recurrir a computadoras. *CS Unplugged* consiste en una colección de material didáctico gratuito, diseñado para enseñar fundamentos de la informática mediante actividades interactivas y lúdicas. Estas actividades utilizaban herramientas simples, como cartas, cuerdas y lápices de colores, fomentando la participación del estudiantado a través de dinámicas que incluyen actividad física. Su carácter accesible y económico facilita su implementación en diversos contextos educativos, lo que la convierte en un recurso útil para la formación de docentes, quienes podían adaptar estas estrategias para integrarlas en sus prácticas pedagógicas (Tadeu y Brigas, 2022; Zapata-Ros, 2019).

Otra herramienta destacada en la literatura es el uso de actividades derivadas del desafío internacional *Bebras*. Estas tareas, resolubles sin computadoras, se centran en desarrollar habilidades como la abstracción, la descomposición y el pensamiento algorítmico, fomentando la colaboración y la discusión en el aula (Chen et al., 2023; Delal y Oner, 2020).

Asimismo, los kits de robótica programable, como *Bee-Bot* y *KIBO*, introducen el PC de manera tangible, permitiendo que el alumnado programe movi-

mientos simples en robots mediante comandos físicos. La manipulación directa de los robots fomenta la creatividad y la capacidad de experimentar y resolver problemas desde edades tempranas (Angeli y Valanides, 2020; Gerosa et al., 2022; Muñoz-Repiso y González, 2019; Nam et al., 2019; Tadeu y Brigas, 2022; Peretti et al., 2020; Shim et al., 2016; Zapata-Ros, 2019).

Por otro lado, la integración del PC con disciplinas STEM permite contextualizar los conceptos computacionales dentro de áreas científicas y matemáticas, favoreciendo su aplicación práctica a través de proyectos que involucraban diseño, construcción y, en particular, la resolución de problemas reales (Çiftçi y Topçu, 2023; Peel et al., 2022).

Asimismo, una metodología clave en la enseñanza del PC desenchufado es la creación de algoritmos sin necesidad de programar. Herramientas como los diagramas de flujo y procesos de resolución aplicables a la vida diaria facilitan la comprensión de la lógica detrás de la programación, preparando al alumnado para afrontar desafíos más complejos en niveles educativos superiores (Caeli y Yadav, 2020; Peel et al., 2022).

Además, el enfoque *Computational Thinking Across the Curriculum* (CT-AE) involucra al estudiantado en la construcción de algoritmos manuales para explicar fenómenos científicos, integrando el PC en el aprendizaje de la ciencia y enfatizando la resolución de problemas científicos complejos (Peel et al., 2022).

En general, estas herramientas y metodologías para la enseñanza del PC desenchufado se centran en proporcionar experiencias de aprendizaje prácticas que enfatizan la resolución de problemas. También buscan fomentar la colaboración y el aprendizaje colectivo pues trabajando en grupos, los estudiantes desarrollan habilidades de trabajo en equipo y enfrentan problemas complejos a través de la experimentación, competencias altamente valoradas en el mercado laboral e íntimamente ligadas al PC (Batni y Junaini, 2024; Delal y Oner, 2020; Kuo y Hsu, 2020; Merino-Armero et al., 2022; Polat y Yilmaz, 2022; Tonbuloğlu y Tonbuloğlu, 2019; Uzumcu y Bay, 2021).

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Tal y como se recoge en los antecedentes teóricos, el PC ha adquirido una relevancia creciente por parte de la comunidad científica y educativa debido a su potencial para desarrollar habilidades cognitivas de orden superior como el razonamiento lógico, la resolución de problemas o la capacidad de abstracción, entre otras. Estas competencias se pueden fomentar en cualquier etapa educativa, abarcando desde la educación infantil hasta la formación de adultos, permitiendo una adaptación progresiva y efectiva del aprendizaje a lo largo de todas las etapas educativas (Chen et al., 2023). Además, su aplicación no solo facilita la comprensión de conceptos ligados a la informática, matemáticos o científicos, sino que también promueve un pensamiento crítico y estructurado aplicable a diversas disciplinas y contextos profesionales (Ezeamuzie y Leung, 2022).

Los continuos avances tecnológicos han transformado la sociedad en todos sus ámbitos. Dentro del panorama profesional, ha aumentado la demanda de formación específica en competencias relacionadas con el PC, la alfabetización digital y la gestión de herramientas tecnológicas avanzadas, así como en habilidades para la programación y el desarrollo de sistemas (Abesadze y Nozadze, 2020). Esto ha provocado que los sistemas educativos se adapten a estas nuevas necesidades y, como consecuencia, los docentes de diferentes niveles educativos se enfrentan al reto de dotar a las nuevas generaciones de las capacidades que demanda el mercado laboral actual (Choi, 2021; van Laar et al., 2020).

Por este motivo, la integración del PC en la formación inicial de maestros se presenta como una necesidad emergente, no solo para promover competencias asociadas al PC, sino también para preparar a futuros docentes a enfrentar las demandas del entorno educativo actual, caracterizado por una constante evolución tecnológica (Jain y Ranjan, 2020). Sin embargo, a pesar de la creciente y constante integración de tecnologías en el ámbito educativo, existe la necesidad de formar a los futuros docentes en habilidades de PC que puedan ser aplicadas sin depender exclusivamente de recursos tecnológicos. Es por ello que el PC desenchufado se presenta como una alternativa viable y accesible para promover estas habilidades concretas desde las primeras etapas educativas, permitiendo desarrollar competencias computacionales a través de actividades que no requieren el uso de computadoras (Bell y Vahrenhold, 2018; Hromkovič y Staub, 2019; León et al., 2020; Threekunprapa y Yasri, 2020; Zapata-Ros, 2019).

Este contexto ha generado un cuerpo de conocimiento sólido sobre metodologías y prácticas que facilitan la enseñanza del PC desenchufado, especialmente en etapas de educación básica. Sin embargo, la implementación efectiva

del PC a través de metodologías desenchufadas en la formación de maestros en educación superior es aún limitada, lo que evidencia una brecha significativa en la investigación actual (Chen et al., 2023).

Por lo tanto, la presente tesis doctoral se enmarca dentro de las líneas de investigación que buscan ampliar la comprensión y aplicación del PC mediante estrategias educativas accesibles y sostenibles. En concreto, la justificación de la temática radica en la necesidad de investigar y promover la integración de actividades de PC que no dependan directamente de la tecnología. Este enfoque no solo permite la democratización del acceso a competencias relacionadas con el PC, la resolución de problemas y la gestión de herramientas tecnológicas, sino que también facilita la comprensión de conceptos abstractos a través de metodologías prácticas y manipulativas que pueden ser adaptadas a distintos niveles educativos. Por tanto, se considera relevante la formación de futuros maestros en el uso de tales metodologías, promoviendo así un aprendizaje significativo y accesible.

Partiendo de esta problemática, se intenta dar solución a través de esta tesis doctoral, en la que se indaga sobre cómo la metodología de aprendizaje basado en problemas con materiales desenchufados puede favorecer la adquisición de destrezas básicas del PC en maestros en formación. En este sentido, el problema de investigación considerado se focaliza en el siguiente interrogante:

¿Cómo se pueden integrar elementos básicos del pensamiento computacional desenchufado en la formación inicial de maestros a través de metodologías de aprendizaje basado en problemas?

Este interrogante se concreta en las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué nivel de desarrollo del pensamiento computacional presentan los maestros en formación previo a la aplicación de la metodología?
- ¿Cómo influye la metodología de aprendizaje basado en problemas en el desarrollo de habilidades básicas del pensamiento computacional?
- ¿Cuál es la percepción de los maestros en formación sobre la inclusión del pensamiento computacional desenchufado en su formación?

A partir de este interrogante, se busca explorar soluciones innovadoras para la enseñanza del PC, facilitando la adquisición de habilidades clave sin necesidad de infraestructura tecnológica avanzada. Así pues, se presenta un problema de investigación actual, concreto y factible, que contribuye a generar nuevo conocimiento acerca del desarrollo del PC en la formación inicial de maestros. En base a las consideraciones previas, el objetivo general de la presente tesis

doctoral fue “Analizar el desarrollo del pensamiento computacional desenchufado usando metodologías de aprendizaje basado en problemas en maestros en formación”.

Partiendo del objetivo general, los objetivos específicos que guiaron y vertebraron la investigación se concretaron en:

OE1. Evaluar el nivel de desarrollo del pensamiento computacional previo a la aplicación de la metodología y tras su experimentación.

OE2. Implementar una intervención que emplee el aprendizaje basado en problemas, incidiendo en prácticas que fomenten el desarrollo de elementos básicos del pensamiento computacional desenchufado.

OE3. Evaluar la efectividad de la intervención implementada.

OE4. Analizar las percepciones y opiniones del estudiantado que ha participado en la experiencia tras su desarrollo.

Así pues, la tesis se sitúa en la intersección de la educación tecnológica y la innovación pedagógica, abordando una problemática actual que incide directamente en la mejora de la calidad educativa y en la preparación de docentes competentes en un mundo digital. Se espera que los hallazgos obtenidos contribuyan a un marco de referencia para futuras investigaciones y prácticas educativas en el área del PC, con un enfoque inclusivo y accesible para todos los contextos educativos, sirviendo como base para futuras iniciativas educativas que promuevan estas competencias en la formación docente.

4. METODOLOGÍA

La estrategia metodológica general adoptada en esta investigación se enmarca dentro del método deductivo (Newman, 2006), donde a partir de una revisión teórica exhaustiva llevada a cabo siguiendo una metodología de revisión sistemática y meta-análisis siguiendo las directrices PRISMA (Page, McKenzie et al., 2021; Page, Moher et al., 2021), se fundamentan las acciones para alcanzar los objetivos propuestos.

En concreto, se empleó una metodología mixta, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas (Hernández et al., 2016). El uso de esta metodología implicó el acercamiento a una visión más completa y profunda del fenómeno en estudio (Johnson y Onwuegbuzie, 2004).

Por un lado, los métodos cuantitativos permitieron medir de forma objetiva el nivel de desarrollo de las habilidades de PC, proporcionando datos estadísticos que facilitaron la identificación de patrones y tendencias generales y, por otro lado, los métodos cualitativos complementaron esta información al explorar las percepciones, experiencias y actitudes de los participantes, aportando un entendimiento más contextualizado y detallado de los procesos de aprendizaje. Esta combinación metodológica ofreció una perspectiva integral, permitiendo triangulación de datos que fortaleció la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos.

La investigación se compuso de cuatro estudios que abordan diferentes aspectos del desarrollo del PC. En primer lugar, mediante una metodología de revisión sistemática de la literatura y meta-análisis, se analizaron los estudios empíricos que versan sobre el desarrollo del PC desenchufado en estudiantes de cualquier etapa educativa. Asimismo, mediante la misma metodología, se analizó una de las herramientas desenchufadas más utilizadas para el desarrollo del PC en la educación obligatoria: la robótica educativa.

En segundo lugar, mediante un estudio con diseño de investigación cuasi-experimental se evaluó la efectividad del aprendizaje basado en problemas en el desarrollo del PC desenchufado en estudiantes universitarios de grado en educación primaria.

Por último, mediante un estudio de carácter cualitativo se describieron y analizaron las percepciones de los maestros en formación respecto a sus primeras prácticas centradas en el desarrollo del PC desenchufado.

En la Tabla 1 se presenta la relación entre los objetivos específicos y los métodos de investigación empleados.

Tabla 1

Enfoque metodológico para el alcance de cada objetivo específico

Objetivo Específico	Método
OE1. Evaluar el nivel de desarrollo del pensamiento computacional previo a la aplicación de la metodología y tras su experimentación.	Cuantitativo
OE2. Implementar una intervención que emplee el aprendizaje basado en problemas, incidiendo en prácticas que fomenten el desarrollo de elementos básicos del pensamiento computacional desenchufado.	Cuantitativo
OE3. Evaluar la efectividad de la intervención implementada.	Cuantitativo
OE4. Analizar las percepciones y opiniones del estudiantado que ha participado en la experiencia tras su desarrollo.	Cualitativo

Por tanto, la investigación se situó en un marco de complementariedad metodológica, empleando tanto enfoques cuantitativos como cualitativos para obtener una visión integral del fenómeno estudiado.

4.1. Selección y tamaño de la muestra

Los participantes en la intervención fueron 40 estudiantes del Grado en Educación Primaria de la Facultad de Educación, Economía y Tecnología de Ceuta. No obstante, la muestra final estuvo compuesta por 31 estudiantes pues se prescindió de los datos de nueve participantes por no haber completado la intervención. La composición demográfica incluyó cinco hombres (16,13 %) y 26 mujeres (83,87 %), con edades comprendidas entre los 19 y 43 años.

Se empleó un muestreo no probabilístico por grupos preestablecidos, dado que los grupos ya existían y correspondían a cursos académicos diferentes. La muestra se conformó por un grupo de segundo y otro de tercer curso del grado, seleccionados en función de su disponibilidad y accesibilidad para el estudio. La asignación a los grupos se realizó en función de la organización académica existente, lo que implicó una limitación en términos de aleatorización pero reflejó condiciones reales del contexto educativo. Aunque el tamaño de la muestra fue relativamente pequeño, se consideró adecuado para detectar diferencias significativas en el nivel de desarrollo del PC entre los grupos.

La implementación de la intervención educativa se llevó a cabo durante el horario lectivo y se integró en las asignaturas de *Enseñanza y Aprendizaje*

de las Matemáticas para la Educación Primaria de segundo curso y *Diseño y Desarrollo del Currículo de Matemáticas para la Educación Primaria* de tercer curso. Tras aplicar el pretest y analizar la homocedasticidad de los grupos, no se observaron diferencias significativas entre los grupos en términos de varianzas en los resultados. Por lo tanto, considerando que las características demográficas y el tamaño de los grupos eran similares, el grupo de tercero fue seleccionado como grupo de control y el grupo de segundo curso como grupo experimental. Concretando las características de los grupos, el grupo experimental se compuso por dos hombres y 11 mujeres, y el grupo control por tres hombres y 15 mujeres.

Por último, para el estudio cualitativo participaron seis estudiantes que formaron parte del grupo experimental del estudio anterior. Se seleccionó una muestra intencional para profundizar en las percepciones y experiencias de los participantes respecto a la intervención educativa. Para esta selección se tuvo en cuenta el grado de implicación en las actividades de la intervención, seleccionando estudiantes con distintos grados de implicación para captar una variedad de experiencias y niveles de compromiso. Asimismo, se incluyeron estudiantes con diferentes niveles de rendimiento académico, lo que permitió explorar cómo este factor podía influir en sus percepciones y aprendizajes. No obstante, el principal criterio utilizado para la selección de la muestra cualitativa fue la disposición a participar y compartir sus experiencias de manera abierta y reflexiva.

El tamaño de la muestra, aunque reducido, es adecuado para estudios cualitativos de naturaleza exploratoria, donde se busca profundizar en las narrativas individuales más que alcanzar una generalización estadística (Hernández et al., 2016). Esta selección intencional de participantes permitió obtener datos ricos y detallados que aportaron *insights* significativos sobre el impacto de la intervención educativa desde la perspectiva del estudiantado.

4.2. Instrumentos de recogida de datos

Para llevar a cabo la investigación, se empleó como instrumento de recogida de datos cuantitativos la *Computational Thinking Scale* (CTS) de Korkmaz et al. (2017). Esta escala tipo Likert de cinco puntos está compuesta por 29 ítems que evalúan las habilidades de PC de estudiantes universitarios.

Los ítems se agrupan en cinco factores fundamentales: creatividad, que incluye ocho ítems que miden la capacidad de generar ideas novedosas y originales en la resolución de problemas; pensamiento algorítmico, conformado por seis ítems que evalúan la habilidad para diseñar y aplicar algoritmos en situaciones problemáticas; cooperatividad, compuesto por cuatro ítems que valoran la disposición para trabajar en equipo y colaborar en actividades de aprendizaje; pensamiento crítico, abarca cinco ítems que miden la capacidad para analizar

y evaluar información de manera reflexiva y lógica; resolución de problemas, incluye 6 ítems que evalúan la habilidad para identificar, plantear y resolver problemas de manera efectiva.

La CTS ha sido validada en población universitaria y demostró una fiabilidad adecuada en este estudio, con valores de alfa de Cronbach superiores a 0.7 en las mediciones pretest y postest, tanto para la escala global como para cada uno de los factores analizados. Este instrumento permitió medir de forma cuantitativa el nivel de desarrollo del PC de los participantes antes y después de la intervención educativa, proporcionando datos sólidos para el análisis estadístico.

Por otro lado, como instrumento de recogida de datos cualitativos se utilizó la entrevista semiestructurada para profundizar en las percepciones y experiencias de los participantes respecto a la intervención educativa implementada. La guía de entrevista fue cuidadosamente elaborada para abarcar dimensiones relacionadas con los objetivos de la investigación como:

- **Agrupamientos:** se exploraron las preferencias de los estudiantes en cuanto al trabajo individual, en parejas o en grupo durante las actividades.
- **Computación:** se indagó sobre la comprensión adquirida acerca de cómo procesa la información un ordenador y la preferencia por realizar las tareas con o sin tecnología.
- **Autopercepción:** se evaluó la confianza de los estudiantes en sus habilidades para resolver problemas y su persistencia ante las dificultades.
- **Materiales:** se recogieron opiniones sobre el uso de cartas como material didáctico y su posible aplicación en su futura práctica profesional.
- **Valoraciones:** se solicitaron valoraciones generales sobre las actividades realizadas, identificando aspectos positivos y negativos.
- **Dificultades:** se identificaron los retos y obstáculos enfrentados durante las tareas, así como las actividades percibidas como más fáciles o difíciles.

Las entrevistas fueron diseñadas con preguntas abiertas y flexibles, fomentando un ambiente propicio para que cada participante expresara libremente sus pensamientos y emociones. Este instrumento cualitativo permitió obtener información rica y detallada, complementando los datos cuantitativos y aportando una comprensión más profunda del impacto de la intervención educativa desde la perspectiva de los estudiantes.

4.3. Diseño de la intervención

Con el propósito de fomentar el desarrollo del PC en docentes en formación, se diseñó una intervención educativa contextualmente integrada en el área de didáctica de las matemáticas. Esta intervención educativa se vio respaldada por la reciente inclusión del PC en el currículo de educación primaria en España, concretamente en el área de las matemáticas. Además, se aprovechó el enfoque práctico y manipulativo que caracteriza la enseñanza de las matemáticas en esta etapa educativa, reconociendo su importancia en la mejora de habilidades relacionadas con la resolución de problemas (Real Decreto 157/2022, 1 de marzo de 2022).

A su vez, en las etapas de educación infantil y primaria existe una convergencia entre la resolución de problemas relacionados con la informática, la codificación o la programación y el uso de habilidades matemáticas fundamentales. Esta similitud se manifiesta al aplicar estrategias matemáticas para abordar y resolver tareas de esta naturaleza (Miller, 2019; Peel et al., 2022; Popat y Starkey, 2019; Ye et al., 2023).

4.3.1. Intervención en el grupo experimental

En el grupo experimental, se implementó una intervención centrada en la resolución de problemas utilizando materiales manipulativos desenchufados, específicamente cartas, seleccionadas por su versatilidad para simular elementos computacionales. Cada carta representaba una variable o dato, y las agrupaciones de cartas emulaban vectores o matrices. Por ejemplo, una carta boca abajo simbolizaba una “variable” con valor desconocido, mientras que una carta boca arriba representaba un “dato de tipo entero”, estableciendo paralelismos entre elementos computacionales y conceptos matemáticos.

Las tres sesiones que conformaron la intervención se enfocaron en el desarrollo del pensamiento algorítmico, abordando aspectos como el pensamiento iterativo, recursivo y paralelo, la lógica condicional, la depuración, la detección sistemática de errores y la abstracción. Asimismo, se promovió el uso de vocabulario específico, sistemas de símbolos y representaciones computacionales, así como la exploración y la creatividad en la resolución de problemas. Además, se fomentaron actitudes como la confianza para enfrentar la complejidad, la persistencia ante problemas difíciles y la capacidad para abordar problemas abiertos. Las actividades incluyeron seis tareas que incrementaban gradualmente la dificultad, y centradas en:

- Algoritmos de búsqueda en vectores y matrices.

- Algoritmos de ordenación en vectores y matrices.
- Algoritmos de búsqueda en árboles con recursividad.
- Juegos de lógica y razonamiento espacial.

Para el desarrollo de las tareas, se establecieron reglas que imitaban el comportamiento de una computadora; por ejemplo, la restricción de tener solo una carta boca arriba en cada momento simulaba el uso de una variable auxiliar en un algoritmo de búsqueda. O bien, se promovió el conteo de iteraciones (cantidad de cartas volteadas) durante la resolución de los problemas, introduciendo así los conceptos de iteración y depuración.

Por último, durante la resolución de las tareas, se instó al estudiantado a documentar detalladamente por escrito los pasos seguidos, de modo que sus informes permitieran a otros reproducir el procedimiento seguido para resolver los problemas. Esto se basó en la propuesta de PC a través de explicaciones algorítmicas de Peel et al. (2022).

4.3.2. Intervención en el grupo control

En el grupo control, se aplicó una metodología de aprendizaje basado en problemas más teórica, enfocada en el análisis de problemas resueltos sin el uso de materiales manipulativos.

En la primera sesión, se asignó a cada estudiante uno o dos componentes del PC (por ejemplo, pensamiento algorítmico, abstracción, lógica condicional, pensamiento iterativo, recursivo y depuración). También se proporcionó documentación explicativa para que elaboraran resúmenes, diagramas o mapas conceptuales, resaltando la información más relevante.

En la segunda sesión, los estudiantes se agruparon atendiendo a los componentes asignados. De esta forma, al compartir sus trabajos, cada grupo se haría experto en esa componente concreta asignada. También, en la segunda sesión, se proporcionó a cada grupo tres problemas resueltos equivalentes a los trabajados en el grupo experimental y en esas soluciones debían identificar cómo se manifestaban los componentes del PC asignados. De esta forma, se trabajaron los mismos componentes del PC que en el grupo experimental.

Por último, en la tercera sesión, se reorganizaron los grupos para incluir estudiantes con diferentes componentes asignados. Cada estudiante explicó a sus compañeros su componente y cómo se reflejaba en los problemas analizados. Para finalizar, el docente planteó preguntas para fomentar el debate y alcanzar

consensos, como: "*¿Cuál es la diferencia entre pensamiento iterativo y lógica condicional?*"

4.4. Proceso de recogida de datos

El proceso de recogida de datos se desarrolló siguiendo protocolos rigurosos y respetando los principios éticos de la investigación científica, con el fin de garantizar la calidad y confiabilidad de la información obtenida.

La intervención educativa se implementó durante cinco sesiones para cada grupo participante con dos sesiones de recogida de datos por grupo. El *pretest* se aplicó al grupo experimental el 4 de mayo de 2023 y al grupo control el 8 de mayo de 2023, utilizando la *Computational Thinking Scale (CTS)* como instrumento de medición inicial del nivel de PC.

La intervención en el grupo experimental consistió en tres sesiones de dos horas cada una, donde se empleó una metodología de resolución de problemas utilizando cartas como material desenchufado. Estas actividades fueron diseñadas para fomentar la participación activa, la colaboración y el desarrollo de habilidades de PC de manera lúdica y práctica, sin el uso de dispositivos tecnológicos.

Por otro lado, el grupo control recibió la misma cantidad de sesiones y horas, pero continuó con un enfoque analítico clásico basado en problemas resueltos, siguiendo metodologías "tradicionales" de enseñanza. Esto permitió establecer una comparación entre ambos grupos para evaluar el efecto de la intervención.

El *postest* se aplicó el 16 de mayo de 2023 al grupo experimental y el 23 de mayo de 2023 al grupo control, nuevamente utilizando la CTS para medir posibles cambios en las habilidades de PC tras la intervención. Los datos obtenidos en las mediciones pretest y postest fueron recopilados y almacenados de forma segura para su posterior análisis estadístico.

Una vez finalizada la intervención educativa, se realizó una sexta sesión dedicada a la realización de entrevistas semiestructuradas con los participantes del grupo experimental. Las entrevistas se llevaron a cabo durante el periodo lectivo y en el aula ordinaria para garantizar su disponibilidad y comodidad. Cada entrevista tuvo una duración aproximada de entre 10 y 15 minutos.

Las entrevistas fueron grabadas en audio, previa obtención del consentimiento informado de los participantes, asegurando la confidencialidad y el anonimato de sus respuestas. Posteriormente, las grabaciones fueron transcritas íntegramente para facilitar el análisis cualitativo de los datos utilizándose un sistema de códigos para identificar a cada participante sin revelar su identidad,

respetando los principios éticos y legales de protección de datos personales.

4.5. Tratamiento y análisis de datos

Los datos cuantitativos se analizaron utilizando el software estadístico SPSS, versión 25. Se aplicaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y de homogeneidad de varianzas (Levene) para evaluar la distribución de las variables y asegurar la validez de los análisis posteriores. El test de Shapiro-Wilk se eligió debido al tamaño reducido de la muestra, asegurando así una evaluación precisa de la normalidad en los datos, tanto en la etapa previa como posterior a la intervención. Paralelamente, las pruebas de Levene permitieron confirmar la homocedasticidad de las variables, facilitando el uso de análisis paramétricos en la comparación de resultados.

En el caso de que las condiciones de normalidad se cumplieran, se utilizaron pruebas t para muestras relacionadas e independientes; de lo contrario, se recurrió a pruebas no paramétricas, como la U de Mann-Whitney. Se estableció un nivel de confianza del 95 % ($p < 0.05$) para la interpretación de los resultados.

Por otro lado, el análisis cualitativo se realizó con el software NVivo versión 14.23.0. Se llevó a cabo una codificación inductiva de las transcripciones, identificando categorías y subcategorías temáticas. Se utilizó una codificación “en vivo” y posteriormente una codificación axial para estructurar las relaciones entre categorías. Por último, se elaboraron mapas conceptuales y matrices de codificación para profundizar en el análisis.

4.6. Ética de la investigación

El compromiso ético se consideró en todo momento durante el desarrollo de la investigación, asegurando el respeto hacia los participantes y la protección de sus datos personales, así como la integridad y fiabilidad de los resultados obtenidos. Se siguieron los principios éticos establecidos para investigaciones con seres humanos, y se cumplió con las normativas vigentes de protección de datos personales.

En esta investigación, se garantizaron los aspectos éticos fundamentales a través de varias acciones específicas, siguiendo las directrices establecidas por el Comité de Ética de la Universidad de Granada (número de registro: 3500/CEIH/2023). Estas acciones incluyeron:

- **Información y voluntariedad:** se aseguró que cada participante recibiera información detallada sobre los objetivos y procedimientos del estudio, explicando claramente que su participación era voluntaria y que tenían el

derecho de retirarse en cualquier momento sin sufrir ninguna consecuencia negativa.

- **Consentimiento informado:** se obtuvo el consentimiento informado de cada participante, asegurando que comprendieran completamente los términos de su participación.
- **Confidencialidad y anonimato:** los datos recopilados se manejaron bajo estrictas medidas de confidencialidad y se utilizaron exclusivamente para fines investigativos, respetando en todo momento el anonimato de los participantes en la presentación y difusión de los resultados.
- **Respeto a la voluntariedad:** se respetó la voluntariedad en la participación, proporcionando un entorno en el que cada participante se sintiera libre de expresar sus opiniones y experiencias sin presiones ni obligaciones.
- **Rigor metodológico:** la planificación cuidadosa y el rigor metodológico en el proceso de recogida de datos permitió garantizar la validez y fiabilidad de la información obtenida, contribuyendo de manera significativa al logro de los objetivos de la investigación.
- **Veracidad y transparencia:** se garantizó la veracidad y transparencia en el tratamiento de los datos, asegurando que los resultados presentados reflejaran fielmente las observaciones y experiencias reportadas por los participantes.
- **Propiedad intelectual:** se respetó la propiedad intelectual de las fuentes utilizadas mediante una adecuada citación de los autores en todos los textos derivados de esta investigación.

Finalmente, se establecieron acciones para la divulgación responsable de los datos de la investigación, mediante la publicación de artículos científicos y la presentación en congresos académicos, garantizando que los resultados contribuyeran al conocimiento en el campo educativo sobre el desarrollo del PC, sin comprometer la confidencialidad ni la privacidad de los participantes.

5. PUBLICACIONES

5.1. Publicación 1

Universidad de Vigo



Revista de Investigación en Educación, 202*, *, *-*

DOI: <https://doi.org/10.35869/reined.vxxix.xxxx>

<https://revistas.webs.uvigo.es/index.php/reined>

ISSN 1697-5200 | e-ISSN 2172-3427

Desarrollo del pensamiento computacional “desenchufado” mediante resolución de problemas: una revisión sistemática y meta-análisis

Development of “Unplugged” Computational Thinking through Problem Solving: Systematic Review and Meta-analysis

Natalia Moreno Palma¹, Francisco Javier Hinojo Lucena², José María Romero Rodríguez³, Magdalena Ramos Navas-Parejo⁴

¹ Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada. nmoreno@ugr.es

² Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada. fhinojo@ugr.es

³ Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada. romejo@ugr.es

⁴ Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada. magdalena@ugr.es

Recibido: **/**/****

Aceptado: **/**/****

Copyright ©
Facultad de CC. de la Educación y Deporte.
Universidad de Vigo



Dirección de contacto:
Nombre autor/a de contacto.
Escribir aquí dirección de contacto.

Resumen

La creciente demanda de profesiones tecnológicas ha impulsado la educación STEAM y el desarrollo del pensamiento computacional desde edades tempranas. Aunque enseñar programación se considera eficaz para fomentar este tipo de pensamiento, se ha observado que centrarse exclusivamente en la codificación a corto plazo puede no ser la estrategia más adecuada. El objetivo de este trabajo fue analizar estudios empíricos que tratan sobre el desarrollo del pensamiento computacional en alumnado de diferentes etapas educativas. Para ello, se utilizó una metodología de revisión sistemática con meta-análisis, donde se analizaron 12 estudios realizados en etapas educativas desde educación infantil hasta superior. Once de esos estudios reportaron evidencias significativas de aprendizaje del pensamiento computacional mientras que solamente uno de ellos no halló diferencias significativas. A su vez, el tamaño del efecto global fue significativo a favor del grupo experimental. Finalmente, este enfoque se adapta a las necesidades de los niños, ya que les permite aprender de manera lúdica y creativa, fomentando habilidades cognitivas, lógicas y de resolución de problemas.

Palabras clave

Pensamiento computacional, pensamiento computacional desenchufado, resolución de problemas, recursos educativos, prácticas educativas.

Abstract

The increasing demand for technological professions has boosted STEAM education and the development of computational thinking from an early age. Although teaching programming is considered effective in fostering this type of thinking, it has been observed that focusing exclusively on coding in the short term may not be the most appropriate strategy. The aim of this work was to analyze empirical studies that deal

Autoría en formato APA. P. ej.: Pazo, A., y Pérez, U.

with the development of computational thinking in students of different educational stages. For this purpose, a systematic review with meta-analysis methodology was used, where 12 studies conducted in educational stages from preschool to higher education were analyzed. Eleven of these studies reported significant evidence of learning computational thinking while only one of them found no significant differences. In turn, the overall effect size was significant in favour of the experimental group. Finally, this approach adapts to the needs of children, as it allows them to learn in a playful and creative way, fostering cognitive, logical, and problem-solving skills.

