


Implementación y formación del profesorado de educación primaria en pensamiento computacional: una revisión sistemática

Implementation and training of primary education teachers in computational thinking: a systematic review



 Gema Ortuño Meseguer - *Universidad de Murcia (España)*

 José Luis Serrano - *Universidad de Murcia (España)*

RESUMEN

El pensamiento computacional engloba procesos mentales que propician soluciones automatizadas a problemas específicos. Su integración en la educación primaria se sustenta en la mejora de habilidades resolutorias y adaptación al entorno digital. No obstante, la formación del profesorado y las estrategias eficaces para su implementación en aulas son aún ambiguas. Estas inquietudes se abordan en esta revisión sistemática, destacando la influencia de la práctica escolar en la configuración de planes de estudio de educación. Esta investigación examina la implementación del pensamiento computacional y la formación del profesorado en la etapa de educación primaria. Inicialmente, se identificaron 428 estudios en Scopus y Web Of Science, reduciéndose a 24 estudios empíricos publicados entre 2006 y 2023 tras aplicar los criterios de elegibilidad y la evaluación de calidad. Los resultados indican que muchos docentes intentan incorporar el pensamiento computacional sin suficiente formación. La programación de robots prevalece como estrategia principal y es la más demandada en la formación, mientras que el empleo de actividades desconectadas es limitado. No obstante, antes de promover el pensamiento computacional en primaria, se requiere mayor investigación, especialmente en los primeros cursos. Se insta a las Facultades de Educación a liderar el diseño y evaluación de programas de formación del profesorado, ofreciéndose pautas al respecto. La integración exitosa del pensamiento computacional en educación primaria demanda enfoques pedagógicos más sólidos respaldados por una formación docente adecuada.

Palabras clave: pensamiento computacional; educación primaria; formación de profesores; formación inicial del profesorado; formación permanente del profesorado.

ABSTRACT

Computational thinking encompasses mental processes that facilitate automated solutions to specific problems. Its integration into primary education is grounded in enhancing problem-solving skills and adapting to the digital environment. However, exactly what constitutes effective teacher training and classroom implementation strategies remains ambiguous. These concerns are addressed in this systematic review, highlighting the influence of school practices on shaping educational curricula. This research examines the implementation of computational thinking and teacher training at the primary education level. Initially, 428 studies were identified in Scopus and Web of Science, and these were then narrowed down to 24 empirical studies published between 2006 and 2023 after applying eligibility criteria and quality assessment. The findings indicate that many educators strive to incorporate computational thinking without adequate training. Robot programming prevails as the primary strategy, and there is high demand for training on the subject, but the use of “unplugged” activities is limited. Nevertheless, before computational thinking in primary education is advocated for, further research is warranted, particularly in the early grades. Educational institutions are encouraged to take the lead in designing and evaluating teacher training programs according to a set of guidelines provided. The successful integration of computational thinking into primary education necessitates more robust pedagogical approaches supported by appropriate teacher training.

Keywords: computational thinking; primary education; teacher training; initial teacher training; in-service teacher training.

INTRODUCCIÓN

El pensamiento computacional (PC) está cada vez más presente en diversos sistemas educativos. Los desarrollos tecnológicos más intuitivos y los supuestos beneficios de su desarrollo lo convierten en una competencia esencial (González et al., 2018). Wing (2006) lo definió como un proceso de pensamiento basado en conceptos informáticos que permite solucionar problemas y diseñar sistemas. Tras esta publicación, las investigaciones sobre este ámbito experimentaron un aumento creciente. Sin embargo, los estudios que abordan la formación docente y los criterios pedagógicos para la enseñanza y el aprendizaje del PC siguen siendo escasos. La mayoría se centran en medir el PC (Haseski e Ilic, 2019) y reflejan la ausencia de consenso en su definición y componentes (Bocconi et al., 2016; Hsu et al., 2019; Moreno-León et al., 2019; Román-González et al., 2017; Segredo et al., 2017; Shute et al., 2017).

Conscientes de la necesidad de acuerdo en estos aspectos, Angeli et al. (2016, p. 49) intentaron unificar las definiciones existentes. Los autores definen el PC como “un proceso de pensamiento que utiliza los elementos de abstracción, generalización, descomposición, pensamiento algorítmico y depuración (detección y corrección de errores)”. También existe falta de consenso en otras cuestiones como su alcance o naturaleza (González et al., 2018; Rich y Langton, 2016). Esto sigue evidenciando la necesidad de delimitar más el término (Bocconi et al., 2016) para que su inclusión educativa sea real y efectiva.

En la mayoría de los países, la integración del PC se lleva a cabo fundamentalmente en la etapa de educación secundaria (Haseski e Ilic, 2019). Sin embargo, resulta necesario incluirlo desde los niveles educativos elementales al igual que se hace con otras destrezas básicas como el cálculo o la lectura (Zapata-Ros, 2015). El PC puede permitir el desarrollo de habilidades como la creatividad, la resolución de problemas o colaborativas (Arranz y Pérez, 2017). Incluirlo en la etapa de primaria también ayudaría a paliar las diferencias de género en el desarrollo del PC (Ketelhut et al., 2019; Shute et al., 2017). Pero para que esta inclusión sea realmente efectiva, es primordial establecer una serie de criterios metodológicos y pedagógicos. Queda patente la necesidad de realizar más estudios en esta dirección pues continúan siendo escasos (Haseski e Ilic, 2019).