Keywords

Computational thinking, computational thinking unplugged, problem solving, educational resources, educational practices.

1. INTRODUCCIÓN

La potencialidad de los medios computacionales a nuestra disposición ofrece un panorama en el que se ha vuelto necesario capacitarse para profesiones de ámbito informático. Es por este motivo por lo que algunas de las profesiones más demandadas en la sociedad global y cambiante en la que nos encontramos requieren habilidades y capacidades que permitan trabajar en ambientes virtuales y digitales, el manejo de datos a gran escala, de software específicos o de la programación (Abesadze y Nozadze, 2020).

Como respuesta a esta demanda profesional, los sistemas educativos de diferentes países han comenzado a fomentar el desarrollo de competencias asociadas a disciplinas técnicas (Mouza et al., 2020; Romero-Rodríguez et al., 2021; Saad y Zainudin, 2022; Segredo et al., 2017). Estas competencias, habilidades y destrezas que caracterizan a profesionales de la computación, ingenieros o técnicos y que capacitan para el desempeño de profesiones estrechamente ligadas a la tecnología, describen una forma de pensar, un pensamiento específico: el pensamiento computacional (Ezeamuzie y Leung, 2022).

Teniendo en cuenta que el dominio de la programación y la codificación es la más clara de las señales que indican un control de habilidades, destrezas y capacidades que conforman el pensamiento computacional, plantearse enseñar estas disciplinas desde las primeras etapas educativas es una de las soluciones más comunes que podemos encontrar en la literatura, enfoque respaldado por la teoría conductista del aprendizaje (Belmar, 2022; Buitrago et al. 2017; Fagerlund et al. 2021; Palts y Pedaste, 2020).

A pesar de que enseñar a programar puede parecer ideal para mejorar el pensamiento computacional, múltiples estudios sugieren que aprender lenguajes de programación específicos no garantiza su desarrollo integral (Buitrago et al, 2017; Kandemir et al., 2021). Sin embargo, la programación puede ser efectiva para este propósito si se aborda desde un enfoque constructivista, enfocándose en una instrucción a largo plazo que tenga en cuenta las características del aprendizaje, más que centrada en el aprendizaje de lenguajes específicos a corto plazo (Papavlasopoulou et al., 2019).

Por esta razón, el desarrollo del pensamiento computacional mediante la enseñanza de la programación o codificación a estudiantes inexpertos siguiendo el paradigma construccionalista requiere una cadena de logros cognitivos para los que se necesita tiempo y recursos personales muy concretos que dificultan este tipo de puesta en

práctica (Buitrago et al., 2017; Fuente-Rosado y Moo-Medina, 2017; Mouza et al., 2020).

Por otro lado, diversos estudios han explorado el uso de tecnologías avanzadas como la robótica, realidad aumentada e inteligencia artificial para fomentar el pensamiento computacional (Aristawati et al., 2018; Lin et al., 2021; Mejía et al., 2022; Witherspoon et al., 2017). A pesar de su potencial, estas herramientas pueden tener restricciones debido a su costo y la necesidad de formación especializada para los docentes (Cerón, 2022).

Alternativamente, el enfoque construccionista del aprendizaje del pensamiento computacional sugiere que se pueden establecer las bases de este tipo de pensamiento desde edades tempranas sin depender de computadoras (Montes-León et al., 2020; Threekunprapa y Yasri, 2020). Bajo este enfoque, se prioriza la observación, manipulación o la resolución de problemas y una vez llegado el momento, se introducen conceptos relacionados con la codificación o programación, previo desarrollo de las habilidades necesarias para su correcto desempeño (Pinto y Osório, 2019).

Este planteamiento de la enseñanza se presenta como opción factible de ser llevada a las aulas pues se han observado resultados sólidos de aprendizaje siguiendo este enfoque y, además, no se precisarían recursos educativos que supongan un coste elevado para los centros ni personal específicamente cualificado en computación en todas las etapas educativas (Bell y Vahrenhold, 2018; Hromkovic y Staub, 2019; Zapata-Ros, 2019).

A la luz de las aportaciones teóricas, se planteó el objetivo de analizar los estudios empíricos que tratan sobre el desarrollo del pensamiento computacional en alumnado de diferentes etapas educativas, determinando aquellas investigaciones que utilicen metodologías de resolución de problemas y materiales o recursos desenchufados, es decir, que no precisen de computadoras para su puesta en práctica.

Las preguntas de investigación que, junto con este objetivo principal, guiaron el presente estudio fueron las siguientes:

- RQ1: ¿Cuáles son las características más destacadas de los estudios (distribución geográfica y temporal, tipologías de publicación, procedimientos de selección de muestras y configuración de grupos, características de las muestras, instrumentos de evaluación y diseños metodológicos) que se han desarrollado sobre este tipo de intervención con estudiantes?
- Q2: ¿Cuáles son las características más relevantes de las intervenciones (ámbito del conocimiento en el que se desarrollan, procedimientos, prácticas, estrategias, técnicas y recursos de intervención) que se han implementado?
- Q3. ¿Cuál es la evidencia significativa de los estudios para generar mejoras en el desarrollo del pensamiento computacional en el estudiantado?

2. MARCO TEÓRICO

Se realizó una Revisión Sistemática de la Literatura (SLR) con meta-análisis, con el propósito de obtener un análisis detallado, selectivo, crítico y estructurado del tópico seleccionado (Page et al., 2021a; Page et al., 2021b). A su vez, se utilizó la estructura formal del marco PICOC para definir el objetivo y el ámbito de la revisión (Petticrew y Roberts, 2008). Dado que el objetivo de este estudio no fue comparar dos tipos de

Autoría en formato APA. P. ej.: Pazo, A., y Pérez, U.

intervenciones, se ajustó la búsqueda al acrónimo PIOC y, en consecuencia, el objetivo se tradujo de la siguiente manera: analizar que intervenciones basadas en una metodología de resolución de problemas con recursos o materiales “desenchufados” (I) se han implementado para favorecer el pensamiento computacional (O) en estudiantes (P) de diferentes niveles educativos (C).

La búsqueda de producción se realizó en base a dos conceptos: “pensamiento computacional” y “resolución de problemas”. Además, para centrar la búsqueda en el campo de la educación se incluyeron los términos “educación” y “estudiantes”. Puesto que el término “unplugged” o “desconectado” no se trata de un concepto normalizado o estandarizado, se decidió no incluir en la ecuación de búsqueda para evitar sesgos en el sondeo de la literatura. La variable independiente en esta investigación fue el proceso de instrucción desconectado del pensamiento computacional y la variable dependiente, el pensamiento computacional.

Para formular la ecuación de búsqueda, se llevó a cabo un análisis temático de los términos centrales de búsqueda utilizado para ello el Tesaurus de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2022) y el Tesaurus Europeo de la Educación (Educational Resources Information Center [ERIC], 2022). Teniendo en cuenta el análisis PIOC previo, los términos principales y los seleccionados finalmente se muestran en la Tabla 1.

Población	Intervención	Resultados	Contexto
Students	Problem solving	Computational thinking	Education
Términos añadidos			
Post-secondary students			Basic education
University students			Adult education
Postgraduates			Early childhood education
Primary school students			Higher education
Secondary school students			Special needs education
Undergraduates			Formal education
Students Teachers			Secondary education
			Vocational education
			Professional education
			Technical education

Tabla 1. Términos de búsqueda centrales y términos añadidos tras llevar a cabo el análisis temático

Una vez identificados los términos que forman parte de la estrategia de búsqueda se planteó la ecuación de búsqueda que combina los conceptos seleccionados usando lógica booleana. La ecuación canónica que se adaptó a cada fuente de recogida de datos es la siguiente: “problem solving” AND “computational thinking” AND (students OR postgraduates OR undergraduates OR teachers OR education). Con respecto a las fuentes de datos en las que se ha llevado a cabo la investigación, se han seleccionado las bases de datos Web of Science (Web of Science Core Collection, KCI-Korean Journal Database, Current Contents Connect, ProQuest Dissertations & Theses Citation Index, MEDLINE, Preprint Citation Index, SciELO Citation Index, DIOSIS Citation Index, BIOSIS Previews y Derwent Innovations Index) y Scopus. La disciplina y la exigencia en la que se enmarca esta revisión justifica su idoneidad, así como el acceso online y el amplio alcance que ofrecen para su consulta.

Tras definir las preguntas y los objetivos de investigación, la ecuación de búsqueda y las fuentes de datos, se definieron criterios de inclusión y exclusión atendiendo a las premisas de la declaración PRISMA (Page et al., 2021a; Page et al., 2021b). Se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Marco temporal: en base a la relativa actualidad de la temática de la revisión que tiene su origen a comienzos del siglo XXI, se incluyeron investigaciones llevadas a cabo hasta 2022. No se incluyó 2023 por no ser un año finalizado en el momento de realizar la revisión.
- Tipología de estudios: los estudios seleccionados fueron artículos científicos revisados por pares para garantizar la calidad de la investigación
- Idioma: para la correcta selección e interpretación de los datos ofrecidos en los artículos seleccionados por parte de los investigadores, se incluyeron artículos escritos en inglés y español.
- Accesibilidad: con el objetivo de basar esta revisión en una metodología transparente y replicable, se seleccionaron artículos de fuente abierta.
- Metodología: se incluyeron estudios empíricos con diseño preexperimental, experimental o cuasiexperimental en los que se especificara claramente los objetivos de investigación y las metodologías utilizadas; que respondiesen adecuadamente a las preguntas de investigación planteadas; presentaran datos sobre la evaluación de la intervención llevada a cabo y se describiese la misma; en los que se especificaran los recursos y materiales utilizados y fuese clara la relación entre éstos y la interpretación de los datos o las conclusiones obtenidas.
- Temática: se seleccionaron aquellos artículos en los que la intervención llevada al aula no hacía uso de un lenguaje de programación con compilador, de un entorno de desarrollo de software o de programas o aplicaciones softwares. A su vez se seleccionaron artículos en los que la variable dependiente de la investigación fuese el pensamiento computacional (evaluado de forma holística o a partir de algunas de sus componentes) y la variable independiente fuese el proceso educativo llevado a cabo en la intervención de aula.

En conclusión, los criterios de inclusión y exclusión se resumen en la Tabla 2.

Criterios de inclusión (IN)	Criterios de Exclusión (EX)
IN1: Artículos científicos	EX1: Documentos no revisados por pares
IN2: Publicaciones hasta diciembre de 2022	EX2: Artículos no escritos en inglés, francés o español.
IN3: Artículos escritos en inglés, francés o español	EX3: Acceso restringido
IN4: Acceso abierto	EX4: Investigaciones no empíricas
IN5: Investigaciones empíricas con diseño preexperimental, experimental o cuasiexperimental	EX5: Investigaciones que usen metodologías educativas, materiales y recursos didácticos
IN6: Investigaciones que usen metodologías educativas, materiales desenchufados y recursos didácticos desenchufados para desarrollar el pensamiento computacional.	EX5: Investigaciones que usen metodologías educativas, materiales y recursos didácticos enchufados o no tengan por temática desarrollar el pensamiento computacional.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.

Una vez finalizada la fase de planificación del proceso de revisión, se procedió con la fase de acción. Siguiendo el protocolo PRISMA (Page et al., 2021a; Page et al., 2021b), se efectuó el sondeo de la literatura usando la ecuación de búsqueda canónica adaptada a cada base de datos y se ejecutaron diferentes consultas hasta obtener los registros

finales. El número de registros obtenidos en la última consulta puede verse en la Tabla 3.

Ecuación de búsqueda para Web of Science	Registros
TS= ('problem solving' AND 'computational thinking' AND (student* OR postgraduate* OR undergraduate* OR teacher* OR education))	768
Ecuación de búsqueda para Scopus	Registros
(TITLE-ABS-KEY ('problem solving') AND TITLE-ABS-KEY ('computational thinking') AND TITLE-ABS-KEY (student* OR postgraduate* OR undergraduate* OR teacher* OR education))	795

Tabla 3. Registros obtenidos en las bases de datos Web of Science y Scopus.

Se utilizó Refworks como herramienta de gestión bibliográfica para organizar la información de los estudios obtenidos en las búsquedas y se empleó una plantilla de selección previamente confeccionada en una hoja de extracción de datos (Excel) para registrar los motivos de exclusión de cada estudio. Además, se utilizó otra plantilla para codificar y extraer datos de los estudios seleccionados para la revisión final. Todas las acciones implementadas durante el proceso de selección de los estudios (representado en la Figura 1) se llevaron a cabo manualmente sin usar herramientas automatizadas.

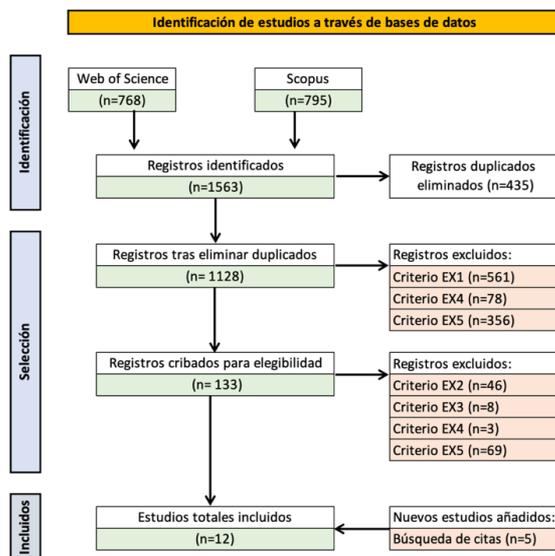


Figura 1. Diagrama de flujo.

Una vez confirmada la muestra final de estudios, se extrajeron y codificaron los datos y la información de cada estudio en torno a las siguientes variables: (a) características contextuales y descripción de la muestra (país, procedimiento de selección de muestras,

Desarrollo del pensamiento computacional "desenchufado" mediante resolución de problemas: una revisión sistemática y meta-análisis

tamaño de la muestra, edad de la muestra, género de la muestra y nivel educativo de la muestra), (b) características metodológicas (diseño metodológico, instrumentos de evaluación usados para medir las variables dependientes y tipo de análisis de datos), (c) características de la variable independiente (el entorno en el que se desarrolla la intervención, áreas o componentes de la intervención, duración, procedimientos, prácticas, estrategias, técnicas y/o recursos de la intervención); (d) variables dependientes y resultados (componentes del pensamiento computacional analizados y resultados obtenidos).

Finalmente, para el meta-análisis se utilizó la medida de diferencia de medias estandarizada como indicador de los resultados (Viechtbauer, 2010). Se aplicó un modelo de efectos aleatorios a los datos, tal como se muestra en la Tabla 4. Para evaluar el grado de heterogeneidad (τ^2), además de calcular esta medida, se llevó a cabo la prueba Q para detectar heterogeneidad y se estimó el estadístico I^2 . Cuando se identificó cierto nivel de heterogeneidad ($\tau^2 > 0$, sin importar los resultados de la prueba Q), se estableció un intervalo de predicción para estimar con mayor precisión los resultados reales (Tabla 5). Para detectar estudios atípicos o influyentes en el modelo, se analizaron los residuos estandarizados y las distancias de Cook. Los estudios con residuos estandarizados superiores al percentil $100 \times (1 - .05/(2 \times k))$ de una distribución normal estándar se consideraron posibles valores atípicos. En este caso, se aplicó una corrección de Bonferroni con un nivel alfa de .05 de dos colas, dado que el metaanálisis incluyó seis estudios. Para identificar estudios influyentes, se seleccionaron aquellos con distancias de Cook que excedían la mediana más seis veces el rango intercuartílico de las mismas. La asimetría del diagrama de embudo se evaluó mediante la prueba de correlación de rangos y la prueba de regresión, utilizando el error estándar de los resultados como predictor (Figura 2). Todo el análisis se llevó a cabo utilizando el software Jamovi, versión 2.3.

	Estimación	Error estándar	Z	p	CI Límite inferior	CI Límite superior
Intercepción	.625	.207	3,02	.003	.220	1,030

Tabla 3. Modelo de efectos aleatorios. Nota: estimador Tau²: máxima verosimilitud restringida.

Tau	Tau ²	I ²	H ²	R ²	df	Q	p
.424	.1799 (SE = .1618)	71,36%	3,491	.	5,000	16,231	.006

Tabla 4. Estadísticas de heterogeneidad.

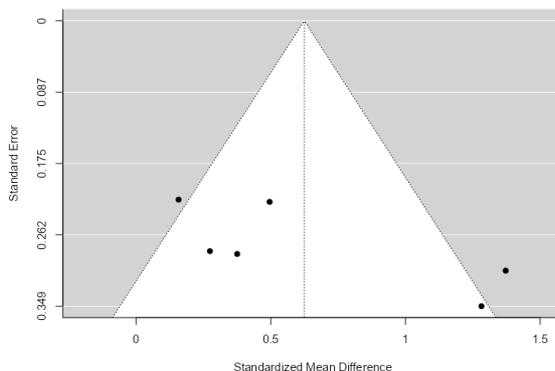


Figura 2. Diagrama de embudo.

3. INFERENCIAS

Los estudios seleccionados procedieron de Chipre (N=1), Corea del Sur (N=2), España (N=3), Italia (N=1), Turquía (N = 4) y Uruguay (N=1). En términos de la muestra total, en estos estudios se examinaron 764 participantes. El tamaño de la muestra osciló entre 11 y 131 participantes. La distribución de género no varió entre los estudios, las 12 investigaciones incluyeron muestras compuestas tanto por hombres como por mujeres. No se especificaron las edades de los participantes de todos los estudios, pero las etapas educativas en las que se centraron fueron educación infantil (N =5), educación primaria (N = 6) y educación superior (N = 1). Todas las investigaciones utilizaron un muestreo no probabilístico.

En relación a los instrumentos de evaluación, dos estudios utilizaron la escala estandarizada “Computational Thinking Scale” (CTS) (Polat y Yilmaz, 2022; Tonbuloglu y Tonbuloglu, 2019), un estudio empleó el test estandarizado “Test de Pensamiento Computacional” (TPC) (Merino-Amero et al., 2022) y el resto de los estudios utilizaron instrumentos ad hoc (Angeli y Valanides, 2019; Delal y Oner, 2020; Del Olmo-Muñoz et al., 2020; García-Valcárcel y Caballero-González, 2019; Gerosa et al., 2022; Nam et al., 2019; Peretti et al., 2020; Shim et al., 2016; Uzumcu y Bay, 2020). Finalmente, dos estudios utilizaron análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos (Tonbuloglu y Tonbuloglu, 2019; Uzumcu y Bay, 2020) y los diez estudios restantes utilizaron únicamente metodologías de análisis de datos cuantitativos (Angeli y Valanides, 2019; Delal y Oner, 2020; Del Olmo-Muñoz et al., 2020; García-Valcárcel y Caballero-González, 2019; Gerosa et al., 2022; Merino-Amero et al., 2022; Nam et al., 2019; Peretti et al., 2020; Polat y Yilmaz, 2022; Shim et al., 2016).

En cuanto al diseño de la investigación, tres estudios utilizaron un diseño preexperimental pretest-posttest (Delal y Oner, 2020; Tonbuloglu y Tonbuloglu, 2019; Shim et al., 2016), ocho estudios incluyeron un diseño cuasi experimental pretest-posttest, con un diseño de grupo control no equivalente (Angeli y Valanides, 2019; Del Olmo-Muñoz et al., 2020; García-Valcárcel y Caballero-González, 2019; Gerosa et al.,

Desarrollo del pensamiento computacional "desenchufado" mediante resolución de problemas: una revisión sistemática y meta-análisis

2022; Merino-Amero et al., 2022; Nam et al., 2019; Peretti et al., 2020; Polat y Yilmaz, 2022) y un estudio utilizó un diseño de programa inverso pretest-postest con dos grupos experimentales (uno por cada intervención llevada a cabo) (Uzumcu y Bay, 2020).

En lo que respecta a las características de las intervenciones, en la Tabla 6 se muestran las principales estrategias y técnicas que se utilizaron durante su desarrollo, la duración de las intervenciones, las componentes del pensamiento computacional estudiadas (o bien el pensamiento computacional de una forma holística) y los instrumentos de recogida de información empleados. La mitad de los estudios se valieron de recursos robóticos (N= 6), otros utilizaron la metodología de resolución de problemas basándose en tareas de The Kesfet Projet (www.kesfetprojesi.org) (N=1), de Code.org (<https://code.org/>) (N=1), Bebras (<https://www.bebas.org/>) (N=1) y del currículo escolar vigente para la etapa (N= 3).

Referencia	Componentes	Duración	Procedimientos, materiales y recursos	Instrumentos
Angeli y Valanides (2019)	Pensamiento computacional (holística), relaciones espaciales, depuración, descomposición, intentos fallidos antes del éxito	2 sesiones de 40 min por participante	Resolución de problemas contextualizados a través de una historia y basados en robótica educativa (Bee-bot y tapetes cuadrículados). Uso de dos sistemas de memoria externos diferentes en los grupos control y experimental como apoyo del aprendizaje, (tarjetas o notas escritas). Trabajo individual o colaborativo con el investigador.	Ad hoc
Delal y Oner (2020)	Pensamiento computacional (holística)	2 semanas (5 sesiones de 1 h)	Resolución de problemas basados en desafíos Bebras. Trabajo individual o en grupos.	Ad hoc
Del Olmo-Muñoz et al. (2020)	Pensamiento computacional (holística)	8 semanas (8 sesiones de 45 min)	Resolución de problemas desconectados en el grupo experimental y conectados en el grupo control basados en programas de la plataforma Code.org.	Ad hoc
García-Valcárcel y Caballero-González (2019)	Secuencias, correspondencia acción-instrucción, depuración	8 sesiones (4 h por sesión)	Resolución de problemas basados en robótica educativa. Trabajo colaborativo en grupos. Uso del robot Bee-bot y tapetes cuadrículados. No se especifica la intervención llevada a cabo en el grupo control.	Ad hoc
Gerosa et al. (2022)	Pensamiento computacional (holística)	11 sesiones de 30 min	Resolución de problemas basados en robótica educativa. Trabajo en grupo. Uso del robot RoboTito, tapetes cuadrículados y tarjetas de colores. Uso de dispositivos electrónicos en el grupo control y objetos del entorno en el experimental para programar el robot.	Ad hoc
Merino-Amero et al. (2022)	Pensamiento computacional (holística)	6 semanas (18 sesiones de 45 min)	Resolución de problemas contextualizados en el área de Ciencias Sociales integrando el pensamiento computacional en las tareas del grupo experimental.	TPC

Autoría en formato APA. P. ej.: Pazo, A., y Pérez, U.

Nam et al. (2019)	Secuenciación, resolución de problemas	8 semanas	El grupo experimental siguió una intervención de 4 fases relacionadas con la resolución de problemas. Se hizo uso de robótica educativa (Turteblot y tapetes cuadrículados), tableros numéricos y puzzles. El grupo control utilizó resolución de problemas enmarcados en el currículo de la etapa.	Ad hoc
Peretti et al. (2020)	Habilidades visuales-espaciales, habilidades programación secuencial	4 semanas (3 sesiones de 1 h)	Resolución de problemas contextualizados a través de una historia basados en robótica educativa. Uso del robot Cubetto y tapetes cuadrículados. El grupo experimental y el grupo control fueron evaluados al mismo tiempo, pero el grupo control siguió la intervención tras el grupo experimental.	Ad hoc
Polat y Yilmaz, (2022)	Pensamiento computacional (holística)	7 semanas (14 sesiones de 1 h)	Resolución de problemas desconectados en el grupo experimental y conectados en el grupo control basados en el currículo vigente. Trabajo en grupo, en parejas o individual.	CTS, Ad hoc
Shim et al. (2016)	Repetición, condición, bifurcación, parámetros, secuencia, función	Una sesión (8 h)	Resolución de problemas basados en robótica educativa. Ludificación. Uso de robots programables mediante interfaz táctil y tableros de juego.	Ad hoc
Tonbuloglu y Tonbuloglu (2019)	Resolución de problemas, creatividad, pensamiento algorítmico, colaboración y pensamiento crítico	10 semanas (2 h semanales)	Resolución de problemas basados en The Kesfet Proje. Trabajo en grupo, por pares o en gran grupo. Uso de torre de Hanoi, tangram y puzzles.	CTS, ad hoc
Uzumcu y Bay (2020)	Comprensión del problema, operadores, bucles, condiciones, diagramas de flujo, descomposición, abstracción, patrón, algoritmo, depuración	2 años (40 h durante dos semanas el primer año y 52 h durante 4 semanas el segundo año)	Resolución de problema abierto. Aprendizaje por descubrimiento. Lluvia de ideas. Discusión socrática. Juego de roles. Trabajo en grupo, por pares o en gran grupo.	Ad hoc

Tabla 6. Características de cada variable independiente.

Por otro lado, teniendo en cuenta los resultados analizados de desarrollo del pensamiento computacional y de las variables vinculadas, siete estudios evaluaron el pensamiento computacional de una forma holística (Angeli y Valanides, 2019; Delal y Oner, 2020; Del Olmo-Muñoz et al., 2020; Gerosa et al., 2022; Merino-Armero, 2022; Tonbuloglu y Tonbuloglu, 2019), uno de ellos no obtuvo diferencias significativas entre grupo control y experimental (Polat y Yilmaz, 2022). Para la variable “secuenciación” (o descomposición), se encontraron un total de cinco estudios (García-Valcárcel y

Desarrollo del pensamiento computacional "desenchufado" mediante resolución de problemas: una revisión sistemática y meta-análisis

Caballero-González, 2019; Nam et al., 2019; Peretti et al., 2020; Uzumcu y Bay, 2020; Shim et al., 2016), uno de ellos sin resultados de aprendizaje estadísticamente significativos al comparar los resultados del pretest y postest (Shim et al., 2016). Además, se encontraron dos estudios que mostraron diferencias significativas entre grupos o resultados de aprendizaje estadísticamente significativos para las variables "depuración" (García-Valcárcel y Caballero-González, 2019; Uzumcu y Bay, 2020), "condición" y "bucles" (Shim et al., 2016; Uzumcu y Bay, 2020) y "algoritmia" (Tonbuloglu y Tonbuloglu, 2019; Uzumcu y Bay, 2020). A su vez, se encontró un único estudio que reportó evidencias significativas de aprendizaje para las variables "creatividad", "colaboración", "pensamiento crítico" (Tonbuloglu y Tonbuloglu, 2019), "abstracción y patrón" (Uzumcu y Bay, 2020) y "parámetros" (Shim et al., 2016). También se encontró un único artículo para la variable "función" sin resultados estadísticamente significativos (Shim et al., 2016). Por último, tres estudios consideraron la variable "resolución de problemas" (Nam et al., 2019; Uzumcu y Bay, 2020; Tonbuloglu y Tonbuloglu, 2019) de los cuales uno de ellos no reportó diferencias significativas entre pretest y postest (Tonbuloglu y Tonbuloglu, 2019).

Finalmente, las diferencias de medias estandarizadas encontradas presentaron un rango que iba desde .1580 a 1,3724, con una clara mayoría de estimaciones positivas (100% de las observaciones). El modelo de efectos aleatorios mostró una diferencia media estandarizada estimada de .6247 (IC del 95%: .2196 a 1,0298), por lo que el resultado medio difiere significativamente de cero ($z = 3,0225$, $p = .0025$). La prueba Q evidenció una heterogeneidad considerable en los resultados ($Q(5) = 16,2305$, $p = .0062$, $\tau^2 = .1799$, $I^2 = 71,3586\%$). Al observar el intervalo de predicción de los resultados reales (IC del 95%: -.3001 a 1,5495), se destacó que, aunque la media estimada fuera positiva, algunos estudios podrían arrojar resultados negativos. El análisis de los residuos estandarizados mostró que ninguno de los estudios tenía un valor superior a $\pm 2,6383$, por lo que no existen indicios de valores atípicos en el contexto de este modelo. Según las distancias de Cook, ninguno de los estudios se considera excesivamente influyente. La prueba de regresión indicó asimetría en el diagrama de embudo ($p = .0288$), pero no la prueba de correlación de rangos ($p = .1361$). El tamaño del efecto global fue pequeño, con un d de Cohen de .22, lo que sugiere que la diferencia entre los grupos es mínima.

El diagrama de bosque incluyó los seis estudios que recopilaron información sobre medias y desviaciones estándar para los grupos de control y experimental en relación al pensamiento computacional (Figura 3).

Autoría en formato APA. P. ej.: Pazo, A., y Pérez, U.

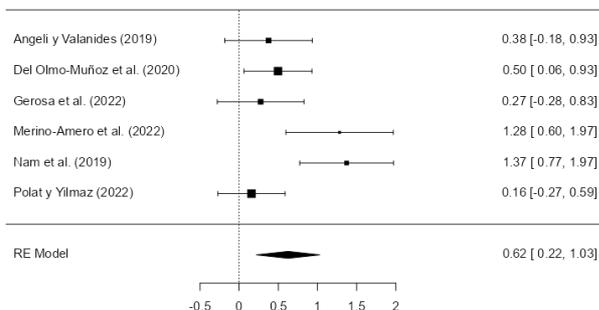


Figura 3. Diagrama de bosque.

4. CONCLUSIONES

El propósito de esta revisión sistemática con meta-análisis fue sintetizar las principales características de las prácticas docentes que tienen por objetivo el desarrollo del pensamiento computacional a través de la aplicación de una metodología basada en la resolución de problemas, utilizando recursos o materiales que no requieren de conexión a dispositivos electrónicos.

En relación a la primera pregunta de investigación, los resultados obtenidos revelan que los estudios empíricos relacionados con esta temática han sido realizados en diversos países, incluyendo Turquía, Uruguay, Corea del Sur, Chipre, Italia y España. Estos estudios abarcan un periodo de tiempo relativamente reciente, comprendido entre los años 2016 (N=1), 2019 (N= 4), 2020 (N=4) y 2022 (N=3). La concentración de estudios durante este período sugiere una mayor conciencia en la importancia del pensamiento computacional en la educación y la búsqueda de estrategias efectivas para su enseñanza, lo que podría tener implicaciones significativas en la forma en que se aborda la educación en el siglo XXI (Segredo et al., 2017; Saad y Zainudin, 2022; Palts y Pedaste, 2020).

La cantidad de artículos incluidos en esta revisión puede considerarse limitada, dadas las diversas áreas en las que el pensamiento computacional puede tener aplicaciones, su estrecha vinculación con la tecnología y las matemáticas, así como su actual relevancia en los planes de estudio educativos vigentes. Esta limitación se debe principalmente a la exclusión de numerosos estudios durante el proceso de selección de este trabajo por el uso de recursos, programación o codificación enchufada. De acuerdo con Zapata-Ros (2015), Buitrago et al. (2017), Belmar (2022), Fagerlund et al. (2021), Cerón (2022) y Kandemir et al., (2021), el principal enfoque actual de las investigaciones llevadas a cabo que tienen por finalidad desarrollar el pensamiento computacional, utilizan recursos enchufados.

Desarrollo del pensamiento computacional "desenchufado" mediante resolución de problemas: una revisión sistemática y meta-análisis

Los resultados obtenidos en esta revisión sistemática resaltan el amplio uso de herramientas pedagógicas específicas en el desarrollo del pensamiento computacional desenchufado en diferentes niveles educativos. En el caso de la educación infantil, se observa una fuerte tendencia hacia la implementación de kits de robótica, que ofrecen a los estudiantes una experiencia tangible y práctica en la comprensión de conceptos computacionales. Este recurso se utiliza principalmente para desarrollar el pensamiento computacional a través de un aprendizaje de los fundamentos de la codificación o programación en edades tempranas. Según señalan Cerón (2022), Buitrago et al. (2017), Aristawati et al. (2018) y Mejía et al. (2022) la adquisición de estas habilidades favorece de manera significativa el proceso de aprendizaje del pensamiento computacional. Esta afirmación se ve corroborada por los resultados de este análisis ya que siete de los 12 artículos seleccionados reportan resultados significativos de mejora del pensamiento computacional siguiendo este enfoque.

Por otro lado, en la educación primaria, se destaca el uso de recursos como puzzles, tarjetas, bloques y problemas impresos, que brindan oportunidades para la resolución de problemas sin necesidad de dispositivos electrónicos que supongan un coste elevado para los centros ni personal específicamente cualificado en computación (Mouza et al., 2020; Threekunprapa y Yasri, 2020; Montes-León et al., 2020; Hromkovic y Staub, 2019; Zapata-Ros, 2019; Bell y Vahrenhold, 2018; Cerón, 2022).

Es importante señalar que, en la etapa de educación primaria, los problemas contextualizados relacionados con la programación o la codificación se utilizan con frecuencia como herramientas efectivas para el desarrollo del pensamiento computacional. Sin embargo, a medida que se avanza en la educación superior, se observa una transición hacia problemas más abiertos y desafiantes.

A su vez, la mayoría de las intervenciones (N=11) se han implementado en las etapas de educación infantil y primaria. Esta observación sugiere un enfoque constructivista en el proceso de enseñanza del pensamiento computacional desenchufado, que busca introducir conceptos computacionales desde edades tempranas en los estudiantes a través de la exploración y la resolución de problemas (Pinto y Osório, 2019; Papavlasopoulou et al., 2019; Belmar, 2022; Fagerlund et al. 2021).

No se han seleccionado estudios que versan sobre esta temática llevados a cabo en la etapa de educación secundaria, debido a que utilizan lenguajes de programación con compilador, entornos de desarrollo de software o aplicaciones software para desarrollar el pensamiento computacional en alumnado de secundaria. La investigación sobre el desarrollo del pensamiento computacional en educación se inició centrada en la programación como herramienta principal y, posteriormente, se reconoció la existencia de diversas formas de promover el desarrollo del pensamiento computacional sin recurrir exclusivamente a la programación o codificación (Bell y Vahrenhold, 2018; Hromkovic y Staub, 2019; Montes-León et al., 2020; Papavlasopoulou et al., 2019; Threekunprapa y Yasri, 2020; Zapata-Ros, 2015; Zapata-Ros, 2019). Esta podría ser otra de las razones por la que la mayor parte de las investigaciones seleccionadas en la presente revisión se han llevado a cabo en etapas educativas inferiores a la Educación Secundaria.

En cuanto a la tercera pregunta de investigación, respecto a la identificación de evidencias sobre la efectividad de las intervenciones desenchufadas para desarrollar el pensamiento computacional, de acuerdo con los resultados de las investigaciones de Hromkovic y Staub (2019), Zapata-Ros (2019), Bell y Vahrenhold (2018),

Autoría en formato APA. P. ej.: Pazo, A., y Pérez, U.

Threekunprapa y Yasri (2020), Montes-León et al. (2020) y Papavlasopoulou et al. (2019), se puede afirmar que el uso de materiales desenchufados, recursos desenchufados y metodologías de resolución de problemas genera mejoras de aprendizaje en habilidades del pensamiento computacional. No obstante, la variabilidad de subdimensiones del pensamiento computacional analizadas en los diferentes estudios no es muy amplia tendiéndose a seleccionar variables generales debido a las cortas edades de los participantes de las investigaciones.

Además, el número de participantes en los estudios oscila ente 11 y 131, el bajo número de participantes en los estudios puede ser un factor limitante a la hora de extraer y generalizar resultados pues éstos pueden verse alterados por la motivación individual de cada individuo o por las características concretas del aprendizaje personal.

Por su parte, el meta-análisis evidenció que el tamaño del efecto global de las investigaciones que utilizaron materiales desenchufados mejoró significativamente el pensamiento computacional de los estudiantes asignados al grupo experimental, tal y como se recoge en el diagrama de bosque.

Esta revisión sistemática arroja luz sobre el creciente interés y desarrollo del pensamiento computacional desenchufado, lo cual se está convirtiendo en un campo de estudio en constante crecimiento. Un hallazgo significativo que emerge de este análisis es la implementación de estrategias de enseñanza de pensamiento computacional desenchufado en las primeras etapas del desarrollo individual, es decir, en la educación infantil y primaria. Este enfoque pedagógico coincide de manera notable con el paradigma construccionista del aprendizaje del pensamiento computacional. Además, este enfoque se adapta especialmente bien a las necesidades de los niños, ya que les permite aprender de manera lúdica y creativa, fomentando habilidades cognitivas, lógicas y de resolución de problemas desde una corta edad.

No obstante, este trabajo presenta algunas limitaciones. La búsqueda bibliográfica, tanto la primaria como la complementaria, se completó en diciembre de 2022, por lo que no se incluyó literatura publicada después de esa fecha. Además, existe la posibilidad de que el sesgo del investigador haya influido en la selección final de los estudios, a pesar de los esfuerzos realizados para mitigar este efecto mediante el uso de rúbricas objetivas y claras en el proceso de selección.

Como posibles direcciones futuras de investigación, se sugiere la realización de un metaanálisis de los estudios recopilados para evaluar el tamaño del efecto general de la investigación. Además, sería valioso llevar a cabo revisiones sistemáticas específicas para investigar en profundidad los estudios que se centran en el desarrollo de los diversos componentes del pensamiento computacional de manera desenchufada.

BIBLIOGRAFÍA

- Abesadze, S. y Nozadze, D. (2020). Make 21st century education: The importance of teaching programming in schools. *International Journal of Learning and Teaching*, 6(3), 6. <http://dx.doi.org/10.18178/ijlt.6.3.158-163>
- Angeli, C. y Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in human behavior*, 105, 105954. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>
- Aristawati, F.A., Budiyanto, C. y Yuana, R.A. (2018). Adopting educational robotics to enhance undergraduate students' self-efficacy levels of computational thinking. *Journal of Turkish Science Education*, 15(Special), 42-50. <http://dx.doi.org/10.12973/tused.10255a>
- Belmar, H. (2022). Review on the teaching of programming and computational thinking in the world. *Frontiers in Computer Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2022.997222>
- Bell, T. y Vahrenhold, J. (2018). CS unplugged—how is it used, and does it work? En H.J. Böckenbauer, D. Komm y W. Unger (Eds.), *Adventures between lower bounds and higher altitudes: essays dedicated to Juraj Hromkovič on the occasion of his 60th birthday*, (pp. 497-521). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98355-4_29
- Buitrago, F., Casallas, R., Hernández, M., Reyes, A., Restrepo, S. y Danies, G. (2017). Changing a generation's way of thinking: teaching computational thinking through programming. *Review of Educational Research*, 87(4), 834-860. <https://doi.org/10.3102/0034654317710096>
- Cerón, J.A. (2022). Lenguaje de programación para niños y niñas: perspectivas conectadas y desconectadas en la educación básica. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 3(1), 45-66. <https://doi.org/10.51660/ripie.v3i1.108>
- Delal, H. y Oner, D. (2020). Developing middle school students' computational thinking skills using unplugged computing activities. *Informatics in Education*, 19(1), 1-13. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.01>
- Del Olmo-Muñoz, J., Cózar-Gutiérrez, R. y González-Calero, J.A. (2020). Computational thinking through unplugged activities in early years of Primary Education. *Computers & Education*, 150 (103832). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103832>
- Educational Resources Information Center (20 de diciembre de 2022). *Tesoro Europeo de la Educación*. <https://vocabularyserver.com/tee/es/index.php>
- Ezeamuzie, N.O. y Leung, J.S. (2022). Computational thinking through an empirical lens: A systematic review of literature. *Journal of Educational Computing Research*, 60(2), 481-511. <https://doi.org/10.1177/0735633121103315>
- Fagerlund, J., Häkkinen, P., Vesisenaho, M. y Viiri, J. (2021). Computational thinking in programming with Scratch in primary schools: A systematic review. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 12-28. <https://doi.org/10.1002/cae.22255>
- García-Valcárcel, A. y Caballero-González, Y.A. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 32(59), 63-72. <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>
- Gerosa, A., Koleszar, V., Tejera, G., Gómez-Sena, L. y Carboni, A. (2022). Educational robotics intervention to foster computational thinking in preschoolers: Effects of children's task engagement. *Frontiers in Psychology*, 13 (904761). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.904761>
- Hromkovič, J. y Staub, J. (2019). Constructing Computational Thinking using CS Unplugged. *Constructivist Foundations*, 14(3), 353-355. Recuperado de <https://bit.ly/3FwjUgm>
- Kandemir, C.M., Kalelioğlu, F. y Gülbahar, Y. (2021). Pedagogy of teaching introductory text-based programming in terms of computational thinking concepts and practices.

- Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 29-45. <https://doi.org/10.1002/cae.22374>
- Lin, Y.S., Chen, S.Y., Tsai, C.W. y Lai, Y.H. (2021). Exploring computational thinking skills training through augmented reality and AIoT learning. *Frontiers in psychology*, 12 (640115). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.640115>
- Mejía, I.C., Salazar, B.G., Zúñiga, R.F. y Hurtado, J.A. (2022). Robótica educativa como herramienta para el desarrollo del pensamiento computacional. Una revisión de la literatura. *Revista Educación En Ingeniería*, 17(33), 68-78. <http://dx.doi.org/10.26507/rei.v17n33.1216>
- Merino-Armero, J.M., González-Calero, J.A., Cózar-Gutiérrez, R. y del Olmo-Muñoz, J. (2022). Unplugged activities in cross-curricular teaching: effect on sixth graders' computational thinking and learning outcomes. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(2), 13. <https://doi.org/10.3390/mti6020013>
- Montes-León, H., Hijón-Neira, R., Pérez-Marín, D. y Montes-León, S.R. (2020). Mejora del Pensamiento Computacional en Estudiantes de Secundaria con Tareas Unplugged. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21(24). <https://doi.org/10.14201/eks.23002>
- Mouza, C., Pan, Y.C., Yang, H. y Pollock, L. (2020). A multiyear investigation of student computational thinking concepts, practices, and perspectives in an after-school computing program. *Journal of Educational Computing Research*, 58(5), 1029-1056. <https://doi.org/10.1177/07356331209056>
- Nam, K.W., Kim, H.J. y Lee, S. (2019). Connecting plans to action: The effects of a card-coded robotics curriculum and activities on Korean kindergartners. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(5), 387-397. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00438-4>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (20 de diciembre de 2022). *Tesaurus de la Unesco*. <https://vocabulary.unesco.org/browser/thesaurus/es/>
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Dhamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021a). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery*, 88 (105906). <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2021.105906>
- Page, M.J., Moher, D., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... McKenzie, J.E. (2021b). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372 (160). <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Palts, T. y Pedaste, M. (2020). A model for developing computational thinking skills. *Informatics in Education*, 19(1), 113-128. <http://dx.doi.org/10.15388/infedu.2020.06>
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M.N. y Jaccheri, L. (2019). Exploring children's learning experience in constructionism-based coding activities through design-based research. *Computers in Human Behavior*, 99, 415-427. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.01.008>
- Peretti, G., Villani, D., Marangi, M., Pelizzari, F., Di Bruno, S., Guida, I., Marchetti, A., Riva, G., Rivoltella, P.C. y Massaro, D. (2020). Coding with me: exploring the effect of coding intervention on preschoolers' cognitive skills. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 18, 153-156. Recuperado de <https://bit.ly/3s0xJ3z>
- Petticrew, M. y Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>
- Pinto, M.S.M. y Osório, A.J. (2019). Aprender a programar en Educación Infantil: Análisis con la escala de participación. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 55, 133-156. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i55.08>

Desarrollo del pensamiento computacional "desenchufado" mediante resolución de problemas: una revisión sistemática y meta-análisis

- Polat, E. y Yilmaz, R.M. (2022). Unplugged versus plugged-in: examining basic programming achievement and computational thinking of 6th-grade students. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9145-9179. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10992-y>
- Romero-Rodríguez, J.M., Aznar, I., Hinojo-Lucena, F.J. y Gómez-García, G. (2021). Uso de los dispositivos móviles en educación superior: relación con el rendimiento académico y la autorregulación del aprendizaje. *Revista Complutense de Educación*, 32(3), 327-335. <https://doi.org/10.5209/rced.70180>
- Saad, A. y Zainudin, S. (2022). A review of Project-Based Learning (PBL) and Computational Thinking (CT) in teaching and learning. *Learning and Motivation*, 78 (101802). <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2022.101802>
- Segredo, E.M., Miranda, G. y León, C. (2017). Towards the education of the future: computational thinking as a generative learning mechanism. *Education in the knowledge society: EKS*, 18(2), 33-58. <http://dx.doi.org/10.14201/eks20171823358>
- Shim, J., Kwon, D. y Lee, W. (2016). The effects of a robot game environment on computer programming education for elementary school students. *IEEE Transactions on Education*, 60(2), 164-172. <http://dx.doi.org/10.1109/TE.2016.2622227>
- Threekunprapa, A. y Yasri, P. (2020). Unplugged Coding Using Flowblocks for Promoting Computational Thinking and Programming among Secondary School Students. *International Journal of Instruction*, 13(3), 207-222. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13314a>
- Tonbuloglu, B. y Tonbuloglu, İ. (2019). The effect of unplugged coding activities on computational thinking skills of middle school students. *Informatics in Education*, 18(2), 403-426. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.19>
- Uzumcu, O. y Bay, E. (2020). The effect of computational thinking skill program design developed according to interest driven creator theory on prospective teachers. *Education and Information Technologies*, 26(1), 565-583. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10268-3>
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36, 1-48. <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v036.i03>
- Witherspoon, E.B., Higashi, R.M., Schunn, C.D., Baehr, E.C. y Shoop, R. (2017). Developing computational thinking through a virtual robotics programming curriculum. *ACM Transactions on Computing Education*, 18(1), 1-20. <https://doi.org/10.1145/3104982>
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (46). Recuperado de <https://bit.ly/45QJoQj>
- Zapata-Ros, M. (2019). Pensamiento computacional desenchufado. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 20, 18-29. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18

5.2. Publicación 2



Article

Effectiveness of Problem-Based Learning in the Unplugged Computational Thinking of University Students

Natalia Moreno-Palma, Francisco-Javier Hinojo-Lucena, José-María Romero-Rodríguez * and María-Pilar Cáceres-Reche

Department of Didactics and School Organization, Faculty of Education Sciences, University of Granada, E-18071 Granada, Spain; nmoreno@ugr.es (N.M.-P.); fhinojo@ugr.es (F.-J.H.-L.); caceres@ugr.es (M.-P.C.-R.)
* Correspondence: romejo@ugr.es

Abstract: Computational thinking is recognized as a critical competency in contemporary education, preparing individuals to tackle complex challenges in a digitally pervasive world. In this quasi-experimental design study with pretest and post-test measures, the possibility of developing computational thinking from the field of didactics of mathematics in higher education students was investigated. This was performed via a problem-based learning (PBL) methodology using problem solving in the experimental group or, alternatively, focused on the analysis of solved problems in the control group. After the intervention, the control group experienced a statistically significant improvement in the scores obtained in the post-test measure. Thus, PBL and problem solving did not lead to an improvement in the students' computational thinking, whereas the analysis of solved problems approach did. Therefore, the results suggested the potential benefits of this latter methodology for teaching computational thinking.

Keywords: computational thinking; computational thinking unplugged; higher education; problem solving; analysis of solved problems

Citation: Moreno-Palma, N.; Hinojo-Lucena, F.-J.; Romero-Rodríguez, J.-M.; Cáceres-Reche, M.-P. Effectiveness of Problem-Based Learning in the Unplugged Computational Thinking of University Students. *Educ. Sci.* **2024**, *14*, 693. <https://doi.org/10.3390/educsci14070693>

Academic Editor(s): Name

Received: 24 May 2024
Revised: 20 June 2024
Accepted: 20 June 2024
Published: 25 June 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Proficiency in computer and programming skills has become a key factor for success and adaptability in an increasingly digitalized world. The ability to understand and apply computer science and programming concepts is a valuable resource in the current era, promoting innovation and problem-solving across a wide range of fields [1].

For these reasons, the development of computational thinking has become of paramount importance in today's society as it provides a structured and logical approach to addressing complex problems and making informed decisions. This type of thinking promotes higher cognitive processes, goes beyond programming, and focuses on problem solving and the ability to approach challenges in a systematic manner [2]. Starting this learning process from an early age allows students to acquire solid skills and a mindset to meet future technological challenges [3].

In addition to being relevant for students, it is also essential to focus on the development of computational thinking in future teachers. These professionals will not only transmit their knowledge but will also play a fundamental role in the formation of relevant 21st-century skills and competencies. Therefore, training teachers in computational thinking not only enhances their learning but also promotes quality education for the modern world, where technology and information play an increasingly important role in our daily lives [4].

With the purpose of fostering the development of computational thinking in teachers in training, a contextually integrated educational intervention was designed in the area of mathematics didactics. This educational intervention was supported by the recent

inclusion of computational thinking in the primary education curriculum in Spain, specifically in the area of mathematics. Additionally, the practical and manipulative approach that characterizes mathematics teaching at this educational stage was leveraged, recognizing its importance in improving skills related to problem-solving [5].

An approach was chosen that would allow students to explore computer-related concepts and problem-solving without relying on digital technology. In other words, it was decided to develop computational thinking in an unplugged way [6]. The choice to develop “unplugged” computational thinking was due to the participants’ lack of prior programming or coding experience. The unplugged approach was adopted as a pedagogical strategy to introduce computational thinking to avoid affecting the research by the participants’ level of familiarity with the technological tools most commonly used in the computer field. This approach is especially beneficial in educational environments where technological resources may be limited or in situations where there is a desire to gradually introduce students to computational thinking before engaging more advanced digital tools [7].

Consequently, a quasi-experimental research design was carried out with a control group and an experimental group. In both groups, the promotion of computational thinking was pursued using a problem-based learning (PBL) methodology. In the experimental group, this was focused on problem-solving using Spanish playing cards, while the control group used a classical approach with solved problems as a resource to understand and evaluate solutions to the posed questions.

To assess the effectiveness of the methods used, the following research questions were formulated:

- RQ1: How do PBL methodologies influence the development of computational thinking?
- RQ2: Is problem-solving with Spanish playing cards more effective than the classical approach of analyzing solved problems in developing computational thinking?

Therefore, the main hypothesis of this research posited that both methods were effective in developing computational thinking; in addition, the secondary hypothesis suggesting that problem solving might be a more effective methodology in this context was also explored.

State of the Art

Computational thinking is a concept that has evolved in recent decades in the fields of education and computer science. Despite its growing importance in modern society, there is no single, universally accepted definition that fully and definitively captures what computational thinking entails. This phenomenon reflects the multifaceted and constantly developing nature of this field, as well as the diverse perspectives from which it can be approached [8].

Nevertheless, although there is no universally accepted definition of computational thinking, the literature on this concept shows notable consistency in the dimensions, components, skills, or concepts it encompasses [9]. Computational thinking is operationalized in the literature as a collection of concepts or components such as abstraction, decomposition, debugging, iteration, algorithms, evaluation, or generalization. These dimensions are recognized as essential to computational thinking, commonly researched, and closely linked to computing practices [10].

Computational thinking, as a formal concept, emerged with the advent of computers. However, although the term and the central idea gained relevance in the digital era, the components or dimensions that constitute computational thinking preexist modern computers [7]. Before the proliferation of digital technology, there were already methods and techniques for problem solving that, although not called “computational thinking”, shared similarities with its principles. With the arrival of computers, the concept of

computational thinking emerged, giving a new nuance and relevance to problem-solving, focusing on the use of connected tools and specifically programming [11].

For this reason, the development of computational thinking through unplugged problem-based learning is presented as a coherent and highly relevant alternative in current education [12]. This approach is based on the recognition of computational thinking as a set of essential cognitive skills that enable individuals to approach complex problems logically and efficiently and not simply as a technological skill [6]. By placing a central emphasis on problem solving or analysis as the core of computational thinking education, the development of algorithmic, critical, or analytical thinking is promoted, among other higher-order cognitive processes that are essential not only in the field of computing but in virtually all disciplines and everyday life contexts [13].

Given that computational thinking has an inherent connection with computer science and computing, an approach to problem-solving for beginners in this field can be proposed from the perspective of computational logic and basic data structure [14]. In this direction, the balance between accessibility and complexity of the search and sorting algorithms positions them as an ideal context for challenging students of various educational stages. Its understanding and elaboration provide a solid foundation for learning computer science and enhancing problem-solving skills [15].

In turn, in the stages of early childhood and primary education, there is a convergence between solving problems related to computing, coding, or programming and the use of fundamental mathematical skills [16]. This similarity manifests itself when applying mathematical strategies to approach and solve tasks of this nature. For example, logic, sequential reasoning, and the understanding of patterns and relationships, all essential elements in mathematics, become crucial tools in the process of internalizing computational concepts [17]. For these reasons, the area of mathematics is ideal for the development of computational thinking via the resolution of unplugged algorithmic problems in primary education [18,19].

There are numerous unplugged materials that have been used to develop computational thinking skills; among the most popular are robotic kits, paper tasks, or board and card games, the latter being the most common [12]. Board and card games encourage interaction and high-level thinking, aligning with programming and coding principles [20]. These resources have a long history of use in education and have demonstrated significant teaching and motivational results in developing computational thinking [21–24].

On the other hand, several studies have shown that the computational thinking of pre-service teachers is influenced by multiple attitudinal, emotional, and behavioral factors, such as self-efficacy, confidence, interest, and willingness to learn. Additionally, the applicability of the acquired knowledge and the possibility of using it in the future is crucial for improving their skills related to this type of thinking [4]. Given the influence of such factors on the computational thinking of teachers in training, opting for the implementation of active and participatory methodologies in the learning process of computational thinking skills can be a strategy to motivate and reinforce these aspects in the educational process [25–27].

Based on these considerations, it was decided to carry out quantitative research with a quasi-experimental design involving a control group and an experimental group composed of undergraduate degree students in primary education. The aim of the research was to evaluate the impact of a PBL methodology applied using two different approaches. On one hand, problem-solving using Spanish playing cards as unplugged material was employed in the experimental group, and on the other hand, a classical approach to analyzing solved problems of the same type was used in the control group.

The intervention tasks for both the experimental and control groups focused on simulating computational problems. The tasks were designed to introduce students to situations that required creating, analyzing, optimizing, or debugging search and sorting algorithms. The aim was to develop an intervention useful for their future careers that would

motivate and interest the students, promote attitudinal factors, and be based on the application of prior knowledge to solve challenges.

To assess the impact of the implementation of such tasks, the following hypotheses were formulated:

H1. *Students who face problems related to data sorting and searching through the use of cards achieve statistically significant improvements in their computational thinking skills.*

H2. *Students who analyze solved problems related to data sorting and searching with cards achieve statistically significant improvements in their computational thinking skills.*

H3. *Students who face problems related to data sorting and searching through the use of cards obtain, in statistically significant terms, higher development of computational thinking with respect to students who analyze the same type of solved problems with a classical approach.*

2. Materials and Methods

The participants were students from the Primary Education Degree at the Faculty of Education, Economics and Technology of Ceuta. The study sample consisted of two pre-established groups from the second and third years of the degree; therefore, the sampling used in the research was non-probabilistic by pre-established groups.

The study was conducted during class hours and was taught in the subjects of Teaching and Learning Mathematics for Primary Education (TLMPE) in the second year and Design and Development of the Mathematics Curriculum for Primary Education (DDMCPE) in the third year. Participation in the study was optional, and the research was approved by the Ethics Committee of the University of Granada (registration number: 3500/CEIH/2023). The sample consisted of 31 students (5 males and 26 females), where the experimental group (hereafter group A) was composed of 2 males and 11 females, and the control group (hereafter group C) included 3 males and 15 females.

After applying the pretest and analyzing the homoscedasticity of the groups, no significant differences were observed between the groups in terms of variances in the results. Therefore, considering that the demographic characteristics and the size of the groups were similar, the third-grade group was selected as the control group and the second-grade group as the experimental group.

The Computational Thinking Scale (CTS) [28] was used as a pretest and post-test data collection instrument. This five-point Likert-type scale consists of 29 items that can be grouped into five factors: creativity (8 items), algorithmic thinking (6 items), cooperativity (4 items), critical thinking (5 items), and problem-solving (6 items). The CTS measures students' computational thinking skill levels and has been validated in higher education students. Additionally, reliability values for the CTS above 0.7 were obtained, calculated from Cronbach's Alpha coefficient, in the pretest and post-test measurements of the global scale (obtained from the 5 factors) and the three dimensions analyzed.

2.1. Data Analysis

The Shapiro–Wilk normality test was applied to the data sets selected due to the sample size not exceeding 50 individuals. In turn, Levene's tests were conducted to examine the homoscedasticity of the variables under consideration. Finally, hypothesis testing was performed using both parametric analyses with independent and related samples T-tests, as well as non-parametric analyses with Mann–Whitney U tests. The entire data analysis process was carried out using SPSS statistical software, version 25.

2.2. Procedure and Materials

The research was developed in five sessions per group. The pretest application in group A took place on 4 May 2023, while the post-test was applied on 16 May 2023. Group

C received pretest administration on 8 May 2023 and post-test administration on 23 May 2023. Each group participated in an intervention consisting of three sessions, with each session lasting two hours.

The teacher responsible for both subjects, whose class time was used to conduct the research, developed the activities for both groups. The subjects of TLMPE and DDMCPE were selected because they belong to the field of mathematics didactics and due to the recent introduction of computational thinking into the primary mathematics curriculum.

In addition, it was decided to work with a PBL methodology, following the methodological line of the subjects to be taught in the groups. Consequently, an intervention program was implemented to improve computational thinking skills in the experimental group, based on problem-solving using manipulative materials and selecting cards for their versatility to simulate computational elements. Meanwhile, in the control group, the methodology focused on the analysis of solved problems without manipulative material.

When planning the intervention for the experimental group, the model for developing computational thinking skills by Palts and Pedaste [29] was used as a framework to investigate cognitive development through card games. Based on the three-stage sequential structure proposed by this model, a learning scenario was created in which the dynamics of card games were adapted specifically to address the phases of defining the problem, solving it, and analyzing the solutions in a playful and algorithmic context.

The intervention tasks were designed to simulate computational situations of data searching or sorting in which higher-level concepts were worked on in a context of basic unplugged coding or programming. More specifically, the purpose of using cards was to generate a learning situation in which each card emulated a variable or data point, and grouping cards simulated a vector or matrix. For example, when a card is face down on the table, and its value is unknown, it represents a “variable”, whereas if it is face up, it is an “integer data type”, making a similarity with computational elements along with mathematical concepts [19].

The different problems posed to the students of the experimental group were designed to generate the need to create search or sorting algorithms, varying the difficulty of the problems as the different objectives set for each session were achieved. The groupings for the tasks changed in each session, working both individually, in pairs, and in large groups.

To simulate the behavior of a computer, different rules were proposed depending on the problem presented. For example, the condition “you can only have one card face up on the table at any time” simulated the use of an auxiliary variable as a resource when searching for an element in a vector. Similarly, “you can only move a card from its position if you exchange it with another card” represented the swapping of positions of two data points in a vector when performing a sorting algorithm.

Additionally, depending on the problem posed, students were asked to count how many cards they turned over during the process of solving the task in order to compare resolutions in the large group and see who could solve the problem with the fewest number of flips. This approach incorporated the concepts of iteration and debugging.

Furthermore, in some of the assigned tasks, students were instructed to clearly document on paper the steps they followed in solving each problem so that if someone else read their “report”, they could reproduce those steps perfectly. This was based on the computational thinking proposal through algorithmic explanations by Peel, Sadler, and Friedrichsen [18], which focuses on creating handwritten algorithms that detail a sequence of steps to explain a process.

For simpler problems, these written explanations did not pose much difficulty. However, as the complexity or laboriousness of the tasks increased, students, when expressing their solutions, grouped steps, created functions, and represented “conditionals” or “loops” using everyday language.

An example of a problem posed is as follows: “Find 9 cards of the same suit. Shuffle them and place them face down, making a 3×3 square. You can only have two cards face

up on the table at any time, and you can only move a card from its position if you swap it with another card. Following these rules, you must arrange the cards in ascending order (from left to right and from top to bottom). Write step by step how you solve it” (Figure 1).

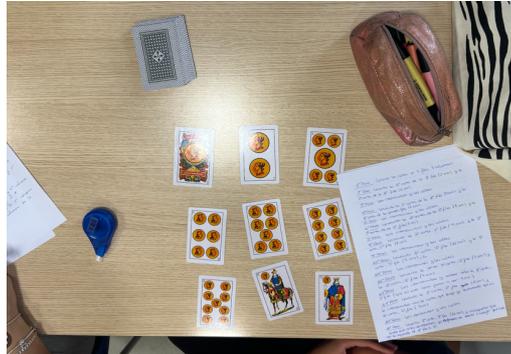


Figure 1. Solution by a student in group A to a sorting problem in a matrix.

On the other hand, in the control group, group dynamics were implemented to introduce computational thinking concepts in a more theoretical way than in the experimental group. In the first session, each student was assigned one or two components of computational thinking, and they were provided with an explanatory document detailing these components (algorithmic thinking, abstraction, conditional logic, iterative thinking, recursive thinking, and debugging), as well as the general concept of computational thinking. During this initial session, each student worked individually to create a summary, diagram, or concept map highlighting the most relevant information about computational thinking and its assigned components.

In the second session, students were grouped according to the components of computational thinking that had been assigned to them in the previous session, and each group was asked to share and discuss the information summarized in the previous session. Additionally, they were provided with three solved problems similar to those worked on in the experimental groups, but with detailed solutions. The students were asked to identify parts of these solutions where the assigned computational thinking component was manifested and to record them for use in the next session.

Finally, in the third session, the students were regrouped so that each group consisted of members who had worked on different components of computational thinking. Each student explained their assigned component to the rest of the group and how it was reflected in the solved tasks they had previously analyzed. To conclude the session, the teacher posed six questions to encourage group discussion and reach a consensus response. An example question was, “What is the difference between iterative thinking and conditional logic?”.

Regarding the role of the teacher in the interventions, they were responsible for explaining each activity, observing the students’ solutions, providing help, and offering tasks of varying complexity to students as needed to ensure gradual learning.

3. Results

Means and standard deviations for each variable were calculated, distinguishing between the results obtained in the pretest and post-test, as well as differentiating between groups. The results are presented in Table 1.

Table 1. Means and standard deviations for CTS and subdimensions in pretest and post-test measures.

Group	Test	Global Scale		Algorithmic Thinking		Critical Thinking		Problem Solving	
		M	D	M	D	M	D	M	D
A	Pretest	101.000	7.906	19.385	3.548	17.539	4.034	13.000	3.416
	Post-test	101.923	8.190	19.539	3.843	18.308	3.591	13.615	3.754
C	Pretest	95.611	8.493	18.833	3.400	17.000	4.201	13.111	3.341
	Post-test	98.944	9.831	19.056	4.893	17.722	3.611	13.889	3.270

It is observed that the means of the variables generally increase in both the experimental group and the control group. As for the standard deviations, a different pattern is observed, as they only decrease in three of the eight variables analyzed.

Regarding the Shapiro–Wilk normality tests for the results of the scale and its subdimensions, differentiating between groups, both at the time of pre-intervention data collection and afterward, the results of the statistic along with the degrees of freedom and *p*-values are shown in Table 2.

Table 2. Shapiro–Wilk normality tests.

Group	Test	Global Scale			Algorithmic Thinking			Critical Thinking			Problem Solving		
		S-W	df	<i>p</i>	S-W	df	<i>p</i>	S-W	df	<i>p</i>	S-W	df	<i>p</i>
A	Pretest	0.916	13	0.219	0.925	13	0.292	0.943	13	0.496	0.953	13	0.643
	Post-test	0.930	13	0.340	0.952	13	0.630	0.952	13	0.626	0.814	13	0.010
C	Pretest	0.951	18	0.446	0.953	18	0.475	0.927	18	0.173	0.926	18	0.167
	Post-test	0.989	18	0.998	0.967	18	0.745	0.935	18	0.239	0.952	18	0.462

In the analysis, a significance level of 0.05 was applied, so the null hypothesis was accepted when *p*-values were greater than 0.05. Consequently, it was concluded that the distribution of the data for the “problem-solving” variable did not follow a normal distribution in the post-test of group A, while the other variables to be analyzed did. Subsequently, the analysis of homogeneity of variance was then performed, applying a significance level of 0.05. The results (shown in Table 3) indicated that the variances of the scale, as well as the variances of the sub-variables, are equivalent between the groups. For all homogeneity tests, the degrees of freedom *df*1 was 1, and *df*2 was 29.

Table 3. Levene’s test for homogeneity of variance based on the mean.

Test	Global Scale		Algorithmic Thinking		Critical Thinking		Problem Solving	
	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Pretest	1.099	0.303	0.072	0.791	0.018	0.893	0.164	0.689
Post-test	1.069	0.354	1.387	0.248	0.246	0.624	0.009	0.924

Based on the obtained results, comparisons were made between the pretest and post-test results in both groups A and C for the variables “global scale”, “algorithmic thinking”, and “critical thinking” using the intragroup paired samples T-test. Additionally, the “problem-solving” variable was compared using the parametric intragroup paired samples T-test in group C and the non-parametric Mann–Whitney U test in group A. The results of the analysis are shown in Table 4.

Table 4. Paired sample T-tests and Mann–Whitney U tests.

	Global Scale			Algorithmic thinking			Critical thinking			Problem solving		
	t	df	p	t	df	p	t	df	p	t	df	p
GC-GC Post-pre	2.236	17	0.039	0.356	17	0.726	1.725	17	0.103	1.268	17	0.222
GA-GA Post-pre	0.817	12	0.430	0.262	12	0.798	1.382	12	0.192	−0.908		0.364

Significant differences were observed (using a significance level of 0.05) when comparing the pretest and post-test means of the control group in the “global scale” variable, while no such differences were observed in the other variables of the same group or in those of the experimental group.

Since different interventions were carried out in both groups and in order to analyze whether the effect of the interventions between the groups is statistically different, the differences in scores between the pretest and post-test of the control and experimental groups were compared using an independent samples T-test, as the variables met the assumptions of normality and equality of variances ($F = 1.901$; $p = 0.179$). The test statistic was $t = -1.203$ with 29 degrees of freedom associated and a significance value $p = 0.239$.

Since the p -value (0.239) was greater than the significance level used of 0.05, the null hypothesis was not rejected. In other terms, this meant that there was not enough evidence in the data to conclude that there was a statistically significant difference between the means of the differences in the pretest and post-test measures of the two groups.

4. Discussion

This research delves into a topic of great relevance in contemporary education: the development of computational thinking in teachers in training [1]. In line with the observations of Caeli and Yadav [7], who warn about the risk of the widespread use of digital devices and intuitive interfaces in our daily lives diminishing appreciation for the importance of understanding the internal workings of computational tools, it is essential to promote the development of computational thinking as a means to understand how these technologies work. The centrality of this topic in the digital era makes research in this field not only relevant but necessary.

The main finding of this research determined that PBL methodology with a classic, analytical, and unplugged approach had a positive impact on improving computational thinking among teachers in training. The approach applied, based on the analysis of solved problems, not only responds to a curricular mandate [5] but also aligns with the methodologies and content proposed for the subjects in the area of mathematics education for undergraduate degree students in primary education.

The intervention carried out in the control group was based on understanding the concept of computational thinking and the skills that compose it and then analyzing how these are integrated into problem-solving. As noted in review [4], this way of introducing computational thinking to teachers in training, focused on their professional development, has been the most common and has shown the most favorable results in the literature.

In the studies [4,19], it is observed that integrating computational thinking with the professional subjects of teachers is a favorable strategy for cultivating this type of thinking. The results of the present work are in line with these findings, as strategies inherent to mathematics teaching have been employed, integrating degree contents and fundamental concepts of computational thinking. This teaching practice has not only promoted computational thinking but has also acted as an essential pedagogical tool for teachers, offering resources applicable in their future careers.

While fostering the development of computational thinking through an analytical PBL methodology, an unplugged approach has also been utilized for this purpose. In the literature, unplugged computational thinking has not only shown significant learning outcomes in early childhood and primary education stages but has also been successfully applied in secondary and higher education, although to a lesser extent [2,6,12,18]. In harmony with the results presented in the literature, those shown in this research suggest that it is possible to develop unplugged computational thinking in higher education.

However, despite the evidenced potential of this unplugged approach to developing computational thinking, the results of this study also infer that not all unplugged methodologies significantly foster the development of computational thinking. The PBL methodology applied for solving unplugged sorting and searching problems using cards did not result in a statistically significant improvement in the computational thinking of the students. According to the results from [6], the effectiveness of this methodology could be influenced by the educational stage of the students, as the efficacy of unplugged approaches is greater in primary education students than in secondary or university students.

The planning of the intervention carried out in this study with the experimental group was based on well-founded theoretical models [16,29], justified instructional approaches [18], and coherent contexts [11,13]. It involved methodologies and materials that have been shown to be effective at different educational stages [21–27], considering the students' prior knowledge in computer science, programming, and coding [13] and taking into account the attitudinal, emotional, and behavioral factors of teachers in training [4].

Despite this, in dissonance with the results obtained in [20–24], the use of card games as unplugged material has not significantly favored the development of computational thinking in the context of this research. Furthermore, the results obtained in this intervention differ from those observed in [25–27], where the use of a gamified methodology favored the development of computational thinking. Additionally, the use of theoretical models by Palts and Pedaste [29], Popat and Starkey [16], and Peel, Sadler, and Friedrichsen [18] also have not favored significant development of computational thinking.

The absence of significant results using an unplugged PBL methodology could be determined by several factors, among which attitudinal or emotional elements should be considered. These elements can act as barriers or facilitators in the learning process, and therefore, it is essential to delve deeper into the analysis of these components to understand their impact on the research [4]. It is important to note that this research was conducted within the framework of mathematics, a discipline that sometimes may not generate the expected level of motivation in students. Therefore, it is necessary to consider how perception and interest in the subject may be influencing the assimilation of computational thinking.

The results obtained in the experimental group may also suggest that the implemented design could benefit from methodological improvements. The unplugged activities carried out were designed to be solved using knowledge familiar to the students, but also introducing challenging tasks. However, the assimilation of computational concepts requires a learning process that involves higher-order thinking or high-level cognition, and the tasks performed might not be aligned with the current level of the students [13,14].

5. Conclusions

After exhaustively analyzing the results of this research, it can be affirmed that the proposed objectives have been met. The impact of the implementation of two educational interventions based on the PBL methodology has been evaluated, focused on one hand on solving problems related to sorting and searching data using cards as unplugged material and, on the other hand, focused on the analysis of solved problems of the same type. The hypotheses proposed for this study have been tested, and only the one stating that students who analyze solved problems related to sorting and searching data through cards

achieve statistically significant improvements in their computational thinking skills can be accepted.

This research faced several limitations that must be considered when interpreting its results. Firstly, it is important to note that the sample size used was relatively small, and the sampling method was not random. Consequently, the results of the study are applicable only to the chosen research respondents and cannot be generalized.

Additionally, the limitation posed by the use of a single scale as the primary method of measurement must be considered. Using only one instrument to collect information can be insufficient to evaluate concepts that are, by nature, more multifaceted [8–10]. This could lead to an incomplete or partial understanding of the effectiveness of the interventions carried out.

These limitations highlight the need for a cautious interpretation of the findings and suggest the importance of considering future research that could address these restrictions to provide a more comprehensive and generalizable view.

In order to deepen the results obtained, it was decided to carry out additional qualitative approach research, with the main objective of describing and analyzing the perceptions of trainee teachers in relation to their initial practices focused on the development of computational thinking.

In [30], the qualitative findings revealed a widespread predilection for interactive and reflective learning. However, this approach also exposed new limitations, such as variability in the reception of challenges according to the different skill levels of the students and the need for more flexible teaching strategies that would accommodate diverse learning styles. Additionally, the choice of unplugged materials, while offering an innovative approach, does not include a comparison with methodologies that integrate digital devices, which could provide a more balanced understanding of computational thinking in current educational environments.

As future lines of research, it is proposed to first study the competence level of the students involved and their attitudes towards mathematics present in the group to adapt the proposed activities, as well as to graduate and space out the increase in difficulty of the activities.

It is also proposed to design and create specific tools and methods for data collection. These instruments, developed ad hoc, would be specially aimed at evaluating and measuring computational thinking in the specific context of the educational interventions carried out in the classroom, which could provide more valuable and reliable results regarding the theme under study.

In conclusion, while certain approaches of the PBL methodology appear to offer benefits in the development of computational thinking, there are still areas that require additional research and methodological refinement to fully understand their impact and potential in the educational field. These findings shed light on the complexity of fostering computational thinking in the higher education environment, the diversity of perspectives from which it can be approached, and the intricate nature of the concept.

Author Contributions: Conceptualization, N.M.-P., and M.-P. C.R.; Methodology, N.M.-P.; Software, J.-M. R.-R.; Validation, F.-J. H.-L. and J.-M. R.-R.; Formal analysis, M.-P. C.R.; Investigation, N.M.-P. and J.-M. R.-R.; Resources, F.-J. H.-L.; Data curation, M.-P. C.R.; Writing – original draft, N.M.-P.; Writing – review & editing, F.-J. H.-L. and J.-M. R.-R.; Visualization, M.-P. C.R.; Supervision, F.-J. H.-L.; Project administration, J.-M. R.-R.; Funding acquisition, N.M.-P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of the University of Granada (registration number: 3500/CEIH/2023)

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The data collected as part of this study are available upon request from the corresponding author.

Acknowledgments: This work is derived from the doctoral thesis entitled: "Integration of the basic elements of computational thinking for initial teacher education".

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Abesadze, S.; Nozadze, D. Make 21st century education: The importance of teaching programming in schools. *Int. J. Learn. Teach.* **2020**, *6*, 158–163. <https://doi.org/10.18178/ijlt.6.3.158-163>.
2. Angeli, C.; Giannakos, M. Computational thinking education: Issues and challenges. *Comput. Hum. Behav.* **2020**, *105*, 106185. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185>.
3. Zapata-Ros, M. Pensamiento computacional desenchufado. *Educ. Knowl. Soc.* **2019**, *20*, 18–29. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18.
4. Dong, W.; Li, Y.; Sun, L.; Liu, Y. Developing pre-service teachers' computational thinking: A systematic literature review. *Int. J. Technol. Des. Educ.* **2023**, *34*, 191–227. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09811-3>.
5. Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, 2 March 2022.
6. Li, F.; Wang, X.; He, X.; Cheng, L.; Wang, Y. The effectiveness of unplugged activities and programming exercises in computational thinking education: A Meta-analysis. *Educ. Inf. Technol.* **2022**, *27*, 7993–8013. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10915-x>.
7. Caeli, E.N.; Yadav, A. Unplugged approaches to computational thinking: A historical perspective. *TechTrends* **2020**, *64*, 29–36. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00410-5>.
8. Acevedo-Borrega, J.; Valverde-Berrocso, J.; Garrido-Arroyo, M.C. Computational thinking and educational technology: A scoping review of the literature. *Educ. Sci.* **2022**, *12*, 39. <https://doi.org/10.3390/educsci12010039>.
9. Shute, V.J.; Sun, C.; Asbell-Clarke, J. Demystifying computational thinking. *Educ. Res. Rev.* **2017**, *22*, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>.
10. Ezeamuzie, N.O.; Leung, J.S.C. Computational thinking through an empirical lens: A systematic review of literature. *J. Educ. Comput. Res.* **2022**, *60*, 481–511.
11. Taslibeyaz, E.; Kursun, E.; Karaman, S. How to Develop Computational Thinking: A Systematic Review of Empirical Studies. *Inform. Educ.* **2020**, *19*, 701–719. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.30>.
12. Chen, P.; Yang, D.; Metwally, A.H.S.; Lavonen, J.; Wang, X. Fostering computational thinking through unplugged activities: A systematic literature review and meta-analysis. *Int. J. STEM Educ.* **2023**, *10*, 47. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00434-7>.
13. Munasinghe, B.; Bell, T.; Robins, A. Unplugged activities as a catalyst when teaching introductory programming. *J. Pedagog. Res.* **2023**, *7*, 56–71. <https://doi.org/10.33902/JPR.202318546>.
14. Jagadeesha, A.; Rayavaram, P.; Marwad, J.; Narain, S.; Lee, C.S. Integrating Data Structures and Algorithms in K-12 Education using Block-based Programming. In Proceedings of the 2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Salmiya, Kuwait, 1–4 May 2023. <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125165>.
15. Masarwa, B.; Hel-Or, H.; Levy, S.T. Kindergarten Children's Learning of Computational Thinking With the "Sorting Like a Computer" Learning Unit. *J. Res. Child. Educ.* **2023**, *38*, 165–188. <https://doi.org/10.1080/02568543.2023.2221319>.
16. Papat, S.; Starkey, L. Learning to code or coding to learn? A systematic review. *Comput. Educ.* **2019**, *128*, 365–376. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.005>.
17. Miller, J. STEM education in the primary years to support mathematical thinking: Using coding to identify mathematical structures and patterns. *ZDM Math. Educ.* **2019**, *51*, 915–927. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01096-y>.
18. Peel, A.; Sadler, T.D.; Friedrichsen, P. Algorithmic explanations: An unplugged instructional approach to integrate science and computational thinking. *J. Sci. Educ. Technol.* **2022**, *31*, 428–441. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09965-0>.
19. Ye, H.; Liang, B.; Ng, O.; Chai, C.S. Integration of computational thinking in K-12 mathematics education: A systematic review on CT-based mathematics instruction and student learning. *Int. J. STEM Educ.* **2023**, *10*, 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w>.
20. Hermínio, F.D.; Nunes, J.M. Development of computational thinking using board games: A systematic literature review based on empirical studies. *Prism. Soc.* **2022**, *38*, 5–36.
21. Chen, K.Z.; Chi, H.H. Novice young board-game players' experience about computational thinking. *Interact. Learn. Environ.* **2020**, *30*, 1375–1387. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1722712>.
22. Gresse von Wangenheim, C.; Araujo, G.; Missfeldt, R.; Petri, G.; Da Cruz, F.; Ferreira, N.; Hauck, J.C.R. SplashCode-A Board Game for Learning an Understanding of Algorithms in Middle School. *Inform. Educ.* **2019**, *18*, 259–280. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.12>.
23. Kuo, W.C.; Hsu, T.C. Learning computational thinking without a computer: How computational participation happens in a computational thinking board game. *Asia-Pac. Educ. Res.* **2020**, *29*, 67–83. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00479-9>.
24. Tsarava, K.; Moeller, K.; Ninaus, M. Training computational thinking through board games: The case of Crabs & Turtles. *Int. J. Serious Games* **2018**, *5*, 25–44. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v5i2.248>.

25. Lu, Z.; Chiu, M.M.; Cui, Y.; Mao, W.; Lei, H. Effects of game-based learning on students' computational thinking: A meta-analysis. *J. Educ. Comput. Res.* **2023**, *61*, 235–256, <https://doi.org/10.1177/073563312211007>.
26. Videnovik, M.; Vold, T.; Kionig, L.; Bogdanova, A.M.; Trajkovik, V. Game-based learning in computer science education: A scoping literature review. *Int. J. STEM Educ.* **2023**, *10*, 54. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00447-2>.
27. Wang, X.; Cheng, M.; Li, X. Teaching and Learning Computational Thinking Through Game-Based Learning: A Systematic Review. *J. Educ. Comput. Res.* **2023**, *61*, 1505–1536, <https://doi.org/10.1177/07356331231180951>.
28. Korkmaz, Ö.; Çakir, R.; Özden, M.Y. A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Comput. Hum. Behav.* **2017**, *72*, 558–569, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>.
29. Palts, T.; Pedaste, M. A model for developing computational thinking skills. *Inform. Educ.* **2020**, *19*, 113–128. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.06>.
30. Moreno-Palma, N.; Hinojo-Lucena, F.J.; Romero-Rodríguez, J.M.; Berral-Ortiz, B. Percepciones de maestros en formación en la inclusión del pensamiento computacional mediante la resolución de problemas gamificados. In *Educación Integral con Perspectivas Innovadoras para el Desarrollo Educativo*; Cevallos, G.E., Santos, M.J., Alcalá, M.J., Álvarez, D., Eds.; Dykinson: Madrid, Spain, 2023; pp. 17–35, ISBN 978-84-1170-706-0.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

5.3. Publicación 3

EDUCACIÓN INTEGRAL CON PERSPECTIVAS INNOVADORAS PARA EL DESARROLLO EDUCATIVO

3

PERCEPCIONES DE MAESTROS EN FORMACIÓN EN LA INCLUSIÓN DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL MEDIANTE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS GAMIFICADOS

Natalia Moreno Palma

Francisco-Javier Hinojo-Lucena

José-María Romero-Rodríguez

Blanca Berral Ortiz

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología ha transformado significativamente la forma en la que trabajamos, vivimos y aprendemos en el siglo XXI. Las habilidades relacionadas con la informática y la programación son cada vez más relevantes en el mundo actual, ya que proveen herramientas de gran valor para fomentar la innovación, la resolución de problemas y la adaptabilidad en la era digital (Abesadze y Nozadze, 2020).

La capacidad de abstracción, el razonamiento lógico, la destreza para identificar patrones y crear algoritmos, así como la habilidad para modelar o descomponer problemas, depurar soluciones y detectar errores, son ejemplos de habilidades intrínsecas a los procesos de pensamiento que caracterizan la ingeniería informática (Taslibeyaz et al., 2020). Estas habilidades, destrezas y capacidades son fundamentales para la comprensión y la interpretación del mundo en términos de procesos de información. Son elementos claves para el desempeño de profesiones estrechamente ligadas a la tecnología y operacionalizan un concepto clave en la educación actual: el pensamiento computacional (Ezeamuzie y Leung, 2022).

En respuesta a la creciente demanda de habilidades profesionales relacionadas con las ciencias de la computación, los sistemas educativos han promovido la enseñanza del pensamiento computacional, de la codificación o la programación y la alfabetización digital, con el fin de mejorar competencias asociadas a disciplinas técnicas desde edades tempranas (Adell et al., 2019). En consecuencia, la investigación educativa enfocada a la implementación de estrategias pedagógicas efectivas y al diseño de currículos educativos que incluyan este tipo de enseñanzas es un campo en auge en la actualidad (Chen et al., 2023).

| 1

Asimismo, es imperativo dirigir la atención no solo hacia la instrucción de los estudiantes, sino también hacia el fomento y desarrollo de destrezas asociadas al pensamiento computacional en los futuros docentes. Estos educadores no solamente compartirán su conocimiento, sino que tendrán un papel esencial en la formación de habilidades y competencias fundamentales para desenvolverse en el siglo XXI (Angeli y Giannakos, 2020).

Sumado a esto, diversos estudios han corroborado que el pensamiento computacional de los educadores en formación se ve influenciado por una variedad de factores que abarcan aspectos actitudinales, emocionales y comportamentales. Además, la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos y la perspectiva de utilizarlos en su futuro desempeñan un papel fundamental en el fortalecimiento de sus habilidades vinculadas a este tipo de pensamiento (Dong et al., 2023).

En base a estas consideraciones se decidió implementar una intervención educativa enfocada a la introducción del pensamiento computacional en estudiantes que cursaban el Grado en Educación Primaria. El método empleado consistió en la resolución de problemas haciendo uso de cartas como material manipulativo y de la gamificación, con el propósito de facilitar la comprensión y la aplicación de conceptos relacionados con la informática y la computación.

En este sentido, además de implementar una intervención educativa, se planteó realizar una investigación de enfoque cualitativo con el principal objetivo de describir y analizar las percepciones de los maestros en formación en relación con sus primeras prácticas centradas en el desarrollo del pensamiento computacional.

2. MARCO TEÓRICO

La formación de futuros educadores en el dominio del pensamiento computacional trasciende la mera comprensión de conceptos informáticos; requiere la habilidad de infundir estas competencias críticas y analíticas en sus estudiantes, preparándolos para un mundo donde la tecnología se integra en todas las esferas de la vida (Weber et al., 2022). Según Yadav et al. (2017), esta preparación pedagógica debe enfocarse tanto en el dominio de contenidos computacionales como de estrategias didácticas que fomenten un aprendizaje significativo del pensamiento computacional, proceso que desafía las convenciones educativas y que exige una renovación de las prácticas docentes actuales, promoviendo un enfoque que integre el pensamiento computacional en el currículo de manera transversal y aplicada (Peel et al., 2022).

La investigación en el ámbito del pensamiento computacional ha experimentado un incremento significativo, pero aún prevalece una brecha entre los estudios conceptuales y los empíricos. Lyon y Magana (2020) señalan que la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo hasta el momento de su estudio se basaron en autoinformes o encuestas a estudiantes para evaluar el aprendizaje o cambios en las habilidades de pensamiento computacional, en vez de en la búsqueda de estrategias de enseñanza, prácticas docentes o modelos de aprendizaje que favorezcan directamente el aprendizaje de este tipo de pensamiento. Por lo tanto, es esencial elaborar investigaciones que empleen metodologías rigurosas y empíricas para lograr una

apreciación más exacta de los procesos de aprendizaje, lo que a su vez contribuirá a optimizar la instrucción en pensamiento computacional. (Ersozlu et al., 2023; Mouza et al., 2020).

No obstante, la integración del pensamiento computacional en la educación primaria, puede representar un proceso multifacético complejo, como demuestra el estudio de Ketelhut et al. (2019). Los profesores participantes en este estudio mostraron una actitud positiva hacia la adopción de habilidades de pensamiento computacional en su práctica docente, aunque se encontraron con dificultades a la hora de intentar integrar prácticas de pensamiento computacional en las lecciones ordinarias de ciencias. A través de talleres de desarrollo profesional, los docentes adaptaron sus métodos de enseñanza para incluir lecciones de pensamiento computacional que enriquecieran y se alinearan con el currículo escolar vigente. Sin embargo, los docentes necesitaban más tiempo para la planificación y más recursos para implementar eficazmente este tipo de actividades en sus aulas, aunque se mostraban optimistas sobre la integración del pensamiento computacional en el currículo escolar.

Siguiendo esta línea de adaptación y mejora continua, el trabajo de Rich et al. (2020) profundiza en cómo los maestros de educación primaria pueden integrar el pensamiento computacional en áreas fundamentales como las matemáticas y las ciencias. El estudio identificó estrategias específicas que los maestros emplearon para fomentar habilidades del pensamiento computacional en sus estudiantes, tales como enmarcar las actividades en términos de resolución de problemas y promover la reflexión en los estudiantes sobre los procesos de pensamiento computacional.

Un abordaje diferente a la temática se presenta en el estudio de Liu et al. (2023) que explora la relación entre el pensamiento computacional y el compromiso por el aprendizaje en la educación superior. El estudio reveló que el compromiso emocional de los individuos y el compromiso cognitivo influía en las habilidades de pensamiento computacional mientras que el compromiso conductual no.

Estas consideraciones forman la base del objetivo principal de la presente investigación: describir y analizar las percepciones de los docentes en formación en relación con sus primeras prácticas centradas en el pensamiento computacional. Como objetivos específicos se recogen:

1. Determinar la opinión del estudiantado ante la integración del pensamiento computacional con materiales manipulativos no digitales.
2. Concretar las fortalezas, debilidades y posibilidades de mejora de la intervención llevada a cabo.
3. Conocer las posibilidades de integración de dispositivos digitales para el desarrollo del pensamiento computacional en línea con las actividades desarrolladas en la intervención.

3. PROPUESTA PEDAGÓGICA

Con el fin de conocer las percepciones de maestros en formación respecto al desarrollo del pensamiento computacional a través de la resolución de problemas gamificados utilizando materiales manipulativos no ligados a tecnologías digitales, se llevó a cabo una intervención de

tres sesiones que, cumplimentada con una cuarta sesión de recogida de información, conformó la fase práctica de esta investigación de carácter cualitativo.

La intervención se implementó desde el área de matemáticas, contexto idóneo para promover el pensamiento computacional en base a la convergencia identificada entre la resolución de problemas vinculados a la informática, la codificación, la programación y el uso de habilidades matemáticas fundamentales en las etapas de educación infantil y primaria (Miller, 2019; Popat y Starkey, 2019).

Las tres sesiones que conformaron la intervención se enfocaron principalmente en el desarrollo del pensamiento algorítmico. Esto incluyó aspectos como el pensamiento iterativo, recursivo y paralelo, la lógica condicional, la depuración, la detección sistemática de errores y la abstracción. Se promovió el uso de un vocabulario específico, sistemas de símbolos y representaciones computacionales, así como la exploración y la creatividad al resolver problemas. Además, se abordaron actitudes y disposiciones dentro del aula, tales como la confianza en lidiar con la complejidad, la persistencia en trabajar con problemas difíciles y la capacidad de lidiar con problemas abiertos.

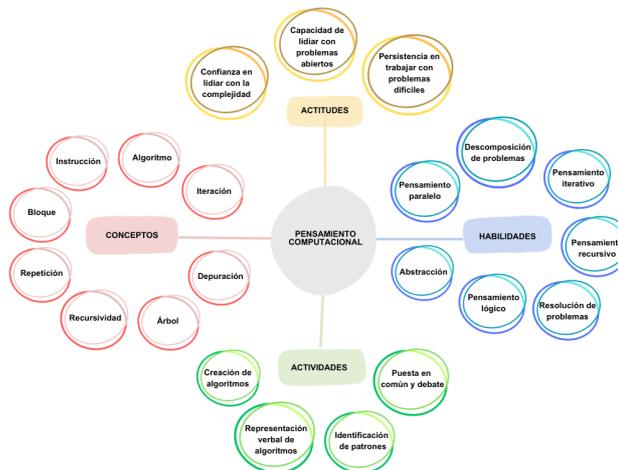
A lo largo de la intervención se llevaron a cabo seis tareas compuestas por diversos ejercicios, estas tareas se centraron respectivamente en: algoritmos de búsqueda en vectores, algoritmos de búsqueda en matrices, algoritmos de ordenación en vectores, algoritmos de ordenación en matrices, algoritmos de búsqueda en árboles con recursividad y juegos de lógica/razonamiento espacial. A continuación, se describe la primera tarea llevada a cabo en la intervención.

3.1. Tarea inicial: Algoritmos de búsqueda en vectores

La meta de la primera tarea desarrollada en la intervención fue introducir la mecánica de trabajo que se mantendría a lo largo de las tres sesiones y enfatizar la importancia de la claridad y el orden al expresar soluciones a problemas algorítmicos. Los conceptos, habilidades, actitudes y actividades asociadas con esta tarea se representan en la Figura 1.

Figura 1

Conceptos, habilidades, actitudes y actividades trabajadas con la primera tarea de la intervención



Nota. Elaboración propia

En cuanto a la gestión del aula, se proporcionó a cada estudiante una baraja de cartas y hojas de papel en blanco. Se les pidió que buscaran el as deoros en la baraja y que además seleccionasen cinco cartas al azar. En este ejercicio solo se trabajó con esas seis cartas, dejando las restantes a un lado.

Posteriormente, se procedió a explicar el primer ejercicio. Cada estudiante debía barajar las seis cartas y colocarlas boca abajo en la mesa. Con las cartas en esa posición, se les permitía voltearlas de una en una (ya sea para dejar su valor visible sobre la mesa o para ocultarlo de nuevo) de manera que solo una carta quedara boca arriba en cualquier momento. Las cartas no se podían mover de su lugar; únicamente se podían voltear.

Siguiendo estas reglas, los estudiantes debían localizar el as deoros y describir por escrito, paso a paso y sin emplear dibujos, tanto los movimientos realizados como la posición de las cartas en la mesa. Se subrayó la importancia de que los informes escritos por los estudiantes fueran lo suficientemente detallados y claros para que cualquier lector pudiera seguir los pasos exactos que ellos realizaron.

En el caso de que algún estudiante encontrara el as deoros en su primer intento, el profesor alteraba la posición de la carta en la mesa de tal forma que el estudiante no conociese el cambio. Después de completar esta actividad, se animó a los estudiantes a contar la cantidad de cartas reveladas durante el proceso para introducir los conceptos de iteración y el conteo de las mismas.

Posteriormente, se solicitó la ayuda de dos voluntarios: uno leía en voz alta el informe escrito mientras que el otro, siguiendo las instrucciones orales, replicaba los pasos en la pizarra utilizando cartas adhesivas. Este ejercicio permitió evaluar la claridad y el orden de las explicaciones dadas y también facilitó un debate en grupo sobre cómo mejorar la redacción del algoritmo para evitar confusiones y reflejar más fielmente la realidad, así como explorar otras estrategias para resolver el problema.

Después de compartir y discutir los resultados del primer ejercicio, se presentó una segunda actividad similar. En esta ocasión, el profesor seleccionó cinco cartas al azar y el as deoros. Estas cartas se colocaron bocabajo en la pizarra, formando una fila y asegurándose de que el as deoros no se ubicara en ninguno de los extremos. A diferencia del primer ejercicio, donde los estudiantes podían elegir la posición de las cartas, en este segundo ejercicio el profesor fue quien determinó la alineación de las cartas.

La tarea de los estudiantes era redactar un procedimiento que el profesor debía seguir para localizar el as deoros, teniendo en cuenta la nueva disposición y las reglas establecidas.

Después de que cada estudiante escribiese individualmente su método, el profesor mostró las cartas y los estudiantes pudieron aplicar los procedimientos que habían descrito utilizando las mismas cartas. Se les solicitó llevar la cuenta de cuántas cartas volteaban, es decir, el número de iteraciones. Luego se compartieron y discutieron las estrategias que minimizaron o maximizaron el número de iteraciones, analizando las características de los algoritmos empleados.

En las actividades subsecuentes, se fomentó la elección estratégica de cartas a voltear, en lugar de la selección aleatoria de cartas, estableciendo que "ganaría quien realizase menos iteraciones".

La actividad siguiente mantuvo la misma dinámica, pero se incrementó la complejidad al utilizar el as deoros y 22 cartas adicionales. Con más cartas en juego, el objetivo fue motivar a los estudiantes a evitar el azar y a planificar y modelar de manera más detallada el algoritmo que utilizarían. Además, se buscó que la necesidad de describir una mayor cantidad de movimientos por escrito incitara a los estudiantes a crear bloques de iteraciones, a describir bucles y a depurar el "código" con el que explicaban el algoritmo de búsqueda en un vector de mayor longitud.

4. MÉTODO

Este estudio dio prioridad a las narrativas de los participantes, adoptando así un enfoque metodológico cualitativo para la recolección y análisis de datos. Se utilizó un método inductivo para la generación de resultados a través de la información recogida mediante seis entrevistas semiestructuradas. Este modelo de entrevista se eligió por ser una técnica que permite recoger unidades de significado alineadas con los objetivos de la investigación, no pretendiéndose buscar generalizaciones ni explicar la realidad de otros contextos (Hernández-Sampieri, 2018).

Las cuestiones de la entrevista se plantearon de forma abierta y flexible favoreciendo los espacios narrativos de interés que mostraron los participantes. Las dimensiones destacadas y las cuestiones asociadas a ellas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Dimensiones abordadas en la investigación y preguntas de la entrevista semiestructurada asociadas

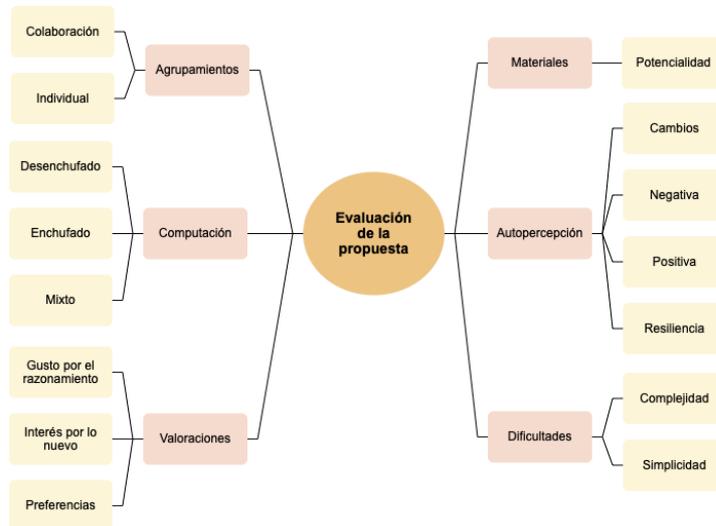
Dimensión	Cuestiones
Agrupamientos	¿Prefieres las tareas que has hecho individualmente, por parejas o en grupo?
Computación	¿Crees que las tareas que hemos hecho te han ayudado a comprender como procesa la información un ordenador? ¿Habrías preferido hacer las tareas con la ayuda de un ordenador?
Autopercepción	¿Confías más en ti misma a la hora de resolver problemas? ¿En algún momento quisiste dejar de hacer las tareas?
Materiales	¿Qué te ha parecido usar cartas como material didáctico? ¿Lo usarías en tu futuro laboral?
Valoraciones	¿Cómo valorarías las actividades que hemos hecho en clase? ¿La experiencia ha sido positiva o negativa? ¿Hay alguna actividad que te haya gustado más? ¿Y menos?
Dificultades	¿Te han parecido fáciles o difíciles las tareas con cartas? ¿Hay alguna actividad que te haya parecido más fácil? ¿Y más difícil?

Nota. Elaboración propia

Para realizar el análisis de datos se utilizó el software NVivo en su versión 14.23.0. Se llevó a cabo una codificación inductiva de la información recabada con las entrevistas, se comenzó con una codificación “en vivo” ajustada al discurso de los participantes, para posteriormente llevar a cabo una codificación “direccionada” que refinase la anterior (Hernández-Sampieri, 2018). Se seleccionaron unidades de significado que se utilizaron para realizar una codificación axial que desembocó en la estructura del sistema de categorías que se muestra en la Figura 2.

Figura 2

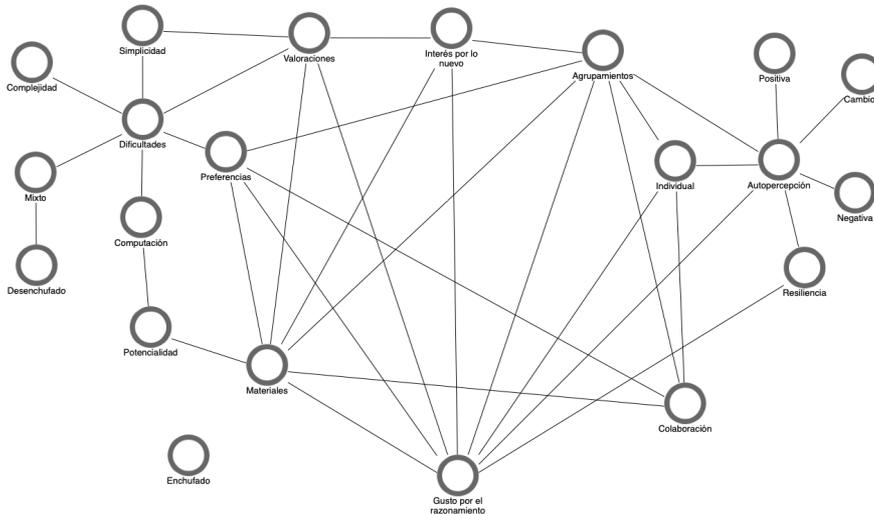
Árbol de categorías



Nota. Elaboración propia.

Posteriormente, se profundizó en el análisis estableciendo relaciones entre las dimensiones en base a los contenidos narrativos codificados utilizando para ello la matriz de codificación proporcionada por el software NVivo. Las referencias de codificación que comparten unidades de significado se muestran en la Figura 3.

Figura 3
Mapa de relaciones entre categorías



Nota. Elaboración propia.

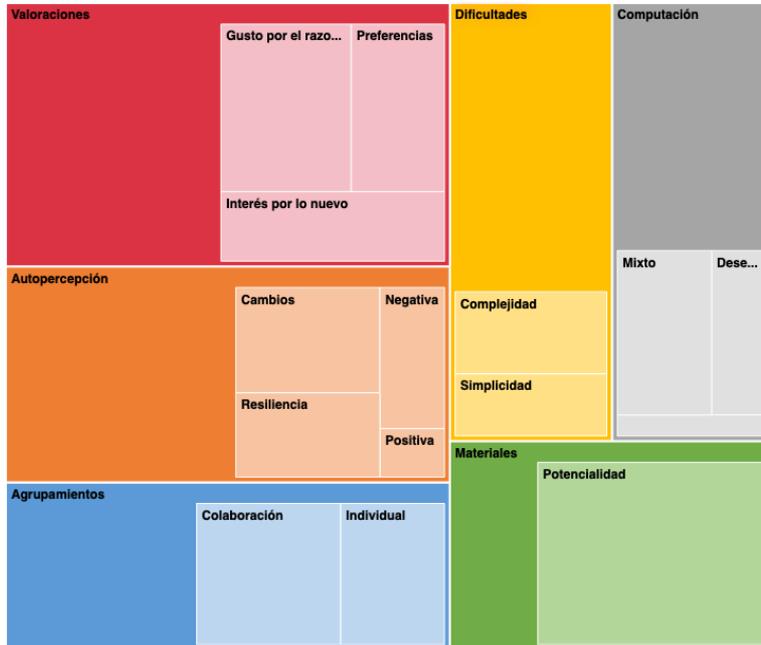
5. RESULTADOS

A lo largo de esta sección, se exponen los resultados obtenidos tras el proceso de codificación de las entrevistas. Los hallazgos se organizan de acuerdo con los bloques categoriales que estructuraron la investigación, en base al número de referencias de codificación y a los casos que aportan tales unidades de significado codificadas. Además, se detalla la elección de las categorías seleccionadas, proporcionando una visión clara del análisis temático que subyace a los datos recopilados. Esta estructuración permitió una interpretación ordenada y una comprensión profunda de los temas predominantes en las percepciones de los participantes.

De forma general, el estudio se compuso de seis bloques categoriales conformados a su vez por subcategorías. El conjunto de todos los bloques sumó un total de 140 referencias de codificación clasificadas en 21 categorías, no necesariamente con intersecciones de elementos vacías, procedentes de los seis casos que conformaron la muestra. En la Figura 4 se muestra la distribución de las referencias de codificaciones en categorías, identificándose las dimensiones destacadas de la investigación y, en la Figura 5, la contribución de cada entrevistado en términos de referencias de codificación.

Figura 4

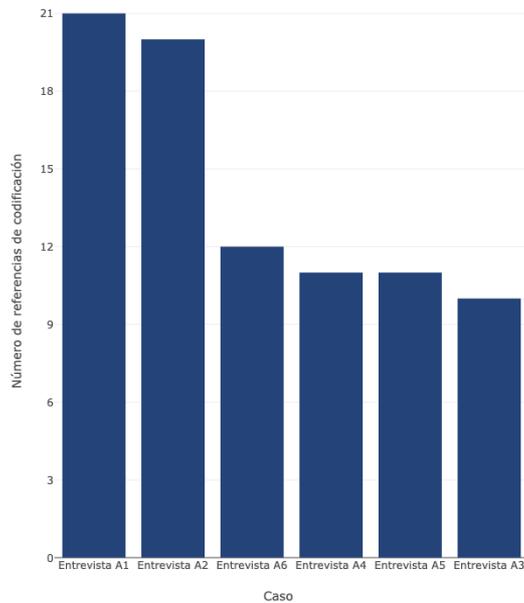
Mapa jerárquico ramificado de bloques categoriales y subcategorías



Nota. Elaboración propia.

Figura 5

Gráfico de barras que representa el número de categorías a las que aportan unidades de significado cada entrevistado



Nota. Elaboración propia.

5.1. Valoraciones

Dentro del bloque categorial "valoraciones" se recogieron aquellas unidades de significado que hicieron mención a evaluaciones subjetivas que los participantes relataron de sus experiencias y aprendizajes de forma holística. Este bloque en cuestión se compuso de valoraciones diversas de entre las cuales se pudieron esclarecer tres subcategorías predominantes denominadas "gusto por el razonamiento", "interés por lo nuevo" y "preferencias".

La primera, "gusto por el razonamiento", incluyó las valoraciones de los estudiantes respecto al disfrute y la estimulación intelectual derivada de actividades que desafiaron su capacidad de razonar y pensar críticamente. "Interés por lo nuevo" recogió las impresiones de los estudiantes sobre la introducción de métodos innovadores en la enseñanza y, por último, la subcategoría "preferencias" recopiló las actividades específicas que los estudiantes identificaron como sus favoritas o menos preferidas, proporcionando una visión más concreta de sus inclinaciones y aversiones dentro del contexto de aprendizaje experimentado.

El bloque categorial "valoraciones", en su conjunto, contó con un total de 33 referencias de codificación, de las cuales siete conformaron la categoría "gusto por el razonamiento"; cinco, "interés por lo nuevo" y otras cinco, la categoría "preferencias".

Respecto al número de casos o, equivalentemente, al número de entrevistas que aportaron unidades de significado codificadas a las diferentes categorías de este bloque, los seis casos que conformaron la investigación hicieron mención a evaluaciones subjetivas generales, aportando contenido a la categoría "valoraciones". Asimismo, cuatro casos aportaron a las categorías "gusto por el razonamiento" o "preferencias" y tres a "interés por lo nuevo".

5.2. Materiales

El bloque categorial "materiales", estuvo compuesto por observaciones que subrayaron tanto la funcionalidad inmediata como la proyección de uso futuro de los materiales y recursos didácticos desenchufados utilizados en la intervención llevada a cabo: cartas de la baraja española y expresión escrita de algoritmos. Las menciones a valoraciones u opiniones subjetivas del estudiantado entrevistado, ligadas a esta temática concreta se recogieron en la categoría general "materiales" y aquellas relacionadas con la potencialidad de las cartas como recurso educativo factible de ser utilizado en el futuro laboral de los maestros en formación se recopilaron en la subcategoría "potencialidad". El bloque "materiales", en su conjunto, acumuló un total de 19 referencias de codificación, de las cuales 14 conformaron la subcategoría "potencialidad". Las unidades de significado que compusieron el bloque categorial provinieron de cuatro entrevistas para la categoría "materiales" y de las seis entrevistas para la categoría "potencialidad".

5.3. Dificultades

Con respecto al bloque categorial "dificultades", en él se recopiló las percepciones individuales respecto a las dificultades encontradas a la hora de enfrentarse a los desafíos de las tareas propuestas. Se diferenciaron dos subcategorías: "complejidad" y "simplicidad", que

recogieron aquellas menciones concretas a valoraciones de las tareas que hicieron referencia a dificultades encontradas o a la ausencia de tales dificultades, respectivamente. Este bloque, en su conjunto, acumuló un total de 20 referencias de codificación, de las cuales cuatro conformaron la subcategoría “complejidad” y tres la de “simplicidad”. Las referencias de codificación que conformaron el bloque categorial provinieron de dos entrevistas para la categoría “complejidad”, del mismo número de entrevistas para la categoría “simplicidad” y de las seis entrevistas para la categoría general “dificultades”.

5.4. Computación

Continuando con la recopilación de resultados, el siguiente bloque categorial analizado fue “computación”. Este bloque pretendió agrupar las opiniones del estudiantado respecto al aprendizaje del pensamiento computacional desenchufado. Se codificaron bajo este término aquellas unidades de significado que hicieron mención a predilecciones concretas respecto al uso de ordenadores para la enseñanza de contenidos computacionales. La variabilidad de respuestas permitió la creación de tres subcategorías: “desenchufado”, “enchufado” y “mixto”, que recogieron respectivamente aquellas opiniones que mencionasen los enfoques asociados a las mismas.

Un total de 20 referencias conformaron el bloque categorial, de las cuales tres, una y cinco conformaron respectivamente las subcategorías “desenchufado”, “enchufado” y “mixto”. Los seis entrevistados aportaron opiniones al bloque categorial, no obstante, únicamente un estudiante hizo mención al enfoque “enchufado” mientras que tres lo hicieron al enfoque desenchufado y cuatro al mixto.

5.5. Auto percepción

Otras percepciones muy relevantes para la comprensión del aprendizaje del pensamiento computacional son las propias del estudiantado respecto a sí mismo. Aquellas reflexiones, sentimientos o apreciaciones de los maestros en formación relacionadas con sus habilidades de resolución de problemas se agruparon en el bloque categorial “auto percepción”.

Puesto que en la intervención desarrollada se abordaron actitudes y disposiciones dentro del aula, tales como la confianza en lidiar con la complejidad, la persistencia en trabajar con problemas difíciles y la capacidad de lidiar con problemas abiertos, las respuestas del estudiantado se enfocaron en su percepción de cambios relacionados con esas actitudes. Cuatro subcategorías conformaron el bloque aquí descrito: “cambios”, “negativa”, “positiva” y “resiliencia”. En la categoría “cambios” se agruparon los testimonios de los entrevistados que manifestaron diferencias en su autoconfianza al resolver problemas y en las categorías “negativa” y “positiva” se clasificaron las auto percepciones según su connotación adversa o favorable, respectivamente. Por último, en la categoría “resiliencia” se incluyeron las opiniones relacionadas con la perseverancia al abordar problemas complejos y de carácter abierto.

El bloque “auto percepción” se conformó de 27 unidades de significado codificadas, de las cuales cinco conformaron la categoría “cambios”; tres, “resiliencia”; tres, “negativa” y una,

“positiva”. Al igual que en los otros bloques categoriales, los seis entrevistados aportaron narrativas al bloque, mientras que, cuatro de los seis participantes contribuyeron a la categoría “resiliencia”, cinco a “cambios”, dos a “negativa” y uno a “positiva”.

5.6. Agrupamientos

Por último, el bloque categorial final denominado “agrupamientos” recogió los testimonios de los maestros en formación relativos a la organización de los estudiantes en el aula a la hora de enfrentarse a los problemas planteados en la intervención. Este bloque se compuso de dos subcategorías: “colaboración” e “individual” en las que se agruparon las opiniones relativas al trabajo por parejas, en gran grupo o en pequeños grupos y al trabajo individual, en ese orden.

El bloque se compuso de 21 referencias provenientes de los seis casos que conforman la investigación. La categoría “individual” agrupó un total de cinco unidades de significado codificadas, procedentes de cuatro individuos y “colaboración” se compuso de siete referencias de cuatro estudiantes.

6. DISCUSIÓN

En esta sección se presenta una selección de unidades de significado significativas, extraídas de las seis entrevistas, junto con los descriptores asociados que han dado forma a los bloques categoriales definidos tras la codificación de los casos. Las valoraciones de los maestros en formación que fueron detalladamente exploradas en las secciones subsiguientes, revelaron una rica variedad de matices en sus experiencias y percepciones.

6.1. Valoraciones

En términos de “gusto por el razonamiento”, comentarios como “creo que es un método que te hace darle vueltas a la cabeza y a mí me ha gustado” y “las experiencias con las cartas me han gustado, las estabas tocando y eras el que razonaba, el que hacías el problema y me parecía guay”, ilustran una predilección por el aprendizaje interactivo y reflexivo. Además, respecto al descriptor “interés por lo nuevo”, se destaca el deseo de innovación didáctica con declaraciones como “yo las valoraría positivamente porque es salir de lo normal, de lo que hacemos de hacer operaciones”. Estas observaciones son consistentes con las conclusiones de la investigación de Liu et al. (2023), que encontraron una correlación entre el compromiso cognitivo y emocional de los estudiantes de educación superior y el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional. Este vínculo sugiere que las estrategias educativas que involucran activamente a los estudiantes en el proceso de pensamiento no solo son preferidas por los estudiantes, sino que también pueden ser efectivas para mejorar competencias clave en el ámbito del aprendizaje computacional.

En relación con las “preferencias” del estudiantado por las diferentes tareas, se observan opiniones diversas: “a mí me ha parecido todo muy entretenido y fácil de averiguar las cosas. Se me han hecho más amenas las cosas con las cartas, ha sido una ayuda” contrasta con “a mí se me ha hecho un poco pesado escribirlo todo, lo cambiaría haciéndolo oral, pero porque da pereza

no por otra cosa", mostrando cómo las preferencias individuales pueden influir en la percepción del ejercicio. Estas diferencias en las preferencias individuales son un reflejo de la diversidad en los estilos de aprendizaje presentes en el estudiantado y que hace que la integración del pensamiento computacional en prácticas docentes desde el área de matemáticas para estudiantes de grado en educación primaria sea una tarea compleja y multifacética (Ketelhut et al., 2019; Rich et al., 2020).

Concluyendo con las "valoraciones" generales de los estudiantes entrevistados, opiniones como "desde mi punto de vista, a mí me han parecido interesantes, a mí me ha gustado", "yo las veo bastante entretenidas y fáciles la verdad" y "yo creo que negativas no hay nada, solo veo cosas positivas la verdad", evidencian una recepción positiva general hacia las prácticas implementadas y un optimismo hacia la metodología utilizada.

6.2. Materiales

Bajo la categoría de "materiales", se destacó la versatilidad de los recursos usados y su aplicabilidad a largo plazo, como lo expresó un participante: "pues me ha gustado porque puedo usarlo el día de mañana para alguna técnica de matemáticas en niños que sean a lo mejor más mayorcitos, en quinto o en sexto de primaria. Sí, lo usaría". Esto reflejó una valoración positiva y una proyección hacia la integración futura de prácticas docentes relacionadas con el pensamiento computacional (Ketelhut et al., 2019).

Apreciaciones como "se podrían usar otros materiales, pero al final las cartas es una buena opción porque al final te dan el juego de poder usar más cantidad" y "para los niños chicos, para aprender a ordenar los números de menor a mayor o de mayor a menor se pueden utilizar las cartas y pueden interesar" reflejaron una apreciación positiva de los materiales y estrategias utilizadas, no solo como herramientas de enseñanza actuales sino también por su potencial para ser integradas en futuros contextos educativos, fomentando un aprendizaje matemático activo y participativo que integre el pensamiento computacional en el currículo de manera transversal y aplicada (Lyon y Magana, 2020; Peel et al., 2022).

6.3. Dificultades

Por otro lado, las unidades de significado muestran diversas experiencias individuales frente a la complejidad de los retos presentados. La declaración "a mí es que las cartas ha sido lo que más me ha costado" o "todas me han parecido igual de difíciles", individualiza la experiencia del aprendizaje, indicando que los recursos utilizados pueden representar un desafío no abarcable. Contrariamente a las percepciones y valoraciones de estas dos estudiantes, se encuentran opiniones diferentes como "yo las veo bastante entretenidas y fáciles, la verdad" o "algunas fáciles y otras difíciles", por lo que la heterogeneidad de opiniones muestra que las tareas propuestas no han cubierto el amplio rango de niveles de habilidad presente en el estudiantado de los dos grupos.

6.4. Computación

Se exploraron a su vez las preferencias personales relacionadas con el uso de materiales desenchufados o no ligados a tecnologías digitales. Un participante muestra indiferencia hacia el medio utilizado: "no cambiaría nada porque a mí me gusta lo mismo en papel que en ordenador. Me daría igual hacerlo en papel y en ordenador". Esta declaración sugirió una flexibilidad y comodidad con ambas formas de trabajar el pensamiento computacional, indicando que la preferencia del medio no afecta su experiencia de aprendizaje.

Otra perspectiva enfatizó una preferencia por lo tangible: "yo he preferido estas actividades hacerlas así de forma manual que con un ordenador". Este comentario resaltó la apreciación de los aspectos táctiles y físicos en el proceso de aprendizaje. La reflexión mixta de otro estudiante reveló la complejidad de integrar tecnología: "sí y no, a lo mejor alguna actividad sí se podría haber hecho con ordenador, pero sería más difícil a la hora de explicarlo, a la hora de llevarlo a cabo y llevaría más tiempo también". Aquí se reconoció el potencial de la tecnología, pero también se consideraron los retos prácticos y temporales que su implementación podría conllevar (Ketelhut et al., 2019).

Un enfoque combinado se destaca en: "mitad material manipulativo porque me puede ayudar a visualizarlo mejor, y a lo mejor luego con el ordenador porque me puede llevar un poco más a entender lo más abstracto, por así decirlo". Esto indicó una valoración de los materiales manipulativos para la comprensión concreta y del ordenador para abordar conceptos abstractos.

Estas opiniones proporcionaron una visión valiosa sobre cómo los maestros en formación valoran la enseñanza de conceptos computacionales sin el uso directo de la tecnología digital y cómo percibieron el equilibrio entre los métodos tradicionales y tecnológicos en la educación. La variedad de puntos de vista destacó la importancia de considerar múltiples enfoques didácticos para atender las diferentes preferencias y estilos de aprendizaje de los estudiantes (Ersozlu et al., 2023; Mouza et al., 2020).

6.5. Autopercepción

Respecto al bloque categorial "autopercepción", los testimonios aquí recogidos reflejaron diversidad de experiencias personales respecto al aprendizaje y la confianza en la resolución de problemas matemáticos. Las narrativas personales revelaron cómo las actividades de la intervención influyeron en la visión que los estudiantes tenían de sus propias habilidades.

Como primer ejemplo, un cambio positivo en la autoconfianza se reflejó en la respuesta de un estudiante: "sí, yo creo que sí, ha habido un cambio". Esto indicó que las actividades tuvieron un impacto significativo en la percepción de su propia capacidad para abordar problemas matemáticos.

Por otro lado, otro estudiante expresó que su percepción no cambió: "igual que antes porque como no me ha supuesto ningún problema hacerlas no me ha parecido difícil". La ausencia de dificultad en las tareas ha reforzado su confianza preexistente.

Una perspectiva interesante se observa en el comentario: "al final es como que siempre hay veces que tengo exceso de confianza porque como que empiezo a probar cosas y sé que en

algún momento voy a dar con la clave". Este estudiante destacó un enfoque de prueba y error a la hora de resolver problemas y una confianza subyacente en su capacidad para encontrar soluciones.

Finalmente, un estudiante describe un renacimiento de la confianza: "tenía esa confianza que poco a poco se había ido perdiendo porque no se ha ido practicando y ha vuelto". Esta narrativa sugiere que la práctica continua es clave para mantener la confianza en las habilidades matemáticas.

Estas percepciones individuales ilustraron cómo las experiencias educativas pueden variar ampliamente y afectar de manera diferente la autoestima académica de los estudiantes. Estos relatos son cruciales para entender el papel que juegan las intervenciones pedagógicas en la construcción y reconstrucción de la autoconfianza de los maestros en formación, aspecto fundamental para el fortalecimiento de sus habilidades vinculadas al pensamiento computacional (Dong et al., 2023; Liu et al., 2023; Yadav et al., 2017).

6.6. Agrupamientos

Esta sección abordó las preferencias de los entrevistados respecto a las modalidades de trabajo implementadas durante las actividades de pensamiento computacional, resaltando las ventajas percibidas de cada formato:

Un estudiante expresó una clara preferencia por el trabajo en grupo: "pues en este caso me gustaría más en grupo porque puedo ver más aportaciones de otros compañeros que igual yo no las estoy viendo y me pueden ayudar a realizar el ejercicio de una forma más eficaz". Esta perspectiva valoró la colaboración y el aprendizaje entre iguales como un medio para mejorar la eficacia en la resolución de ejercicios.

Además, la motivación personal de otra estudiante se vio reflejada en la siguiente respuesta: "al ponerme en plan yo sola como que me da un poquito más de entusiasmo de decir, pues si me pongo y me paro a pensar y me pongo a sacar posibilidades creo que puedo llegar". Aquí, se observa que, para ella, trabajar proporciona un impulso al entusiasmo y a la autonomía en el proceso de pensamiento (Dong et al., 2023; Liu et al., 2023).

También, la colaboración cercana se favoreció en la observación: "en pareja, porque en plan, son dos cabezas pensantes y no sé, son más dinámicas". La interacción directa entre dos personas es vista como un equilibrio entre la colaboración y la agilidad en la dinámica de trabajo.

Asimismo, la concentración y autonomía se enfatizaron con la preferencia por el trabajo individual: "individual me ha gustado más porque yo podía tomar mis decisiones y estar más concentrada".

Sumado a estas opiniones, una visión equilibrada emergió en la reflexión: "es que me han gustado las dos, es verdad que cuando estás en un grupo también hay que escuchar las opiniones de los demás y lo que piensan respecto a algo, cuando estás sola, solamente dependes de ti". Aquí se reconoció el valor de escuchar diversas perspectivas, pero también la importancia de la independencia.

Por otro lado, la autogestión fue valorada por otro estudiante: "de forma individual, por ejemplo, este tipo de cosas me gustan porque al final tú vas a tu ritmo y lo piensas". Finalmente, se reconoció el beneficio de la diversidad de pensamientos al trabajar en grupo y la satisfacción del trabajo individual: "la verdad es que en grupo sacas más ideas y conclusiones, pero de forma individual tampoco me disgusta trabajar".

Estas opiniones reflejaron una amplia gama de preferencias, mostrando que mientras algunos estudiantes valoraron el intercambio y la variedad de perspectivas que ofrece el trabajo en grupo, otros apreciaron la concentración y el control que proporciona el trabajo individual. Estas percepciones subrayaron la importancia de ofrecer variedad en las metodologías de enseñanza para acomodar diferentes estilos de aprendizaje y fomentar tanto la colaboración como la independencia cognitiva (Peel et al., 2022).

7. CONCLUSIONES

La presente investigación se propuso como objetivo principal implementar una intervención educativa orientada a introducir el pensamiento computacional en maestros en formación mediante el uso de materiales desenchufados y analizar sus percepciones respecto a estas primeras prácticas. Los resultados obtenidos permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

Con respecto al primer objetivo específico, que buscaba determinar la opinión del estudiantado ante la integración del pensamiento computacional con materiales manipulativos no digitales, las respuestas recopiladas indicaron una predilección generalizada por el aprendizaje interactivo y reflexivo. Los testimonios revelaron un aprecio por el razonamiento y la innovación didáctica, confirmando que la intervención educativa fue valorada positivamente y se alineó con el interés por métodos de enseñanza novedosos.

En relación con el segundo objetivo específico, centrado en concretar las fortalezas, debilidades y posibilidades de mejora de la intervención, se observó una apreciación positiva de la versatilidad y aplicabilidad a largo plazo de los materiales utilizados. No obstante, la experiencia individualizada del aprendizaje resaltó la diversidad en la recepción de los retos propuestos, lo cual indica que, aunque la intervención fue en general bien recibida, existe un margen de mejora en términos de ajuste a diferentes niveles de habilidad presentes en las aulas.

Además, las percepciones sobre la autopercepción y el trabajo en grupo versus individual reafirmaron que las experiencias educativas pueden variar significativamente entre los estudiantes, influyendo de manera diferente en la autoestima académica. La diversidad de opiniones sobre las modalidades de trabajo implementadas mostró que, si bien algunos estudiantes se benefician de la colaboración y el intercambio de ideas que proporciona el trabajo en grupo, otros valoran la independencia y la capacidad de trabajar a su propio ritmo. Esto subraya la necesidad de ofrecer opciones flexibles en las estrategias de enseñanza para acomodar una gama más amplia de estilos de aprendizaje y preferencias.

Con respecto al tercer objetivo específico, que buscaba conocer las posibilidades de integración de dispositivos digitales para el desarrollo del pensamiento computacional, las opiniones de los participantes reflejaron una variedad de preferencias. Algunos mostraron

flexibilidad y comodidad con ambos métodos, desenchufado y conectado, mientras que otros expresaron una preferencia clara por lo tangible. Estas opiniones resaltaron la importancia de considerar un enfoque didáctico que combine tanto materiales desenchufados como tecnología digital, atendiendo a las preferencias individuales y fomentando un aprendizaje más holístico.

Ahora bien, a pesar de los múltiples hallazgos de esta investigación, es importante reconocer ciertas limitaciones que podrían influir en la interpretación de los resultados. Por un lado, el tamaño de la muestra, aunque adecuado para un estudio de caso detallado, es relativamente pequeño y se circunscribe a un único centro educativo de Educación Superior, lo que podría limitar la extrapolación de las conclusiones a contextos más amplios o diversos. Asimismo, la elección de materiales desenchufados, si bien ofrece un enfoque innovador, no incluye la comparación con metodologías que integren dispositivos digitales, lo cual podría ofrecer una comprensión más equilibrada del pensamiento computacional en entornos educativos actuales.

Teniendo en cuenta las limitaciones mencionadas anteriormente, se proponen las siguientes líneas de investigación futuras:

- Ampliación del tamaño y diversidad de la muestra.
- Comparación metodológica con tecnologías digitales.
- Realización de estudios longitudinales.

En conclusión, los objetivos de esta investigación se han cumplido satisfactoriamente, proporcionando una comprensión detallada de las percepciones de los maestros en formación sobre la intervención llevada a cabo focalizada en desarrollar el pensamiento computacional desenchufado. Los resultados sugirieron que tales intervenciones pueden enriquecer el proceso de aprendizaje y apoyar el desarrollo profesional de los maestros en formación, aunque se destacó la necesidad de personalizar las actividades para satisfacer las necesidades individuales de aprendizaje.

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se deriva de la tesis doctoral titulada: "Integración de los elementos básicos del pensamiento computacional para la formación inicial de maestros"

9. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: NMP; Metodología: NMP, JMRR; Software: NMP; Validación: BBO; Análisis Formal: NMP; Investigación: NMP; Recursos: FJHL, JMRR; Curación de datos: BBO; Escritura (borrador original): NMP; Escritura (revisión y edición): FJHL, JMRR; Visualización: BBO; Supervisión: FJHL, JMRR; Administración del proyecto: FJHL, JMRR; Adquisición de fondos: FJHL.

10. REFERENCIAS

- Abesadze, S. y Nozadze, D. (2020). Make 21st century education: The importance of teaching programming in schools. *International Journal of Learning and Teaching*, 6(3), 158-163. <http://dx.doi.org/10.18178/ijlt.6.3.158-163>
- Adell, J., Llopis, M. Á., Esteve, F. M. y Valdeolivas, M. G. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 171-186. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- Angeli, C. y Giannakos, M. (2020). Computational thinking education: Issues and challenges. *Computers in human behavior*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185>
- Chen, P., Yang, D., Metwally, A. H. S., Lavonen, J. y Wang, X. (2023). Fostering computational thinking through unplugged activities: A systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 10(47), 1-25. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00434-7>
- Dong, W., Li, Y., Sun, L. y Liu, Y. (2023). Developing pre-service teachers' computational thinking: a systematic literature review. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-37. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09811-3>
- Ersozlu, Z., Swartz, M. y Skourdoumbis, A. (2023). Developing Computational Thinking through Mathematics: An Evaluative Scientific Mapping. *Education Sciences*, 13(4), 422. <https://doi.org/10.3390/educsci13040422>
- Ezeamuzie, N. O. y Leung, J. S. C. (2022). Computational thinking through an empirical lens: A systematic review of literature. *Journal of Educational Computing Research*, 60(2), 481-511. <https://doi.org/10.1177/07356331211033158>
- Hernández-Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México.
- Ketelhut, D. J., Mills, K., Hestness, E., Cabrera, L., Plane, J. y McGinnis, J. R. (2020). Teacher change following a professional development experience in integrating computational thinking into elementary science. *Journal of science education and technology*, 29, 174-188. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09798-4>
- Liu, S., Peng, C. y Srivastava, G. (2023). What influences computational thinking? A theoretical and empirical study based on the influence of learning engagement on computational thinking in higher education. *Computer Applications in Engineering Education*, 1-15. <https://doi.org/10.1002/cae.22669>
- Lyon, J. A. y Magana, A. J. (2020). Computational thinking in higher education: A review of the literature. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(5), 1174-1189. <https://doi.org/10.1002/cae.22295>

- Miller, J. (2019). STEM education in the primary years to support mathematical thinking: Using coding to identify mathematical structures and patterns. *ZDM*, 51, 915-927. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01096-y>
- Mouza, C., Pan, Y. C., Yang, H. y Pollock, L. (2020). A multiyear investigation of student computational thinking concepts, practices, and perspectives in an after-school computing program. *Journal of Educational Computing Research*, 58(5), 1029-1056. <https://doi.org/10.1177/07356331209056>
- Peel, A., Sadler, T. D. y Friedrichsen, P. (2022). Algorithmic explanations: An unplugged instructional approach to integrate science and computational thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 31, 428-441. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09965-0>
- Popat, S. y Starkey, L. (2019). Learning to code or coding to learn? A systematic review. *Computers & Education*, 128, 365-376. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.005>
- Rich, K. M., Yadav, A. y Larimore, R. A. (2020). Teacher implementation profiles for integrating computational thinking into elementary mathematics and science instruction. *Education and Information Technologies*, 25, 3161-3188. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10115-5>
- Taslibeyaz, E., Kursun, E. y Karaman, S. (2020). How to Develop Computational Thinking: A Systematic Review of Empirical Studies. *Informatics in Education*, 19(4), 701-719. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.30>
- Weber, A. M., Bastian, M., Barkela, V., Mühling, A. y Leuchter, M. (2022). Fostering preservice teachers' expectancies and values towards computational thinking. *Frontiers in psychology*, 13, 987761. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.987761>
- Yadav, A., Stephenson, C. y Hong, H. (2017). Computational thinking for teacher education. *Communications of the ACM*, 60(4), 55-62. <https://doi.org/10.1145/2994591>

5.4. Publicación 4

European Public & Social Innovation Review

ISSN 2529-9824



Pensamiento Computacional en la Educación Básica a través de la Robótica Educativa: Una Revisión Sistemática

Computational Thinking in Basic Education through Educational Robotics: A Systematic Review

Natalia Moreno-Palma¹: Universidad de Granada, España

nmoreno@ugr.es

Blanca Berral-Ortiz: Universidad de Granada, España.

blancaberral@ugr.es

Carmen Rocío Fernández-Fernández: Universidad de Granada, España.

carmenrocio@ugr.es

Juan José Victoria-Maldonado: Universidad de Granada, España.

jvictoria@ugr.es

Fecha de Recepción: 27/05/24

Fecha de Aceptación: (Rellenado por el Equipo del editorial)

Fecha de Publicación: (Rellenado por el Equipo del editorial)

Cómo citar el artículo (APA 7^a):

Moreno-Palma, N., Berral-Ortiz, B., Fernández-Fernández, C. R. y Victoria-Maldonado, J. J. (2024). Pensamiento Computacional en la Educación Básica: Una Revisión Sistemática de su Desarrollo Curricular y Efectividad en el Aprendizaje a través de la Robótica Educativa [Computational Thinking in Basic Education: A Systematic Review of Its Curriculum Development and Learning Effectiveness through Educational Robotics]. *European Public & Social Innovation Review*, número(vol.), pp.-pp. <http://doi.org/...>

Resumen: Introducción: La revisión sistemática buscó conocer sobre el desarrollo del pensamiento computacional a través de la robótica educativa, identificando estudios que apoyan habilidades fundamentales de dicho pensamiento. **Metodología:** Se utilizó la metodología PRISMA, con búsquedas en Web of Science y Scopus. Se analizaron estudios empíricos publicados desde 2020, con diseños preexperimentales, experimentales y cuasiexperimentales, centrados en el uso de robótica tangible para el desarrollo del pensamiento computacional en la educación obligatoria. **Resultados:** Se identificaron 11 estudios, destacando mejoras en pensamiento computacional y habilidades socioemocionales. La robótica educativa mostró ser efectiva, especialmente con herramientas como LEGO, Bee-Bot, mBot, Dash, Dot, iArm y Ozobot, entre otros. **Discusión:** Se observó una tendencia creciente en la adopción de robótica educativa, con mejoras significativas en habilidades computacionales. Sin embargo, se identificaron limitaciones en términos de tamaño de muestra y estudios longitudinales. **Conclusiones:** Se concluyó que la robótica educativa es una

¹ **Autora de correspondencia:** Natalia Moreno-Palma: Universidad de Granada (España).



herramienta eficaz para desarrollar el pensamiento computacional en la educación básica. Se resaltó la importancia de continuar investigando y perfeccionando las metodologías educativas que integran tecnologías emergentes en el currículo escolar.

Palabras clave: pensamiento computacional; robótica educativa; educación básica; educación obligatoria; estrategias curriculares; revisión sistemática; educación primaria; educación secundaria.

Abstract: Introduction: The systematic review aimed to explore the development of computational thinking through educational robotics, identifying studies that support fundamental skills of such thinking. **Methodology:** The PRISMA methodology was used, with searches conducted in Web of Science and Scopus. Empirical studies published since 2020, with pre-experimental, experimental, and quasi-experimental designs, focused on the use of tangible robotics for the development of computational thinking in compulsory education were analyzed. **Results:** Eleven studies were identified, highlighting improvements in computational thinking and socio-emotional skills. Educational robotics proved to be effective, especially with tools such as LEGO, Bee-Bot, mBot, Dash, Dot, iArm, and Ozobot, among others. **Discussions:** There was a growing trend in the adoption of educational robotics, with significant improvements in computational skills. However, limitations were identified in terms of sample size and longitudinal studies. **Conclusions:** It was concluded that educational robotics is an effective tool for developing computational thinking in basic education. The importance of continuing to research and refine educational methodologies that integrate emerging technologies into the school curriculum was emphasized.

Keywords: computational thinking; educational robotics; basic education; compulsory education; curricular strategies; systematic review; primary education; secondary education.

1. Introducción

Esta revisión sistemática de la literatura tiene como objetivo conocer cómo se está desarrollando el Pensamiento Computacional a través de la Robótica Educativa identificando aquellos estudios e investigaciones que apoyan una o más de las habilidades fundamentales del Pensamiento Computacional. Este trabajo busca responder a si existe interés en la relación entre el Pensamiento Computacional y la robótica Educativa, y cómo ambas se integran. Además, también se pretende conocer la eficacia de la Robótica Educativa para el desarrollo de las habilidades de Pensamiento Computacional, así como los estudios que presentan experiencias prácticas. Para responder a estas cuestiones, el presente artículo se estructura de la siguiente forma: la sección 1.1. introduce los conceptos de Pensamiento Computacional y Robótica Educativa; la sección 2 detalla la metodología utilizada en esta revisión sistemática; la sección 3 presenta los resultados obtenidos en las diferentes bases de datos; la sección 4 muestra los resultados de los documentos revisados; la sección 5 discute los resultados de los documentos seleccionados con la literatura científica y; la sección 6, muestra las conclusiones y consideraciones finales de este trabajo.

1.1. Robótica Educativa y Pensamiento Computacional

Actualmente, el avance en diversos sectores de la sociedad está estrechamente relacionado con la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), también están emergiendo, otro tipo de tecnologías como son la Inteligencia Artificial (IA), el Internet de las Cosas, la robótica, la computación en la nube, entre otros desarrollos tecnológicos (Villalobos *et al.*, 2023). Todo ello, da como resultado herramientas y soportes esenciales para el eficiente desarrollo de tareas y procesos dentro del tejido social. En los ámbitos educativos formales e informales, se están implementando nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje destinadas

a fomentar actividades productivas basadas en la tecnología y la innovación (Vásquez Acevedo *et al.*, 2024). Una de las iniciativas más destacadas a nivel global, es la creación e implementación de prácticas pedagógicas que promuevan el desarrollo de competencias digitales, aprendizajes y conocimientos en las áreas STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Arte y Matemáticas), así como la adquisición de habilidades sociales positivas en los estudiantes de diferentes niveles educativos (Rico y Bosagain Olabe, 2018).

Entre las tecnologías con más relevancia se destaca la robótica, ya que se está incorporando con éxito en diversas regiones y países. La combinación de robótica y educación se conoce como Robótica Educativa (RE) y esta disciplina permite a los estudiantes desarrollar habilidades como el pensamiento computacional (PC) y crítico, y el aprendizaje por indagación, así como competencias innovadoras en ámbitos culturales y tecnológicos. Además, fomenta aspectos relacionados con el desarrollo e interacción social del individuo, tales como el liderazgo, el trabajo en equipo, la comunicación y la creatividad (Herrerías-Peralta, 2024). Por otro lado, la interacción con la tecnología está promoviendo la necesidad de desarrollar nuevos tipos de lenguaje, inspirados en los principios de las ciencias computacionales y la informática. Como resultado, junto con los métodos tradicionales de aprendizaje de la lectura, escritura y aritmética, se añade el aprendizaje y desarrollo de un nuevo lenguaje basado en el PC (Mono Castañeda, 2023). Éste se ha convertido en una iniciativa clave de formación y aprendizaje y su importancia se enfatiza en los contextos académicos y de investigación adoptando estrategias que facilitan su desarrollo en diversos niveles educativos (Palma-Polo *et al.*, 2024). No puede negarse que la RE está cada vez más presente en las instituciones educativas de todo el mundo, reconociendo que el objetivo de la RE no radica en enseñar robótica a los estudiantes, sino en aprovechar su naturaleza multidisciplinaria para construir un objeto tecnológico con un propósito específico, desarrollando habilidades esenciales para los estudiantes del siglo XXI (Mejía *et al.*, 2022). Para enseñar y mejorar las habilidades y competencias del PC en las primeras etapas educativas se va a precisar del uso de recursos de aprendizaje físicos o tangibles como los que puede proporcionar la RE (Caballero-González, 2024). Por lo tanto, podría decirse que hablar de programación y robótica implica inherentemente hablar de PC.

Diversas investigaciones han explorado cómo estas dos áreas se complementan y potencian mutuamente. Por ejemplo, un estudio realizado por Ángel-Díaz (2020) demuestra que gracias al desarrollo y puesta en práctica de una herramienta de simulación UBlockly-Robot, se consigue un simulador gratuito de código abierto y accesible, que fomenta el desarrollo de las principales habilidades relacionadas con el pensamiento computacional, a través del uso del pensamiento computacional como metodología didáctica. Se trató, por tanto, de una herramienta de software, que se puede utilizar en cualquier navegador web y que cualquier centro educativo puede tener acceso a ella. Otro estudio llevado a cabo por González-Álvarez y Gómez-Vargas (2023), consigue implementar en el aula una intervención pedagógica que integra la RE para mejorar los procesos de aprendizaje en competencias STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Utilizó una metodología de aprendizaje basada en proyectos (ABP) conjuntamente con el uso de recursos y herramientas de programación, kits de robótica y software educativo. Los resultados demostraron que la estrategia didáctica sostenible basada en la RE, fue muy positiva en la formación de los estudiantes, ya que les permitió adquirir habilidades blandas y competencias cognitivas transversales, como son el pensamiento lógico y el PC. Además, investigaciones de Prado Ortega *et al.* (2024) destacan que la aplicación de estrategias didácticas con RE impacta positivamente en el aprendizaje de la física. Los resultados demostraron que los componentes tecnológicos potencian la motivación en el aula y aumentan la participación de los estudiantes, además de facilitar el trabajo cooperativo y colaborativo. La interacción con robots en las aulas demostró que la RE en el currículo de física proporciona a los estudiantes experiencias prácticas relevantes que pueden ser aplicadas en contextos del mundo real y en futuras carreras en campos STEM. Estas contribuciones destacan la relevancia de la RE como herramienta para desarrollar el

pensamiento computacional en contextos educativos diversos, además, subraya la necesidad de dominar la programación y el control de robots, con el objetivo de que los estudiantes estén mejor preparados para enfrentar los desafíos tecnológicos del siglo XXI y puedan explorar oportunidades profesionales en ingeniería, robótica y ciencias de la computación.

En base a las contribuciones teóricas existentes, se estableció el objetivo de analizar estudios empíricos que investigasen el desarrollo del Pensamiento Computacional en la educación básica obligatoria, poniendo el foco en cómo la integración curricular de la Robótica Educativa impacta la efectividad del aprendizaje del Pensamiento Computacional. Se priorizaron investigaciones que implementasen metodologías activas, incluyendo aquellas que emplean recursos tangibles o robóticos en lugar de únicamente herramientas digitales convencionales.

Las preguntas de investigación que, junto con este objetivo principal guiaron el estudio fueron:

- ¿Cuántas experiencias relacionadas con el desarrollo del pensamiento computacional mediante robótica en la educación básica obligatoria han sido publicadas en las bases de datos Web of Science y Scopus?
- ¿Cuál ha sido el impacto de la temática dentro de la literatura científica?
- ¿De qué forma se están implementando las experiencias de robótica educativa en términos de duración y tipos de robots utilizados en la educación obligatoria?
- ¿Qué resultados se están obteniendo tras la incorporación de la robótica educativa en el aprendizaje del pensamiento computacional en la educación obligatoria?

2. Metodología

Con el fin de examinar de manera crítica y selectiva el tema propuesto, se empleó un enfoque detallado y estructurado conforme a la metodología de la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) atendiendo a las premisas de la declaración PRISMA (Page *et al.*, 2021a; Page *et al.*, 2021b). Para formular la ecuación de búsqueda se llevó a cabo un análisis temático de los términos centrales de búsqueda utilizando el Tesoro de la UNESCO (s.f.) y el Tesoro Europeo de la Educación (ERIC, 2024). La estrategia de búsqueda se centró en los términos *computational thinking*, *robotics* y *obligatory schooling*. Tras el análisis temático, se añadieron los siguientes términos para ampliar la búsqueda: *educational robotics*, *compulsory school*, *primary education*, *primary school*, *secondary education*, *secondary school* y *high school*.

Por tanto, la ecuación formulada fue: “computational thinking” AND “robotics” AND (“obligatory schooling” OR “compulsory school” OR “primary education” OR “secondary education” OR “primary school” OR “secondary school” OR “high school”). Para la búsqueda de información, se seleccionaron las bases de datos Web of Science y Scopus, elegidas por su prestigio académico, por su amplia cobertura geográfica y temática, y la extensa disponibilidad de recursos en línea que ofrecen. Seguidamente, se definieron los criterios de inclusión y exclusión que formaron parte de la fase de planificación del proceso (tabla 1).

Tabla 1.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión (IN)	Criterios de Exclusión (EX)
IN1: Artículos científicos.	EX1: Documentos no revisados por pares.
IN2: Publicaciones desde enero de 2020 hasta junio de 2024.	EX2: Publicaciones anteriores a enero de 2020.
IN3: Artículos escritos en inglés o español.	EX3: Artículos no escritos en inglés o español.
IN4: Acceso abierto.	EX4: Acceso restringido.

IN5: Investigaciones empíricas con diseño pre-experimental, experimental o cuasiexperimental.	EX5: Investigaciones no empíricas.
IN6: Investigaciones que usen robótica y robots para desarrollar el pensamiento computacional en individuos que cursasen estudios de carácter obligatorio.	EX6: Investigaciones que no usen recursos robóticos tangibles, que no tengan por finalidad desarrollar el pensamiento computacional o cuyos participantes no cursasen estudios de carácter no obligatorio.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Por un lado, la investigación abarcó estudios realizados desde el año 2020 hasta junio de 2024. Esta temporalidad se estableció en respuesta a la reciente inclusión del término "pensamiento computacional" en la legislación educativa vigente en España. A su vez, se seleccionaron artículos científicos revisados por pares para asegurar la calidad de estos. En términos de idioma, los estudios incluidos estaban redactados en inglés y español, lo cual facilitó la correcta selección e interpretación de los datos por parte de los investigadores. Por otro lado, con el propósito de fundamentar esta revisión en una metodología transparente y replicable, se optó por incluir únicamente artículos de acceso abierto. Respecto a la metodología utilizada, los estudios elegidos emplearon diseños metodológicos experimentales o cuasiexperimentales, con instrumentos de recogida de información de tipo pretest y posttest. Además, se seleccionaron aquellos artículos que especificasen claramente los objetivos de investigación y las metodologías utilizadas. También, que describiesen con detalle las intervenciones realizadas, asegurando que los recursos y materiales empleados estuviesen claramente relacionados con la interpretación de los datos o las conclusiones derivadas.

Por último, en relación a la temática, se seleccionaron aquellos artículos donde las intervenciones se llevasen a cabo con alumnado de educación obligatoria, que involucrasen el uso de recursos robóticos tangibles, más allá de simples lenguajes de programación o aplicaciones software. También se seleccionaron estudios en los cuales la variable dependiente fuese el pensamiento computacional, evaluado de manera holística o a través de algunas de sus componentes, y la variable independiente fuese el proceso educativo implementado en la intervención de aula. Una vez completada la etapa de planificación del procedimiento de revisión sistemática, se inició la fase de acción. Tal como se ha definido, para el sondeo en la literatura se utilizó la ecuación de búsqueda canónica, adaptada específicamente a cada base de datos consultada. Los detalles y resultados finales de los registros obtenidos en la última consulta de búsqueda se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2.

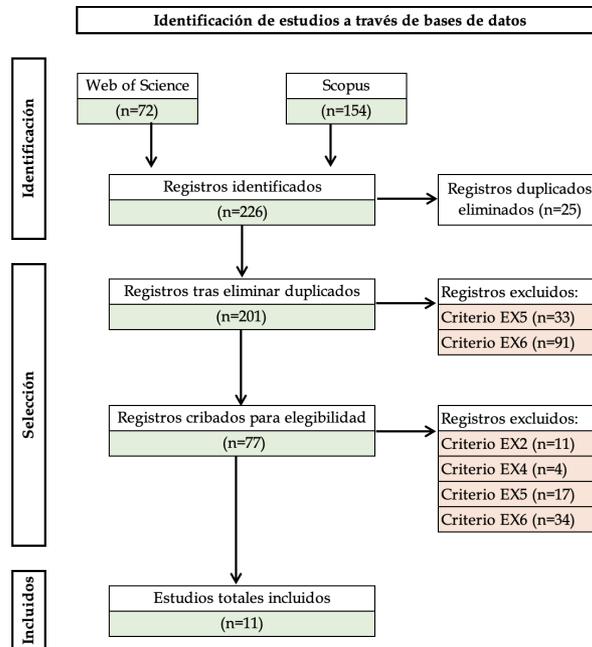
Ecuaciones de búsqueda adaptadas a las bases de datos Web of Science y Scopus junto con registros obtenidos

Ecuación de búsqueda para Web of Science	Registros
ALL=("computational thinking") AND ALL=("robotics") AND ALL=("obligatory schooling" OR "compulsory school" OR "primary education" OR "secondary education" OR "primary school" OR "secondary school" OR "high school")	72
Ecuación de búsqueda para Scopus	Registros
TITLE-ABS-KEY ("computational thinking") AND TITLE-ABS-KEY ("robotics") AND TITLE-ABS-KEY ("obligatory schooling" OR "compulsory school" OR "primary education" OR "secondary education" OR "primary school" OR "secondary school" OR "high school")	154

Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura 1.

Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia (2024).

Para la organización y gestión de la información procedente de los estudios identificados en las búsquedas bibliográficas, se empleó RefWorks como herramienta de gestión bibliográfica. Adicionalmente, se utilizó una plantilla preestablecida en una hoja de extracción de datos (Microsoft Excel) diseñada específicamente para registrar los motivos de exclusión de cada estudio. Para la codificación y extracción de datos de los estudios finalmente seleccionados para la revisión, se aplicó una segunda plantilla estructurada. Todas las acciones realizadas durante el proceso de selección de estudios, a excepción de la exclusión de documentos no revisados por pares, como se ilustra en la Figura 1, se ejecutaron manualmente, sin la intervención de herramientas automatizadas.

Una vez confirmada la muestra final de estudios, se extrajeron y codificaron los datos y la información de cada estudio en torno a las siguientes variables: (a) características contextuales y descripción de la muestra (se examinaron factores como el país de origen de la muestra, el procedimiento de selección de muestras, el tamaño total de la muestra, la distribución por edades, género y nivel educativo de los participantes), (b) características metodológicas (se describió el diseño metodológico de cada estudio, detallando los instrumentos de evaluación empleados para medir las variables dependientes, así como el tipo de análisis de datos utilizado para interpretar los resultados), (c) características de la variable independiente (se especificaron los detalles del entorno en el que se desarrolló la intervención, incluyendo las áreas o componentes abordados, la duración, los procedimientos, prácticas, estrategias, técnicas y recursos empleados en la intervención); (d) variables dependientes y resultados (se analizaron los componentes específicos del pensamiento computacional que fueron objeto de estudio, junto con los resultados obtenidos de dichos análisis).

3. Resultados

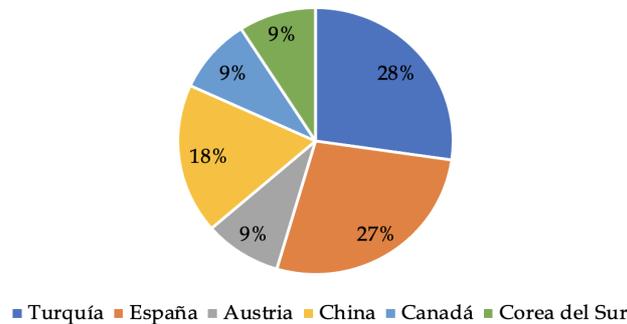
Con el objetivo de presentar los artículos de la forma más esquematizada se exponen los resultados respondiendo a las preguntas de investigación delimitadas anteriormente.

3.1. ¿Cuántas experiencias relacionadas con el desarrollo del pensamiento computacional mediante robótica en la educación básica obligatoria han sido publicadas en las bases de datos Web of Science y Scopus?

La muestra final de estudios estuvo formada por 11 investigaciones, siete de ellas procedentes de la base de datos Scopus (Diago *et al.*, 2022; Kert *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2023; Noh y Lee, 2020; Özmutlu *et al.*, 2021; Ru y Kwan, 2021; Tengler *et al.*, 2022) y cuatro de Web of Science (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Sáez *et al.*, 2021; Yilmaz y Koc, 2021; Zeng *et al.*, 2022). En la Figura 2 se representa la procedencia de los estudios, la cual se desglosó de la siguiente manera: tres investigaciones provinieron de Turquía (Kert *et al.*, 2020; Özmutlu *et al.*, 2021; Yilmaz y Koc, 2021) y tres de España (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Diago *et al.*, 2022; Sáez *et al.*, 2021). Adicionalmente, se contó con un estudio procedente de Austria (Tengler *et al.*, 2022), dos de China (Ru y Kwan, 2021; Zeng *et al.*, 2022), uno de Canadá (Liu *et al.*, 2023) y uno de Corea del Sur (Noh y Lee, 2020).

Figura 2.

Procedencia de los artículos

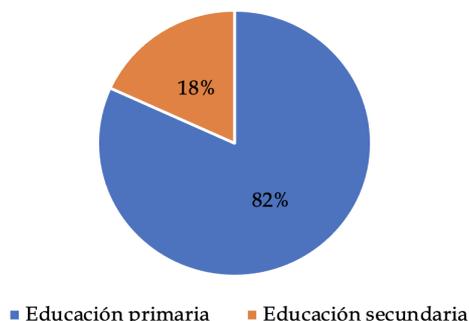


Fuente: Elaboración propia (2024).

Por otro lado, en la Figura 3 se representó el nivel educativo de los participantes en los diferentes estudios. Nueve de los estudios se centraron en la educación primaria (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Diago *et al.*, 2022; Kert *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2023; Noh y Lee, 2020; Özmutlu *et al.*, 2021; Ru y Kwan, 2021; Sáez *et al.*, 2021; Tengler *et al.*, 2022), mientras que dos estudios abordaron la educación secundaria (Yilmaz y Koc, 2021; Zeng *et al.*, 2022).

Figura 3.

Nivel educativo de los participantes

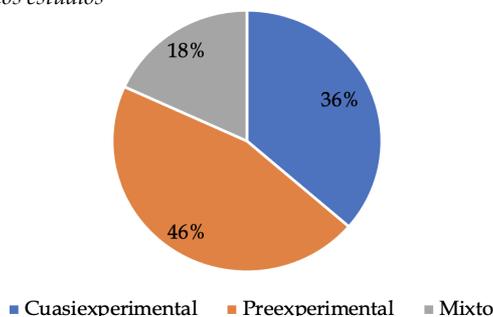


Fuente: Elaboración propia (2024).

Asimismo, con respecto al procedimiento de selección de muestras, todos los estudios utilizaron un muestreo no probabilístico por conveniencia. El tamaño de la muestra osciló desde los 13 hasta los 155 participantes y la distribución de género no varió entre los estudios pues las 11 investigaciones incluyeron muestras compuestas tanto por hombres como por mujeres. Por último, respecto al diseño metodológico empleado en las diferentes investigaciones, cuatro de los estudios utilizaron un diseño cuasiexperimental con grupo control y experimental y con medidas pretest y posttest (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Diago *et al.*, 2022; Kert *et al.*, 2020; Sáez *et al.*, 2021); cinco estudios utilizaron un diseño pre-experimental con medidas pretest y posttest (Noh y Lee, 2020; Özmütlu *et al.*, 2021; Tengler *et al.*, 2022; Yilmaz y Koc, 2021; Zeng *et al.*, 2022), y dos estudios utilizaron un diseño mixto tanto cualitativo como cuantitativo pero con diseño cuantitativo preexperimental con medidas pretest y posttest (Liu *et al.*, 2023; Ru y Kwan, 2021). En la Figura 4 se muestra la distribución de los artículos en función del diseño metodológico empleado.

Figura 4.

Diseño metodológico de los estudios



Fuente: Elaboración propia (2024).

3.2. ¿Cuál ha sido el impacto de la temática dentro de la literatura científica?

Una vez visto cuántos artículos hay publicados con estas características es necesario establecer cuál es el impacto que tienen estos sobre la comunidad científica. Esto, es necesario para ver la repercusión de la temática y cómo se va a trabajar en las diferentes instituciones de Educación Obligatoria, destacando la idea de que las revistas con mayor índice de impacto o de mayor relevancia científica deberían ser referentes para otras investigaciones. Para ello, se va a hacer un análisis de las revistas donde se han publicado las experiencias y se va a analizar el número de citas según Google Scholar. Se utiliza esta base de datos debido a que es la que más

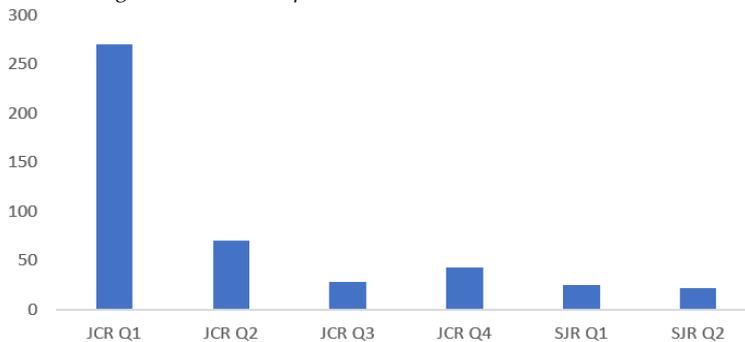
documentos recoge de forma que verá la repercusión más realista la repercusión de las publicaciones, así como el avance de la temática y las citas.

En primer lugar, se menciona los diferentes artículos y las revistas donde están publicados con el factor de impacto del año de publicación: Liu *et al.* (2023), JCR Q1; Zeng *et al.* (2022), JCR Q2; Diago *et al.* (2022), SJR Q1; Ru y Kwan (2021), JCR Q3; Tengler *et al.* (2022), SJR Q2; Sáez *et al.* (2021), JCR Q2; Yilmaz y Koc (2021), JCR Q4; Özmutlu *et al.* (2021), JCR Q1; Caballero-González y García-Valcárcel (2020), SJR Q2; Kert *et al.* (2020), JCR Q2; Noh y Lee (2020), JCR Q1

Estableciendo estos puntos, se aprecia cómo la publicación sobre la temática es un factor puntero, pues Noh y Lee (2020) tiene 174 citas y Caballero-González y García-Valcárcel (2020) tiene 2 citas, todos siendo publicaciones con relevancia a nivel nacional e internacional. Además, se aprecia cómo el factor de impacto de las revistas tiene repercusión en el número de citas pues como se aprecia en la figura 5 el factor de impacto tiene repercusión en el número de citas.

Figura 5.

Repercusión en citas según el índice de impacto de las revistas

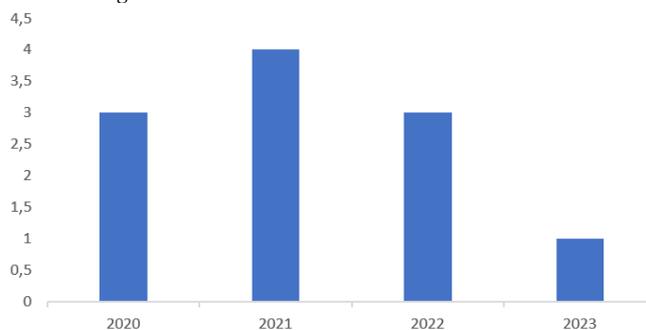


Fuente: Elaboración propia (2024).

Por otro lado, respecto a la cantidad de publicaciones, es necesario mencionar cómo en 2021 hubo un gran número de publicaciones respecto a la temática pudiendo verse la influencia de diferentes factores y legislaciones. Sin embargo, desde ese momento se aprecia cómo cada año hay menos publicaciones con estas características (Figura 6).

Figura 6

Relación de publicaciones según los años



Fuente: Elaboración propia (2024).

3.3. ¿De qué forma se están implementando las experiencias de robótica educativa en términos de duración y tipos de robots utilizados en la educación obligatoria?

Las experiencias de robótica educativa se implementaron predominantemente en el entorno escolar regular y, en menor medida, en programas extracurriculares y campamentos de verano. Se identificaron ocho investigaciones que se realizaron dentro del currículo escolar regular, ya sea integradas al currículo vigente o como parte de un currículo especial diseñado para el estudio (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Diago *et al.*, 2022; Kert *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2023; Noh y Lee, 2020; Sáez *et al.*, 2021; Tengler *et al.*, 2022; Zeng *et al.*, 2022). Las tres investigaciones restantes se desarrollaron en contextos extracurriculares, específicamente en programas después de clases y campamentos de verano (Özmutlu *et al.*, 2021; Ru y Kwan, 2021; Yilmaz y Koc, 2021).

En términos de los robots utilizados, dos estudios destacaron por el uso del robot Bee-Bot. Diago *et al.* (2022) diseñaron una intervención de dos horas en la que los estudiantes utilizaban este robot junto con un sistema de tarjetas para la programación tangible, enfocándose en la secuenciación de instrucciones de movimiento que luego verificaban mediante el desplazamiento del robot sobre un mapa de la ciudad. Por otro lado, Caballero-González y García-Valcárcel (2020) emplearon el Bee-Bot en un programa más extenso, con 30 horas de intervención, donde los estudiantes afrontaban retos de programación que fomentaban el desarrollo de diversas dimensiones del pensamiento computacional.

Adicionalmente, la robótica LEGO se utilizó en tres estudios diferentes. Por ejemplo, Kert *et al.* (2020) implementaron una intervención de diez semanas donde se usaron sets de LEGO EV3, contrastando su efectividad con el uso del entorno de programación Scratch en un grupo control. Özmutlu *et al.* (2021) organizaron una intervención de 16 horas durante un fin de semana, utilizando tanto los kits LEGO WeDo 2.0 como robots MakeBlock mBot, en un entorno que promovía la programación y robótica mediante tareas que estimulaban la resolución de problemas, la colaboración y la creatividad. El estudio de Liu *et al.* (2023) incorporó la construcción de robots con piezas LEGO y programación con Scratch en un curso semestral, donde los estudiantes construyeron y programaron robots con la asistencia de instructores, integrando así la teoría y la práctica en un aprendizaje activo y participativo.

También se utilizó el robot mBot en el estudio conducido por Sáez *et al.* (2021) junto con robots como Dash y Dot. En esta investigación se utilizaron estos robots específicamente para la enseñanza de programación por bloques en el ámbito de la educación primaria. La intervención, que duró un semestre, utilizó a su vez herramientas de programación visual como Blockly y Scratch. Dash y Dot son robots diseñados para ser programados mediante interfaces visuales, lo que facilita que los estudiantes de primaria aprendan conceptos básicos de programación y robótica de una manera interactiva y atractiva. Dash, por ejemplo, puede ser programado para navegar por rutas específicas, responder a comandos de voz y realizar actividades que integran luces y sonidos, mientras que Dot ofrece actividades centradas en la creatividad y la resolución de problemas mediante desafíos de codificación.

Asimismo, en el estudio realizado por Tengler *et al.* (2022) se implementaron actividades de narración basadas en robótica para mejorar el pensamiento computacional en estudiantes de primaria. La intervención tuvo una duración de tres semanas y se utilizó el robot Ozobot. Este robot de suelo se controla mediante códigos de colores que sigue con sus sensores, lo que permite a los estudiantes programar sus movimientos dibujando líneas y puntos de colores en papel. El procedimiento de esta intervención se centró en el método "Tell, Draw, and Code". Los estudiantes primero narraban una historia, luego la representaban gráficamente en un

formato que el Ozobot pudiera seguir, y finalmente programaban el robot para que actuara la historia usando códigos de color específicos para ejecutar comandos.

Por otra parte, Ru y Kwan (2021) realizaron un estudio en un campamento de verano de robótica en China. Este campamento, que tuvo una duración de cuatro semanas con sesiones de 90 minutos tres veces por semana, adoptó un enfoque de interacción estudiante-robot para explorar cómo estas interacciones podrían fomentar el pensamiento computacional en los estudiantes. Durante este período, los participantes se involucraron en actividades de construcción y programación usando el kit robótico KAZI EV5 y el lenguaje de programación visual Scratch.

En un enfoque distinto, Zeng *et al.* (2022) implementaron un kit de brazo robótico educativo llamado iArm para inspirar el pensamiento computacional en estudiantes de secundaria. Esta intervención, que se extendió durante un semestre, incluyó un currículo de 16 sesiones que abarcaba desde el montaje hasta la programación del iArm. Este kit, que presenta un brazo robótico con seis grados de libertad que incluye un chasis de conducción y herramientas de extremo como pinzas y una bomba de vacío, ofreció una complejidad técnica significativa en comparación con otros robots analizados.

Además, en el estudio de Noh y Lee (2020) se adoptó un enfoque intensivo de programación robótica durante una intervención de 11 semanas, utilizando robots "Hamster" y el software Entry, un entorno de programación visual. A lo largo del curso, los estudiantes emplearon estos robots para realizar diversas tareas, tales como seguir líneas o navegar por laberintos, proporcionando una plataforma tangible para la aplicación y visualización de conceptos de programación.

Finalmente, aunque el estudio de Yilmaz y Koc (2021) no especifica qué recursos robóticos se utilizaron, la intervención se llevó a cabo durante un campamento de verano que duró 20 días consecutivos, con cinco horas de instrucción diarias. Esta incluyó enseñanza en electrónica básica, robótica y programación basada en bloques, culminando con proyectos estudiantiles enfocados en la construcción de sistemas robóticos. Los estudiantes participaron activamente en la construcción y programación de estos sistemas, utilizando herramientas como Scratch y Arduino.

3.4. ¿Qué resultados se están obteniendo tras la incorporación de la robótica educativa en el aprendizaje del pensamiento computacional en la educación obligatoria?

Se han seleccionado múltiples tipos de artículos por lo que con la finalidad de mejorar la comprensión de la lectura y clarificar el apartado se presentan los resultados según una clasificación básica de los estudios. En primer lugar, se analizan los resultados de los estudios con un único grupo pre-tes-pos-test, después se muestran los resultados de aquellos artículos con grupo control y experimental y finalmente los artículos con información cualitativa. De esta forma, los resultados aportan diferentes perspectivas, siendo el primer tipo de investigaciones capaces de determinar la efectividad de una intervención, el segundo tipo de intervenciones aportando hasta qué punto son efectivas y las investigaciones cualitativas o mixtas como las que ayudan a comprender cuáles son los motivos de la efectividad.

3.4.1. Investigaciones sin grupo control

Los resultados de estas investigaciones tienen un gran sesgo de publicación, pues pese a que todas muestran una mejoría en el pensamiento computacional esto podría deberse a otras razones y no necesariamente o exclusivamente al desarrollo de la intervención. Sin embargo, aportan diferentes resultados específicos. Por un lado, Zeng *et al.* (2022) hace una división del pensamiento computacional para ver qué área se ha desarrollado más. Con la experiencia que

ha realizado, se demuestra cómo pese a que comúnmente se plantea la programación de robótica como aspecto más computacional o enfocado al trabajo con el ordenador, el rendimiento de conocimiento de algoritmos es menos desarrollado que la creatividad, el pensamiento crítico o el trabajo colaborativo. Esta idea se alinea con los resultados que expone Özmutlu *et al.* (2021) el cuál de nuevo, ve el pensamiento crítico, resolución de problemas junto con el trabajo colaborativo como las áreas más beneficiadas debido al uso de la robótica.

Por el contrario, Noh y Lee (2020) mencionan que la creatividad se desarrolla al mismo punto que el pensamiento computacional. Esta idea pese a que planteen resultados diferentes en todos se entienden que tanto el resto de áreas como el pensamiento computacional se están desarrollando a través de la robótica, por lo que, si se plantea una intervención, se puede tener en cuenta tanto el pensamiento computacional como el resto de áreas que se han mencionado. Una vez vista la idea de que el resto de áreas se benefician más del trabajo de la robótica es necesario ver cómo se trabajan específicamente apartados más enfocados a la programación. En este sentido, se aprecia cómo en ejercicios específicos de programación se mejora con la robótica de forma muy eficiente y eficaz pues en cuestión de semanas el porcentaje de aciertos aumentan considerablemente en poco más de un mes (Liu *et al.*, 2023; Ru y Kwan 2021). Es interesante ver cómo dentro de estos aspectos en secuencias simples se obtiene peor rendimiento, sin embargo, las secuencias más complejas especialmente, las secuencias anidadas son los aspectos más desarrollados, por lo que pese a que tareas más simples no se desarrollan, las tareas más complejas se trabajan de forma más eficiente (Tengler *et al.*, 2021).

3.4.2. Investigaciones con grupo control

En este tipo de investigaciones, se puede comparar los grupos y pese a que no se controlan todas las variables, se aprecia en comparación con la metodología tradicional qué mejoras se aprecian. En ese aspecto, se inicia con una idea similar a la planteada anteriormente donde aspectos simples como el aprendizaje de materiales se ha desarrollado poco y no existen diferencias con el grupo control. Sin embargo, en el momento que se ven términos o aspectos más complejos como pueden ser la interacción respecto a la secuenciación de órdenes, la descomposición de objetos o diseño de algoritmo se aprecia una gran mejora (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Sáez *et al.*, 2021).

Sin embargo, es importante mencionar un aspecto que de otra forma no se podría haber apreciado con el tipo de investigaciones anteriores. La edad y el desarrollo durante esta etapa educativa es un factor influyente y el desarrollo del pensamiento computacional se ve muy afectado pues los diferentes estudios muestran cómo pese a que la intervención mejora diferentes aspectos, las metodologías tradicionales también tienen un efecto en todos los aspectos, aunque sea menor (Diago *et al.*, 2022; Kert *et al.*, 2020).

3.4.3. Cualitativo

Este último estudio es de carácter mixto, no es puramente cualitativo. Sin embargo, el apartado cuantitativo no se va a tener en cuenta. Durante la intervención se debe de hacer un cuaderno sobre las prácticas para analizar cómo se ha mejorado y qué aspectos hay que mejorar (Yılmaz y Koc, 2021).

La principal idea que se desarrolla con el diario es la motivación, pues esta se da desde diferentes puntos. Por un lado, se ve la utilidad de la tecnología y de la programación pudiendo realizar cosas prácticas para el día a día, lo que genera interés. Por otro lado, se plantean ejercicios complejos lo que hace que la barrera de entrada a la programación sea compleja pues no es algo trabajado comúnmente, pero una vez se pasan las primeras dificultades se empiezan a ver resultados bastante positivos y que muestran una realidad más compleja y se desarrollan más rápidamente de lo que se podría esperar.

4. Discusión

Los hallazgos de esta revisión sistemática indican una creciente tendencia hacia la adopción de la robótica educativa como herramienta para promover el pensamiento computacional en estudiantes de educación básica. Esta tendencia se respalda en estudios recientes como los de Caballero-González y García-Valcárcel (2020) y Sáez *et al.* (2021), los cuales han documentado mejoras significativas en habilidades como la resolución de problemas, la lógica computacional y la creatividad. Estos resultados están alineados con investigaciones anteriores, como las de Ángel-Díaz (2020) y González-Álvarez y Gómez-Vargas (2023), que sugieren que la integración de la tecnología en el aula puede potenciar el aprendizaje activo y aumentar la motivación de los estudiantes. Este panorama global refuerza la idea de que la robótica educativa es vista como una metodología prometedora para mejorar las habilidades computacionales de los estudiantes desde una edad temprana.

La incorporación de la robótica educativa desafía la noción tradicional de enseñanza basada en métodos pasivos, al fomentar un aprendizaje interactivo y experiencial. Este enfoque activo no solo fortalece el pensamiento computacional, sino que también promueve habilidades socioemocionales como la colaboración y la comunicación, fundamentales en la preparación de los estudiantes para un mundo laboral y social cada vez más digitalizado. Estos hallazgos contribuyen a teorías previas que abogan por la importancia de la educación STEM desde edades tempranas (Sáez *et al.*, 2021; Valls *et al.*, 2022).

En definitiva, los resultados indican que las intervenciones que utilizan robótica, especialmente con herramientas como Bee-Bot, LEGO y mBot, son efectivas para enseñar conceptos de programación tanto básicos como avanzados. Estas herramientas han demostrado ser accesibles y efectivas para estudiantes de diferentes edades, lo que sugiere su potencial para ser incluidas en currículos educativos de manera más amplia.

Desde una perspectiva práctica, los resultados subrayan la efectividad de la robótica educativa para mejorar el pensamiento computacional en diferentes contextos educativos alrededor del mundo (Özmutlu *et al.*, 2021). No obstante, la implementación exitosa de programas de robótica educativa requiere la adquisición de habilidades técnicas por parte de los estudiantes, además de un cambio en la pedagogía y la formación continua de los educadores (Alimisis, 2018). Estas implicaciones prácticas son fundamentales para el diseño de currículos educativos que preparen a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI.

Sin embargo, como en todo estudio científico, resulta esencial reconocer las limitaciones presentes. Una limitación significativa es que varios de los estudios analizados emplean muestras reducidas, lo que podría distorsionar la interpretación de los efectos observados de la robótica educativa. Otro aspecto crítico es la falta de estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto a largo plazo de las intervenciones de robótica educativa en el desarrollo de habilidades computacionales y socioemocionales. Estas limitaciones se atribuyen a la novedad del campo de estudio y a la escasez de investigaciones existentes sobre el tema.

Para superar estas limitaciones, futuras investigaciones podrían enfocarse en la realización de estudios longitudinales que sigan el progreso de los estudiantes a lo largo del tiempo. Además, sería beneficioso implementar diseños experimentales más rigurosos, incluyendo grupos de control apropiados y muestras más representativas. Investigaciones cualitativas también podrían explorar más a fondo las percepciones y experiencias de los estudiantes y educadores con respecto a la robótica educativa, proporcionando *insights* valiosos para mejorar la implementación y el diseño de programas.

Explorar cómo diferentes variables contextuales, como el entorno escolar y socioeconómico,

influyen en los resultados de las intervenciones de robótica educativa también sería fundamental para comprender mejor los factores que contribuyen al éxito de estas iniciativas.

5. Conclusiones

Esta revisión sistemática proporciona una visión detallada sobre la implementación de la robótica educativa para el desarrollo del pensamiento computacional en la educación básica obligatoria. A partir del análisis de 11 estudios seleccionados, se han identificado patrones significativos que destacan la efectividad y el potencial de la robótica como herramienta pedagógica en diferentes contextos educativos a nivel internacional.

En primer lugar, se ha observado una tendencia creciente en la adopción de la robótica educativa en el aula, respaldada por evidencia empírica que sugiere mejoras sustanciales en habilidades como la resolución de problemas, la lógica computacional y la creatividad entre los estudiantes. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que subrayan el impacto positivo de la tecnología en el aprendizaje activo y la motivación estudiantil (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Sáez *et al.*, 2021).

Además, se ha encontrado que la diversidad en los tipos de robots utilizados, como Bee-Bot, LEGO, mBot, Ozobot, y otros, permite adaptar las intervenciones según los objetivos específicos de aprendizaje y las edades de los estudiantes. Esto no solo facilita la enseñanza de conceptos básicos de programación, sino que también promueve un enfoque interdisciplinario que integra habilidades STEM de manera efectiva en el currículo escolar regular y en programas extracurriculares (Liu *et al.*, 2023; Ru y Kwan, 2021; Zeng *et al.*, 2022).

En términos metodológicos, la revisión destaca la predominancia de diseños cuasiexperimentales y pre-experimentales, lo cual sugiere la necesidad de futuras investigaciones con diseños más rigurosos y muestras más representativas para evaluar mejor los efectos a largo plazo de la robótica educativa en el desarrollo de habilidades computacionales y socioemocionales (Diago *et al.*, 2022; Kert *et al.*, 2020).

No obstante, existen limitaciones significativas en la investigación actual, como el uso de muestras reducidas y la falta de estudios longitudinales, que podrían distorsionar la interpretación de los efectos observados. Esto destaca la necesidad urgente de estudios más exhaustivos y de larga duración que puedan capturar de manera más precisa el impacto de la robótica educativa en diferentes contextos educativos y socioeconómicos (Noh y Lee, 2020; Özmütlu *et al.*, 2021).

En conclusión, la integración de la robótica educativa en la educación obligatoria representa una oportunidad prometedora para transformar la enseñanza tradicional, fomentando un aprendizaje interactivo y experiencial que prepara a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI. Sin embargo, para maximizar su efectividad, es crucial invertir en la formación continua de educadores, la infraestructura tecnológica adecuada y la investigación empírica rigurosa que guíe la implementación de políticas educativas basadas en evidencia (Alimisis, 2018).

6. Referencias

- Alimisis, D. (2019). Teacher training in educational robotics: The ROBOESL project paradigm. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(2), 279-290. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9357-0>
- Ángel-Díaz, C. M., Segredo, E., Arnay, R., & León, C. (2020). Simulador de Robótica Educativa para la promoción del Pensamiento Computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.410191>
- Caballero-González, Y. (2024). Robótica Educativa y desarrollo del Pensamiento Computacional: Una exploración realizada en niveles educativos iniciales. *Espectro Investigativo Latinoamericano*, 6(2), 16-24. <https://doi.org/10.61454/espila.2024.6.2.003>
- Caballero-González, Y. A. y García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. (2020). Strengthening computational thinking and social skills through learning activities with educational robotics at early school levels. *Pixel-Bit. Magazine of Media and Education*, 58, 117-142. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.75059>
- Caballero-González, Y. A. y García-Valcárcel, A. (2020). ¿Aprender con robótica en Educación Primaria? Un medio de estimular el pensamiento computacional. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21(0), 15. <https://doi.org/10.14201/eks.21443>
- Diago, P. D., González-Calero, J. A. y Yáñez, D. F. (2022). Exploring the development of mental rotation and computational skills in elementary students through educational robotics. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 32, 100388. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100388>
- ERIC (2024). *Tesaurus Europeo de la Educación*. Educational Resources Information Center. <https://vocabularyserver.com/tee/es/index.php>
- González-Álvarez, J. M. y Gómez-Vargas, C. A. (2023). HUMBERTO'S: Desarrollo de la metodología STEM y el pensamiento computacional a través de la Robotica Educativa. *Documentos de Trabajo ECBTI*, 4(1). <https://doi.org/10.22490/ECBTI.6841>
- Herrerías-Peralta, J. R. (2024). El uso de la robótica como herramienta educativa. *Logos Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 2*, 11(21), 15-16. <https://doi.org/10.29057/prepa2.v11i21.11995>
- Kert, S. B., Erkoç, M. F. y Yeni, S. (2020). The effect of robotics on six graders' academic achievement, computational thinking skills and conceptual knowledge levels. *Thinking Skills and Creativity*, 38, 100714. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100714>
- Liu, Y., Odic, D., Tang, X., Ma, A., Laricheva, M., Chen, G., Wu, S., Niu, M., Guo, Y. y Milner-Bolotin, M. (2023). Effects of robotics education on young children's cognitive development: A pilot study with eye-tracking. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 295-308. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10028-1>
- Mejía, I., Ariel, J., Muñoz, R. F. y Salazar, B. G. (2022). Robótica educativa como herramienta para el desarrollo del pensamiento computacional. Una revisión de la literatura. *Revista Educación En Ingeniería*, 17(33), 68-78. <https://doi.org/10.26507/rei.v17n33.1216>
- Mono Castañeda, A. (2023). Pensamiento computacional para una sociedad 5.0. *Revista*

- Tecnología, Ciencia y Educación*, 25, 111-140. <https://doi.org/10.51302/tce.2023.1440>
- Noh, J. y Lee, J. (2020). Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students. *Educational Technology Research and Development: ETR & D*, 68(1), 463-484. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09708-w>
- Özmutlu, M., Atay, D. y Erdoğan, B. (2021). Collaboration and engagement-based coding training to enhance children's computational thinking self-efficacy. *Thinking Skills and Creativity*, 40, 100833. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100833>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021a). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery*, 88(2021), 105906. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2021.105906>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... McKenzie, J. E. (2021b). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(160), 1-36. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Palma-Polo, J. M., Coral-Vargas, M. O. y Zuleta-Medina, A. (2024). Britabot: Experiencias con un Semillero de Robótica Educativa. *Revista Criterios*, 31(1), 68-82. <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/Criterios/article/view/3854/4075>
- Prado Ortega, M. X., Severino, Mosquera A. J., Gorotiza Precilla, B. S y Tenorio Méndez, D. S. (2024). Robótica educativa aplicando el modelo instruccional ADDIE: estrategia didáctica para fortalecer la enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Física. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 4(10), 11-28. <https://doi.org/10.53595/rlo.v4.i10.100>
- Rico, M. J. y Bosagain Olabe, X. (2018). Pensamiento computacional: rompiendo brechas digitales y educativas. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(1), 26-42. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10039>
- Sáez, J. M., Buceta Otero, R. y De Lara García-Cervigón, S. (2020). Introducing robotics and block programming in elementary education. *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 95. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27649>
- Tengler, K., Kastner-Hauler, O., Sabitzer, B. y Lavicza, Z. (2022). The effect of robotics-based storytelling activities on primary school students' computational thinking. *Education Sciences*, 12(1), 10. <https://doi.org/10.3390/educsci1201010>
- UNESCO (2024). *Tesaurus de la Unesco*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura <https://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/es/>
- Valls Pou, A., Canaleta, X. y Fonseca, D. (2022). Computational thinking and educational robotics integrated into project-based learning. *Sensors*, 22(10), 1-21. <https://doi.org/10.3390/s22103746>
- Vásquez Acevedo, H. M., Licona Suarez, L. J. y Felizzola Medina, L. D. (2024). Pensamiento Computacional: una competencia del siglo XXI: Revisión sistemática en Scopus. *Revista*

Latinoamericana Ogmios, 4(9), 1-16. <https://doi.org/10.53595/rlo.v4.i9.090>

Villalobos, J. V., Ramírez R. I., Severino, P. y Caldera, J. E. (2023). Entornos BANI y sociedad digital. Cuestiones epistemológicas desde la sistemología interpretativa y la complejidad BANI environments and digital society. *Epistemological issues from interpretive*, 6(1), 6-27. <https://publishing.fgu.edu.com/ojs/index.php/RSU/article/view/335/570>

Wu, S.-Y. y Su, Y.-S. (2021). Visual programming environments and computational thinking performance of fifth- and sixth-grade students. *Journal of Educational Computing Research*, 59(6), 1075-1092. <https://doi.org/10.1177/0735633120988807>

Yilmaz Ince, E. y Koc, M. (2021). The consequences of robotics programming education on computational thinking skills: An intervention of the Young Engineer's Workshop (YEW). *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 191-208. <https://doi.org/10.1002/cae.22321>

Zeng, C., Zhou, H., Ye, W. y Gu, X. (2022). IArm: Design an educational robotic arm kit for inspiring students' computational thinking. *Sensors* 22(8), 2957. <https://doi.org/10.3390/s22082957>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Victoria Maldonado, Juan José; **Software:** Moreno Palma, Natalia; **Validación:** Victoria Maldonado, Juan José; **Análisis formal:** Moreno Palma, Natalia; **Curación de datos:** Victoria Maldonado, Juan José; **Redacción-Preparación del borrador original:** Fernández Fernández, Carmen Rocío; **Redacción-Revisión y Edición:** Berral Ortiz, Blanca; **Visualización:** Berral Ortiz, Blanca; **Supervisión:** Fernández Fernández, Carmen Rocío; **Administración de proyectos:** Moreno Palma, Natalia; **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Moreno Palma, Natalia; Berral Ortiz, Blanca; Fernández Fernández, Carmen Rocío; Victoria Maldonado, Juan José.

Financiación: Esta investigación recibió financiación de la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía y la Unión Europea con cargo al Programa FEDER Andalucía 2021-2027.

Agradecimientos: El presente texto nace en el marco de un proyecto de I+D+i "Formación inicial de maestras para prevenir la brecha de género mediante educación STEM y robótica (FIMER)" (C-SEJ-009-UGR23).

Conflicto de intereses: Los autores manifiestan que no existe conflicto de intereses.

AUTOR/ES:**Natalia Moreno Palma:**

Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Universidad de Granada (Granada, España).

Graduada en Matemáticas. Máster Universitario en Matemáticas y Máster Universitario en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas por la Universidad de Granada. Autora de múltiples publicaciones científicas indexadas en revistas y libros de impacto que exploran el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en educación, metodologías activas y pensamiento computacional. También ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales, abordando temas de desarrollo profesional docente y tecnologías educativas.

nmoreno@ugr.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-3393-6660>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Natalia-Moreno-42>

Blanca Berral Ortiz:

Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Universidad de Granada (Granada, España).

Graduada en Educación Infantil por la Universidad de Granada con Premio Extraordinario Fin de Carrera; Máster en Investigación e Innovación en Currículum y Formación. Personal Investigador Predoctoral en Formación adscrito al Departamento de Didáctica y Organización Escolar de la Universidad de Granada (España) en la Facultad de Ciencias de la Educación. Miembro del Grupo de Investigación AREA (Análisis de la Realidad Educativa) (HUM-672), donde desarrolla como líneas de investigación la inclusión educativa y la competencia digital desde el desarrollo de la lectoescritura. Participa en proyectos de innovación docente centrados en la enseñanza a través de la tecnología con recursos mobile learning para la mejora del aprendizaje; Aula invertida y recursos tecnológicos inmersivos (xr) para el desarrollo de la competencia digital docente en los futuros profesionales de la educación (Inmer), entre otros.

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-8139-8468>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=fXSGV0gAAAAJ>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Blanca-Berral-Ortiz>

Carmen Rocío Fernández Fernández:

Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Universidad de Granada (Granada, España).

Estudiante de doctorado en Educación y graduada en Educación Infantil y en Pedagogía por la Universidad de Granada. Máster en Innovación e Investigación en Currículum y Formación por la Universidad de Granada. Beneficiaria de una beca de iniciación a la investigación por el Ministerio de Educación Ciencias. Beneficiaria de una beca de colaboración del Ministerio de Educación y Formación Profesional desarrollada en el departamento de Didáctica y Organización Escolar de la UGR. Beneficiaria de un contrato FPU del Ministerio de Educación y Formación Profesional. Autora de publicaciones científicas indexadas en revistas y libros de impacto, así como asistente y ponente en congresos nacionales e internacionales sobre temáticas como: Innovación y Tecnología en la Educación, Metodologías Educativas y Pedagogía, Inclusión y Diversidad en el Aula, Evaluación y Calidad Educativa, Desarrollo Profesional del Docente, Investigación Educativa, etc.

carmenrocio@ugr.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-8077-414X>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=tKsBSzAAAAAJ>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Carmen-Rocio-Fernandez-Fernandez/unconfirmed?acceptedAuthorUId=2233695567>

Juan José Victoria Maldonado:

Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Universidad de Granada (Granada, España).

Estudiante de doctorado en Educación con formación en Educación Infantil y máster en investigación. Investigador centrado en la adquisición de competencias y formación inicial del profesorado priorizando las competencias digitales. Publicaciones de artículos en las revistas de mayor impacto JCR/SJR y numerosos capítulos en editoriales SPI Q1. En cuanto a la transferencia, tiene competencias docentes y experiencia laboral impartiendo asignaturas como: Didáctica: Teoría y Práctica de la Enseñanza y Organización de Centros Educativos.
jvictoria@ugr.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-4236-9909>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=zIgSCG8AAAAJ&hl=es>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Juan-Victoria-Maldonado>

5.5. Indicios de calidad de las publicaciones

Los índices de calidad de las revistas en las que se publicaron los artículos que componen esta tesis cumplen con los requisitos establecidos por el programa de Ciencias de la Educación B22.56.1 (RD.99/2011) de la Universidad de Granada para el alumnado matriculados con anterioridad al curso 2021-2022. En particular, se respetó la condición de que los artículos fueran generados y publicados durante el período de realización de la tesis doctoral, y no antes de la aprobación del Plan de Investigación. Además, se verificó que las revistas cumpliesen una de las dos siguientes condiciones:

- Estar indexada en Social Science Citation Index, Science Citation Index o Arts and Humanities Citation Index y con índice de impacto en Journal Citation Reports (JCR).
- Estar indexada en SCOPUS y con índice de impacto en SCImago Journal Rank (SJR)

En primer lugar, el artículo *Desarrollo del pensamiento computacional “desenchufado” mediante resolución de problemas: una revisión sistemática y meta-análisis* fue aceptado para su publicación en la Revista de Investigación en Educación (ISSN: 1697-5200, e-ISSN: 2172-3427) de la Universidad de Vigo el 23 de septiembre de 2024. La revista se especializa en la investigación sobre procesos educativos y se destaca por su compromiso en la difusión de trabajos científicos relevantes en el ámbito educativo, tanto a nivel nacional como internacional.

La Revista de Investigación en Educación está indexada en SCOPUS con un índice de impacto SJR de 0.131 para 2023, situándose en el cuartil Q4. Además, para el mismo año, en JCR presentó un índice de impacto de 0.5, situándose también en el cuartil Q4 dentro de la categoría *Education & Educational Research*, ocupando la posición 579 de 756 revistas. Por lo tanto, la revista cumple con uno de los criterios de indexación requeridos: estar incluida en SCOPUS con un índice de impacto en SJR. En el Anexo 6.2 se adjunta el certificado de aceptación para la publicación del artículo.

En segundo lugar, el artículo *Effectiveness of Problem-Based Learning in the Unplugged Computational Thinking of University Students* fue publicado en la revista *Education Sciences* (ISSN: 2227-7102) el 25 de junio de 2024, en el número 14 con doi: 10.3390/educsci14070693. La revista está indexada en SCOPUS con índice de impacto SJR de 0.669 para 2023, situándose en el cuartil Q2. Además, para el mismo año, en JCR presentó un índice de impacto de 2.5, situándose en el cuartil Q1 dentro de la categoría *Education & Educational*

Research, ocupando la posición 133 de 756 revistas. Por lo tanto, cumple con los requisitos necesarios para su inclusión en la tesis doctoral.

En tercer lugar, el capítulo *Percepciones de maestros en formación en la inclusión del pensamiento computacional mediante la resolución de problemas gamificados* fue publicado en 2023 por la editorial Dykinson, indexada en Scholarly Publishers Indicators (SPI) Editoriales Españolas, situándose en el cuartil Q1 y ocupando la posición 4 de 56 editoriales españolas.

Por último, el artículo *Pensamiento Computacional en la Educación Básica: Una Revisión Sistemática de su Desarrollo Curricular y Efectividad en el Aprendizaje a través de la Robótica Educativa* fue aceptado para su publicación en la revista *European Public & Social Innovation Review (EPSIR)* (ISSN 2529-9824). La revista está indexada en SCOPUS con índice de impacto SJR de 0.2 para 2023 (Q3), cumpliendo con los requisitos necesarios para su inclusión en la tesis doctoral. En el Anexo I se adjunta el certificado de aceptación del artículo.

6. CONCLUSIONES

El objetivo general de la tesis doctoral fue analizar el desarrollo del pensamiento computacional desenchufado utilizando metodologías de aprendizaje basado en problemas en maestros en formación. A través de este enfoque, se pretendió contribuir a la formación de docentes capaces de integrar competencias computacionales en su práctica educativa y, para lograr este propósito, se elaboraron distintos estudios tanto empíricos como teóricos organizados en cuatro publicaciones que permitieron la consecución de los objetivos específicos propuestos.

En primer lugar, se exploró el estado actual del desarrollo del pensamiento computacional desenchufado mediante la resolución de problemas en contextos educativos. Esto se llevó a cabo a través de una revisión sistemática y un meta-análisis de la literatura científica disponible hasta diciembre de 2022. El análisis se centró en identificar prácticas docentes que promovieran el pensamiento computacional utilizando metodologías basadas en la resolución de problemas con recursos desenchufados. La revisión sistemática permitió identificar 12 estudios empíricos que cumplieron con los criterios establecidos, revelando una tendencia hacia la implementación de prácticas desenchufadas, especialmente en etapas de educación infantil y primaria. Sin embargo, se observó una limitación en la cantidad de estudios en etapas educativas superiores, lo que subrayó la necesidad de ampliar la investigación en dicho ámbito. El meta-análisis realizado concluyó que las intervenciones desenchufadas tienen un efecto positivo, aunque pequeño (d de Cohen de 0.22), en el desarrollo del pensamiento computacional, sugiriendo que factores como la edad de los participantes, las metodologías y el contexto educativo influyen en su efectividad. Este primer estudio permitió establecer un marco teórico sólido, proporcionando una visión actualizada y detallada de las tendencias, limitaciones y oportunidades en el desarrollo del pensamiento computacional desenchufado.

Posteriormente, se diseñó, implementó y evaluó una intervención educativa con estudiantes de Grado en Educación Primaria. Esta intervención se realizó en dos grupos preestablecidos, experimental y control, utilizando medidas pre-test y postest. El grupo experimental recibió una intervención centrada en la resolución de problemas con materiales desenchufados (cartas), mientras que el grupo control trabajó con un enfoque más teórico sin materiales manipulativos. Los resultados indicaron diferencias significativas en el desarrollo del pensamiento computacional en el grupo control, mientras que en el grupo experimental no se observaron cambios significativos. La comparación entre ambos grupos no mostró diferencias en el efecto de las intervenciones, sugiriendo que la meto-

dología aplicada en el grupo control fue más efectiva para desarrollar competencias computacionales. Este análisis confirmó que las metodologías basadas en problemas pueden ser efectivas, pero su éxito depende de cómo se implementen y de las características del estudiantado.

Para profundizar en la comprensión de cómo los participantes percibieron la intervención, se realizó un estudio cualitativo utilizando entrevistas semiestructuradas. Se entrevistó a seis estudiantes del grupo experimental, explorando sus percepciones sobre aspectos como la colaboración, el uso de materiales, y la aplicabilidad futura de las actividades desenchufadas. Los resultados del análisis cualitativo mostraron una valoración positiva de las actividades, aunque se identificaron diferencias individuales en cuanto a preferencias de trabajo o percepción de dificultad. Este estudio también reveló que factores como la motivación y la autoconfianza influyen en la efectividad de las intervenciones educativas.

Finalmente, se incluyó un artículo centrado en el uso de la robótica educativa como herramienta para el desarrollo del pensamiento computacional en la educación obligatoria. Este estudio consistió en una revisión sistemática de investigaciones publicadas desde 2020, identificando 11 estudios que destacaron mejoras tanto en el pensamiento computacional como en habilidades socioemocionales del estudiantado. La robótica educativa se mostró efectiva, especialmente con herramientas como LEGO, Bee-Bot, y Ozobot, entre otras. Sin embargo, se identificaron limitaciones en el tamaño de las muestras y la falta de estudios longitudinales, lo que apunta a la necesidad de más investigaciones para consolidar estos hallazgos. Este estudio destacó la robótica educativa como una herramienta versátil que, aunque implica desafíos en términos de recursos y formación docente, ofrece oportunidades para introducir el pensamiento computacional de manera accesible y lúdica en la educación básica.

Integrando los hallazgos de estos cuatro estudios, se puede concluir que se han alcanzado los objetivos propuestos para la presente tesis doctoral a través de las cuatro publicaciones que la componen como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2*Consecución de objetivos a través de publicaciones*

Objetivo	Publicaciones
OG. Analizar el desarrollo del pensamiento computacional desenchufado utilizando metodologías de aprendizaje basado en problemas en maestros en formación	Publicaciones 1, 2, 3 y 4
OE1. Evaluar el nivel de desarrollo del pensamiento computacional previo a la aplicación de la metodología y tras su experimentación.	Publicación 2
OE2. Implementar una intervención que emplee el aprendizaje basado en problemas, incidiendo en prácticas que fomenten el desarrollo de elementos básicos del pensamiento computacional desenchufado.	Publicación 2
OE3. Evaluar la efectividad de la intervención implementada.	Publicación 2
OE4. Analizar las percepciones y opiniones del estudiantado que ha participado en la experiencia tras su desarrollo.	Publicación 3

6.1. Limitaciones

El desarrollo del PC desenchufado es viable en la formación de maestros, pero su efectividad depende de las estrategias pedagógicas empleadas y de la adaptación a las características del estudiantado. Las metodologías basadas en problemas, tanto teóricas como prácticas, pueden fomentar el pensamiento computacional, pero es importante considerar las preferencias y actitudes de los participantes. A lo largo del desarrollo de la investigación, se identificaron diversas limitaciones:

- **Tamaño de la muestra:** la investigación se basó en un estudio empírico con una muestra reducida de 31 participantes, lo que pudo haber afectado la generalización de los resultados. Una mayor diversidad de participantes podría haber proporcionado conclusiones más robustas y representativas sobre la efectividad de las metodologías aplicadas.
- **Duración de la intervención:** el tiempo disponible para la implementación de las actividades educativas fue limitado. Las intervenciones se llevaron a cabo en un periodo corto, lo que podría no haber sido suficiente para observar cambios significativos y sostenidos en el desarrollo del PC de los participantes. Extender la duración podría permitir una mejor evaluación de los efectos a largo plazo.

- **Enfoque limitado a actividades específicas:** las intervenciones se centraron en actividades manipulativas con cartas como herramienta desenchufada. Si bien esto permitió simular conceptos computacionales de manera accesible, la generalización de los resultados a otros contextos o herramientas desenchufadas requiere más investigación.

6.2. Líneas futuras

Derivado de las limitaciones mencionadas y de los hallazgos obtenidos, se proponen varias líneas de investigación que pueden contribuir a expandir el conocimiento sobre el desarrollo del PC desenchufado y su integración en la formación docente.

En primer lugar, se sugiere la realización de estudios con muestras más amplias y diversas, que incluyan participantes de diferentes niveles educativos y contextos socioculturales. Esto permitiría explorar la efectividad de las metodologías desenchufadas en un espectro más amplio de condiciones y ayudaría a generar conclusiones más generalizables.

Otra línea prometedora consiste en explorar la aplicación de diversas herramientas desenchufadas, más allá de las actividades manipulativas con cartas, para promover el PC. La implementación de enfoques interdisciplinarios que integren elementos de matemáticas, ciencias y tecnología podría proporcionar nuevas perspectivas sobre cómo desarrollar habilidades computacionales en maestros en formación.

Asimismo, la revisión sistemática sobre robótica educativa destacó la importancia de continuar investigando el uso de la robótica para el desarrollo del PC. Sería pertinente realizar estudios longitudinales que examinen el impacto a largo plazo de estas herramientas en el aprendizaje, así como su potencial para fomentar habilidades socioemocionales y cognitivas de manera integral. También se podría profundizar en la evaluación de las estrategias pedagógicas que mejor se adaptan para integrar la robótica educativa en el currículo de educación básica y secundaria, con especial atención a la capacitación docente para la implementación efectiva de estas herramientas.

Por último, futuras investigaciones podrían enfocarse en comprender mejor las percepciones del estudiantado sobre las metodologías empleadas, utilizando métodos mixtos que combinen datos cualitativos y cuantitativos. Ampliar el rango de participantes en estudios de percepción y explorar factores motivacionales y emocionales asociados al aprendizaje del PC desenchufado puede aportar *insights* valiosos para optimizar las estrategias pedagógicas y asegurar un aprendizaje significativo y efectivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abesadze, S. y Nozadze, D. (2020). Make 21st century education: The importance of teaching programming in schools. *International Journal of Learning and Teaching*, 6(3), 158–163. <https://doi.org/10.18178/ijlt.6.3.158-163>
- Adell-Segura, J., Llopis Nebot, M. A., Esteve-Mon, F. M. y Valdeolivas-Novella, M. G. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 171–186. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- Adler, R. F. y Kim, H. (2018). Enhancing future K-8 teachers' computational thinking skills through modeling and simulations. *Education and Information Technologies*, 23, 1501–1514. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9675-1>
- Alonso-García, S., Rodríguez-Fuentes, A.-V., Ramos-Navas-Parejo, M. y Victoria-Maldonado, J.-J. (2024). Enhancing computational thinking in early childhood education with educational robotics: A meta-analysis. *Heliyon*, 10, Art. e33249. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33249>
- Angeli, C. y Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in Human Behavior*, 105, Art. 105954. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>
- Apiola, M. y Sutinen, E. (2020). Design science research for learning software engineering and computational thinking: Four cases. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 1–19. <https://doi.org/10.1002/cae.22291>
- Area, M. y Adell, J. (2021). Tecnologías digitales y cambio educativo. Una aproximación crítica. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 19(4), 83–96. <https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.005>
- Bakala, E., Gerosa, A., Hourcade, J. P. y Tejera, G. (2021). Preschool children, robots, and computational thinking: A systematic review. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29, Art. 100337. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100337>
- Bati, K. (2022). A systematic literature review regarding computational thinking and programming in early childhood education. *Education and Information Technologies*, 27, 2059–2082. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10700-2>
- Batni, B. y Junaini, S. N. (2024). Redefining computational thinking: Synergizing unplugged activities with block-based programming. *Education*

- and Information Technologies*, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12869-8>
- Bell, T., Alexander, J., Freeman, I. y Grimley, M. (2009). Computer science unplugged: school students doing real computing without computers. *New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology*, 13(1), 20–29.
- Bell, T. y Vahrenhold, J. (2018). CS Unplugged—How is it used, and does it work? En H.-J. Böckenhauer, D. Komm y W. Unger (Eds.), *Adventures between lower bounds and higher altitudes* (Vol. 11011, pp. 497–521). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98355-4_29
- Busuttil, L. y Formosa, M. (2020). Teaching computing without computers: Unplugged computing as a pedagogical strategy. *Informatics in Education*, 19(4), 569–587. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.25>
- Cachero, C., Barra, P., Meliá, S. y López, O. (2020). Impact of programming exposure on the development of computational thinking capabilities: An empirical study. *IEEE Access*, 8, 72316–72325. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2987254>
- Caeli, E. N. y Yadav, A. (2020). Unplugged approaches to computational thinking: A historical perspective. *TechTrends*, 64(1), 29–36. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00410-5>
- Chen, P., Yang, D., Saleh Metwally, A. H., Lavonen, J. y Wang, X. (2023). Fostering computational thinking through unplugged activities: A systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 10(47), 1–25. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00434-7>
- Ching, Y.-H. y Hsu, Y.-C. (2024). Educational robotics for developing computational thinking in young learners: a systematic review. *TechTrends*, 68(3), 423–434. <https://doi.org/10.1007/s11528-023-00841-1>
- Choi, Á. (2021). España ante la Revolución Industrial 4.0: mercado laboral y formación. *Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política, Humanidades y Relaciones Internacionales*, 23(47), 479–505. <https://dx.doi.org/10.12795/araucaria.2021.i47.21>
- Çiftçi, A. y Topçu, M. S. (2023). Improving early childhood pre-service teachers’ computational thinking skills through the unplugged computational thinking integrated STEM approach. *Thinking Skills and Creativity*, 49, Art. 101337. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101337>
- Dağ, F., Şumuer, E. y Durdu, L. (2023). The effect of an unplugged coding course on primary school students’ improvement in their computational thinking skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(6), 1902–1918. <https://doi.org/10.1111/jcal.12850>
- Dagli, Z. y Sancar Tokmak, H. (2021). Exploring high school computer science course teachers’ instructional design processes for improving students’ “computational thinking” skills. *Journal of Research on Tech-*

- nology in Education*, 54(4), 511–534. <https://doi.org/10.1080/15391523.2021.1881844>
- de Jong, I. y Jeuring, J. (2020). Computational thinking interventions in higher education: A scoping literature review of interventions used to teach computational thinking. En N. Falkner y O. Seppala (Eds.), *Proceedings of the 20th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (pp. 1–10). ACM. <https://doi.org/10.1145/3428029.3428055>
- Delal, H. y Oner, D. (2020). Developing middle school students' computational thinking skills using unplugged computing activities. *Informatics in Education*, 19(1), 1–13. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.01>
- del Olmo-Muñoz, J., Cózar-Gutiérrez, R. y González-Calero, J. A. (2020). Computational thinking through unplugged activities in early years of primary education. *Computers & Education*, 150, Art. 103832. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103832>
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33–39. <https://doi.org/10.1145/2998438>
- Dong, W., Li, Y., Sun, L. y Liu, Y. (2024). Developing pre-service teachers' computational thinking: A systematic literature review. *International Journal of Technology and Design Education*, 34, 191–227. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09811-3>
- Esteve-Mon, F., Llopis, M. y Adell-Segura, J. (2020). Digital competence and computational thinking of student teachers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(2), 29–41. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11588>
- Ezeamuzie, N. O. y Leung, J. S. C. (2022). Computational thinking through an empirical lens: A systematic review of literature. *Journal of Educational Computing Research*, 60(2), 481–511. <https://doi.org/10.1177/07356331211033158>
- Fagerlund, J., Häkkinen, P., Vesisenaho, M. y Viiri, J. (2020). Assessing 4th grade students' computational thinking through scratch programming projects. *Informatics in Education*, 19(4), 611–640. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.27>
- Fagerlund, J., Häkkinen, P., Vesisenaho, M. y Viiri, J. (2021). Computational thinking in programming with Scratch in primary schools: A systematic review. *Computer Applications in Engineering Education*, 29, 12–28. https://doi.org/10.1002/cae.22255open_in_new
- Gerosa, A., Koleszar, V., Tejera, G., Gómez-Sena, L. y Carboni, A. (2022). Educational robotics intervention to foster computational thinking in preschoolers: Effects of children's task engagement. *Frontiers in Psychology*, 13, Art. 904761. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.904761>

- Giannakoulas, A. y Xinogalos, S. (2023). Studying the effects of educational games on cultivating computational thinking skills to primary school students: A systematic literature review. *Journal of Computers in Education*, 1–43. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00300-z>
- Grover, S., Jackiw, N. y Lundh, P. (2019). Concepts before coding: non-programming interactives to advance learning of introductory programming concepts in middle school. *Computer Science Education*, 29(2-3), 106–135. <https://doi.org/10.1080/08993408.2019.1568955>
- Grover, S. y Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Haseski, H. , İlic, U. y Tuğtekin, U. (2018). Defining a new 21st century skill–computational thinking: Concepts and trends. *International Education Studies*, 11(4), 29–42. <https://doi.org/10.5539/ies.v11n4p29>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2016). *Metodología de la investigación (6ª edición)*. México: McGraw-Hill.
- Hooshyar, D., Pedaste, M., Yang, Y., Malva, L., Hwang, G.-J., Wang, M., Lim, H. y Delev, D. (2021). From gaming to computational thinking: An adaptive educational computer game-based learning approach. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 383–409. <https://doi.org/10.1177/0735633120965919>
- Hromkovič, J. y Staub, J. (2019). Constructing computational thinking using CS unplugged. *Constructivist Foundations*, 14(3), 353–355.
- Hu, Y., Chen, C.-H. y Su, C.-Y. (2021). Exploring the effectiveness and moderators of block-based visual programming on student learning: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 58(8), 1467–1493. <https://doi.org/10.1177/0735633120945935>
- Huang, W. y Looi, C.-K. (2021). A critical review of literature on “unplugged” pedagogies in K–12 computer science and computational thinking education. *Computer Science Education*, 31(1), 83–111. <https://doi.org/10.1080/08993408.2020.1789411>
- ISTE y CSTA. (2011). Operational definition of computational thinking for k-12 education. *National Science Foundation*.
- Jain, A. y Ranjan, S. (2020). Implications of emerging technologies on the future of work. *IIMB Management Review*, 32(4), 448–454. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2020.11.004>
- Jin, H.-Y. y Cutumisu, M. (2024). Cognitive, interpersonal, and intrapersonal deeper learning domains: A systematic review of computational thinking. *Education and Information Technologies*, 1–34. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12744-6>
- Johnson, R. B. y Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7),

- 14–26. <https://doi.org/10.3102/0013189X033007014>
- Kakavas, P. y Ugolini, F. C. (2019). Computational thinking in primary education: A systematic literature review. *Research on Education and Media*, 11(2), 64–94. <https://doi.org/10.2478/rem-2019-0023>
- Kalelioglu, F., Gülbahar, Y. y Kukul, V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 4(3), 583–596.
- Kampylis, P., Dagienė, V., Bocconi, S., Chiocciariello, A., Engelhardt, K., Sturpurienė, G., Masiulionytė-Dagienė, V., Jasutė, E., Malagoli, C., Horvath, M. y Earp, J. (2023). Integrating computational thinking into primary and lower secondary education. *Educational Technology & Society*, 26(2), 99–117. [https://doi.org/10.30191/ETS.202304_26\(2\).0008](https://doi.org/10.30191/ETS.202304_26(2).0008)
- Kırçalı, A. y Özden, N. (2023). A comparison of plugged and unplugged tools in teaching algorithms at the K-12 level for computational thinking skills. *Technology, Knowledge and Learning*, 28, 1485–1513. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09585-4>
- Kong, S.-C., Abelson, H. y Lai, M. (2019). Introduction to computational thinking education. En S.-C. Kong y H. Abelson (Eds.), *Computational thinking education* (pp. 1–22). Springer. http://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_1
- Kong, S.-C. y Lai, M. (2022). A proposed computational thinking teacher development framework for k-12 guided by the TPACK model. *Journal of Computers in Education*, 9(3), 379–402. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00207-7>
- Kong, S.-C., Lai, M. y Sun, D. (2020). Teacher development in computational thinking: Design and learning outcomes of programming concepts, practices and pedagogy. *Computers & Education*, 151, Art. 103872. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103872>
- Korkmaz, , Çakir, R. y Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558–569. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- Kuo, W.-C. y Hsu, T.-C. (2020). Learning computational thinking without a computer: How computational participation happens in a computational thinking board game. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 67–83. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00479-9>
- Kutay, E. y Oner, D. (2022). Coding with minecraft: The development of middle school students' computational thinking. *ACM Transactions on Computing Education*, 22(2), 1–19. <https://doi.org/10.1145/3471573>
- Lathifah, A., Asrowi, A. y Efendi, A. (2023). Students' perspectives on game-based learning and computational thinking. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(3), 597–603. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.3.1843>

- León, H. M., Neira, R. H., Marín, D. P. y León, S. R. M. (2020). Mejora del pensamiento computacional en estudiantes de secundaria con tareas unplugged. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21, Art. 24. <https://doi.org/10.14201/eks.23002>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D. y Duschl, R. A. (2020). Computational thinking is more about thinking than computing. *Journal for STEM Education Research*, 3, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00030-2>
- Lodi, M. y Martini, S. (2021). Computational thinking, between Papert and Wing. *Science & Education*, 30(4), 883–908. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5>
- Lodi, M. y cols. (2020). Informatical thinking. *Olympiads in Informatics*, 14, 113–132. <https://dx.doi.org/10.15388/loi.2020.09>
- Lu, C., Macdonald, R., Odell, B., Kokhan, V., Demmans Epp, C. y Cutumisu, M. (2022). A scoping review of computational thinking assessments in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 34, 416–461. <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09305-y>
- Lui, D., Walker, J. T., Hanna, S., Kafai, Y. B., Fields, D. y Jayathirtha, G. (2020). Communicating computational concepts and practices within high school students' portfolios of making electronic textiles. *Interactive Learning Environments*, 28(3), 284–301. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1612446>
- Lyon, J. A. y Magana, A. J. (2020). Computational thinking in higher education: A review of the literature. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(5), 1174–1189. <https://doi.org/10.1002/cae.22295>
- Macrides, E., Miliou, O. y Angeli, C. (2022). Programming in early childhood education: A systematic review. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 32, Art. 100396. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100396>
- Martínez-Murciano, M. C. y Pérez-Jorge, D. (2024). Computational thinking with Scratch or App Inventor in primary education. *Campus Virtuales*, 13(2), 107–122. <https://doi.org/10.54988/cv.2024.2.1364>
- McCormick, K. I. y Hall, J. A. (2022). Computational thinking learning experiences, outcomes, and research in preschool settings: a scoping review of literature. *Education and Information Technologies*, 27(3), 3777–3812. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10765-z>
- Merino-Armero, J. M., González-Calero, J. A., Cózar-Gutiérrez, R. y del Olmo-Muñoz, J. (2022). Unplugged activities in cross-curricular teaching: Effect on sixth graders' computational thinking and learning outcomes. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(2), Art. 13. <https://doi.org/10.3390/mti6020013>
- Meseguer, G. O. y Serrano, J. L. (2024). Implementación y formación del profesorado de educación primaria en pensamiento computacional: Una

- revisión sistemática. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 255–287. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37572>
- Miller, J. (2019). STEM education in the primary years to support mathematical thinking: Using coding to identify mathematical structures and patterns. *ZDM Mathematics Education*, 51, 915–927. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01096-y>
- Muñoz-Repiso, A. G.-V. y González, Y. A. C. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en educación infantil. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*(59), 63–72. <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>
- Nam, K. W., Kim, H. J. y Lee, S. (2019). Connecting plans to action: The effects of a card-coded robotics curriculum and activities on Korean kindergartners. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28, 387–397. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00438-4>
- Neira, R. H., García-Iruela, M. y Connolly, C. (2021). Developing and assessing computational thinking in secondary education using a TPACK guided Scratch visual execution environment. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 4(4), 3–23. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v4i4.98>
- Newman, G. D. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12(Ext), 180–205.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C. y Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *International Journal of Surgery*, 88, Art. 105906. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2021.105906>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. y Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(160), 1–36. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Papadakis, S. (2024). Can preschoolers learn computational thinking and coding skills with ScratchJr? A systematic literature review. *International Journal of Educational Reform*, 33(1), 28–61. <https://doi.org/10.1177/10567879221076077>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. Basic Books.

- Peel, A., Sadler, T. D. y Friedrichsen, P. (2022). Algorithmic explanations: An unplugged instructional approach to integrate science and computational thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 428–441. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09918-4>
- Peretti, G., Villani, D., Marangi, M., Pelizzari, F., DI BRUNO, S., Guida, I., . . . others (2020). Coding with me: exploring the effect of coding intervention on preschoolers' cognitive skills. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine*, 18, 153–156.
- 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. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.27419>
- Polat, E. y Yilmaz, R. M. (2022). Unplugged versus plugged-in: Examining basic programming achievement and computational thinking of 6th-grade students. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9145–9179. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10992-y>
- Popat, S. y Starkey, L. (2019). Learning to code or coding to learn? A systematic review. *Computers & Education*, 128, 365–376. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.005>
- Pérez-López, M., Alonso-García, S., Victoria-Maldonado, J. J. y Lara-Lara, F. (2023). La robótica en educación infantil: inicio al pensamiento computacional. En I. Aznar-Díaz, A. M. Rodríguez-García, J. C. de la Cruz-Campos y J. A. Martínez-Domingo (Eds.), *Propuestas de innovación y transferencia al sector educativo* (pp. 53–60). Dykinson.
- Real Decreto 157/2022. (1 de marzo de 2022). Por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, 52.
- Reddy, P., Sharma, B. y Chaudhary, K. (2020). Digital literacy: A review of literature. *International Journal of Technoethics*, 11(2), 65–94. <https://doi.org/10.4018/IJT.20200701.oa1>
- Rich, P. J., Mason, S. L. y O'Leary, J. (2021). Measuring the effect of continuous professional development on elementary teachers' self-efficacy to teach coding and computational thinking. *Computers & Education*, 168, Art. 104196. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104196>
- Romero-Rodríguez, J. M., De la Cruz-Campos, J. C., Ramos-Navas-Parejo, M. y Martínez-Domingo, J. A. (2023). Robótica educativa para el desarrollo de la competencia stem en maestras en formación. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 75(4), 75–92. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2023.97174>
- Sánchez-Camacho, R. y Grané, M. (2023). Programas de pensamiento computacional en educación primaria: Una revisión sistemática. *Digital Education Review*(44), 133–145. <https://doi.org/10.1344/der.2023.44.133-145>
- Sánchez-Vera, M. M. (2019). El pensamiento computacional en contextos edu-

- cativos: una aproximación desde la tecnología educativa. *Research in Education and Learning Innovation Archives*(23), 24–39. <https://doi.org/10.7203/realia.23.15635>
- Shim, J., Kwon, D. y Lee, W. (2016). The effects of a robot game environment on computer programming education for elementary school students. *IEEE Transactions on Education*, 60(2), 164–172. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2622227>
- Shin, N., Bowers, J., Krajeck, J. y Damelin, D. (2021). Promoting computational thinking through project-based learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3(7), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00033-y>
- Shute, V. J., Sun, C. y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Silva, E. F., Dembogurski, B. J. y Semaan, G. S. (2023). A literature review of computational thinking in early ages. *International Journal of Early Years Education*, 31(3), 753–772. <https://doi.org/10.1080/09669760.2022.2107491>
- Su, J. y Yang, W. (2023). A systematic review of integrating computational thinking in early childhood education. *Computers and Education Open*, 4, Pages=Art. 100122, Note=<https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100122>.
- Sun, L., Hu, L. y Zhou, D. (2021). Which way of design programming activities is more effective to promote K-12 students' computational thinking skills? A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 1048–1062. <https://doi.org/10.1111/jcal.12545>
- Tadeu, P. y Brigas, C. (2022). Computational thinking in early childhood education: An análisis through the Computer Science Unplugged. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 98(36.2), 149–166. <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i36.2.94881>
- Taslibeyaz, E., Kursun, E. y Karaman, S. (2020). How to develop computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Informatics in Education*, 19(4), 701–719. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.30>
- Threekunprapa, A. y Yasri, P. (2020). Unplugged coding using Flowblocks for promoting computational thinking and programming among secondary school students. *International Journal of Instruction*, 13(3), 207–222. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13314a>
- Tikva, C. y Tambouris, E. (2021a). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature review. *Computers & Education*, 162, Art. 104083. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083>
- Tikva, C. y Tambouris, E. (2021b). A systematic mapping study on teaching and learning computational thinking through programming in higher edu-

- cation. *Thinking Skills and Creativity*, 41, Art. 100849. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100849>
- Tlili, A., Burgos, D. y Looi, C.-K. (2023). Guest editorial: Creating computational thinkers for the artificial intelligence era—catalyzing the process through educational technology. *Educational Technology & Society*, 26(2), 94–98. [https://doi.org/10.30191/ETS.202304_26\(2\).0007](https://doi.org/10.30191/ETS.202304_26(2).0007)
- Tonbuloğlu, B. y Tonbuloğlu, I. (2019). The effect of unplugged coding activities on computational thinking skills of middle school students. *Informatics in Education*, 18(2), 403–426. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.19>
- Trakosas, D., Tikva, C. y Tambouris, E. (2023). Visual programming and computational thinking environments for K-9 education: A systematic literature review. *International Journal of Learning Technology*, 18(1), 94–121. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2023.131313>
- Uzumcu, O. y Bay, E. (2021). The effect of computational thinking skill program design developed according to interest-driven creator theory on prospective teachers. *Education and Information Technologies*, 26(1), 565–583. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10268-3>
- Valovičová, , Ondruška, J., Zelenický, , Chytrý, V. y Medová, J. (2020). Enhancing computational thinking through interdisciplinary STEAM activities using tablets. *Mathematics*, 8(12), Art. 2128. <https://doi.org/10.3390/math8122128>
- van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M. y de Haan, J. (2020). Determinants of 21st-century skills and 21st-century digital skills for workers: A systematic literature review. *Sage Open*, 10(1), 1–14. <https://doi.org/10.1177/2158244019900176>
- Wahab, N. A., Talib, O., Razali, F. y Kamarudin, N. (2021). The big why of implementing computational thinking in STEM education: A systematic literature review. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 6(3), 272–289. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v6i3.706>
- Wang, C., Shen, J. y Chao, J. (2022). Integrating computational thinking in STEM education: A literature review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(8), 1949–1972. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10227-5>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L. y Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Ye, H., Liang, B., Ng, O. y Chai, C. S. (2023). Integration of computational thinking in K-12 mathematics education: A systematic review on CT-based

- mathematics instruction and student learning. *International Journal of STEM Education*, 10, Art. 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w>
- Yokuş, E. y Kahramanoğlu, R. (2022). An overview of computational thinking. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 157–173. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v3i1.53>
- Zapata-Ros, M. (2019). Pensamiento computacional desenchufado. *Education in the Knowledge Society*, 20(18), 1–29. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18
- Zeng, Y., Yang, W. y Bautista, A. (2023). Computational thinking in early childhood education: Reviewing the literature and redeveloping the three-dimensional framework. *Educational Research Review*, 39, Art. 100520. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100520>
- Zhang, X., Aivaloglou, F. y Specht, M. (2024). A systematic umbrella review on computational thinking assessment in higher education. *European Journal of STEM Education*, 9(1), Art. 2. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/14175>