Otro aspecto que también requiere más estudio es la evaluación del PC (Bocconi et al., 2016; Cutumisu et al., 2019; Lockwood y Mooney, 2017; Román-González et al., 2017). Las herramientas y métodos existentes solo cubren ciertos aspectos, centrándose más en conceptos computacionales que en prácticas o perspectivas. La existencia de múltiples definiciones del PC genera una gran variedad de métodos de evaluación que no cuentan con una validación suficiente (Cutumisu et al., 2019; Shute et al., 2017).

En el contexto de inclusión del PC en las escuelas, el profesorado tiene un papel fundamental (Yadav et al., 2017). Su cualificación docente es considerada un factor

principal para la calidad educativa y un motor esencial para afrontar eficazmente cambios educativos. La introducción del PC en las políticas educativas está creando una fuerte demanda de formación docente ya que la mayoría no recibe conocimientos sobre PC en su formación inicial (Bocconi et al., 2016; Bustillo, 2015; Ling et al., 2018; Yadav et al., 2017). Ante la escasez de docentes cualificados para enseñar este pensamiento y usar de forma efectiva herramientas que fomenten su desarrollo (Ling et al., 2018), se hace necesaria la realización de más estudios centrados en este colectivo (Haseski e Ilic, 2019) para diseñar planes de formación basados en pruebas científicas.

Varios investigadores han abordado algunas de estas problemáticas en revisiones sistemáticas –o de la literatura– realizadas especialmente desde el año 2014. Encontramos trabajos como el de Kalelioğlu et al. (2016) o el de Cometa et al. (2021) que proporcionan una visión general de la situación del PC. Shute et al. (2017) analizan distintos aspectos relacionados con este pensamiento (características y componentes, intervenciones para desarrollarlo, evaluación y los marcos y modelos teóricos existentes). Otros, se centran en algunas de estas dimensiones de forma más específica. Pollak y Ebner (2019) investigan la integración del PC y Palts y Pedaste (2020) analizan las dimensiones de las habilidades de este pensamiento y cómo se pueden combinar en un nuevo modelo para desarrollarlo. Cutumisu et al. (2019), Alves et al. (2019) y Tang et al. (2020) analizan, desde diferentes perspectivas, la evaluación del PC. Ioannou y Makridou (2018), Uslu et al. (2022) y Xia y Zhong (2018) se centran en la robótica, mientras que Lye y Koh (2014), Popat y Starkey (2018) y Zhang y Nouri (2019) analizan distintos aspectos relacionados con la codificación. Otros estudios, como el de García-Tudela y Marín-Marín (2023) son más concretos y analizan los usos y logros del uso de Arduino. Barcelos et al. (2018) y Chan et al. (2023) abordan el desarrollo de aprendizajes matemáticos a través de actividades de PC. Menon et al. (2019) investigan el empleo de juegos de mesa de escape para desarrollar y evaluar el PC.

Aunque los autores de las citadas revisiones sistemáticas abordan algunas de las problemáticas existentes en torno al PC, sigue sin estar claro si existen métodos, estrategias específicas y herramientas para incluirlo con éxito desde la etapa de educación primaria. La búsqueda de estas respuestas, objeto de esta nueva revisión sistemática, contribuye a identificar posteriormente cuáles son las claves para definir cómo debe ser la formación inicial docente en las universidades. Consideramos que la práctica en las escuelas influye y aporta información valiosa para el diseño de los planes de estudio de las facultades de Educación.

En este contexto, se presenta esta revisión sistemática para buscar respuestas a las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las principales estrategias de aprendizaje, principios de inclusión y herramientas utilizadas en la implementación del PC en la etapa de educación primaria (entre 6 y 12 años)?

¿Cuáles son las principales características en el diseño de las experiencias de formación inicial y permanente del profesorado de educación primaria en PC?

MÉTODO

En este estudio se recaban evidencias sobre la situación actual acerca de la formación docente y la implementación del PC en educación primaria. El objetivo general que se persigue es extraer conclusiones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje del PC en educación primaria que puedan ser consideradas en la formación docente universitaria.

Para el diseño de la investigación se sigue el proceso establecido por Kitchenham y Charters (2007) para la realización de revisiones sistemáticas y las recomendaciones ofrecidas por Sánchez-Meca (2022). También se tienen en cuenta la guía y la lista de verificación de la Declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). En el Anexo I mostramos las sugerencias de dicha lista que se han cumplido, las que no y las que no procede verificar al no tratarse de un meta-análisis.

Criterios de selección

Para seleccionar los estudios se han considerado los criterios expuestos en la Tabla 1.

En 2006 Wing publicó su artículo Computational Thinking que, unido a las políticas educativas internacionales y al impulso de la industria tecnológica, supuso un aumento de la popularidad del término y del interés por su estudio e inclusión en las aulas. Este hito justifica que los estudios seleccionables estén publicados entre 2006 y el 14 de marzo de 2023, día en que se realizó la búsqueda.

Tabla 1
Criterios de inclusión

Criterios de inclusión	Descripción
Tipo de estudio	Estudios empíricos
Lugar de publicación	Revistas de cualquier área de conocimiento con revisión por pares
Idioma	Castellano o inglés
Fecha de publicación	Entre 2006 y el 14 de marzo de 2023
Contenido	Relacionados con el objetivo y preguntas de investigación

Fuente: elaboración propia.

Estrategias búsqueda

Para la búsqueda de los artículos se utilizaron las bases de datos de Scopus y Web of Science (WOS) siguiendo el protocolo –no registrado– expuesto en la Tabla 2.

Tabla 2
Protocolo de búsqueda

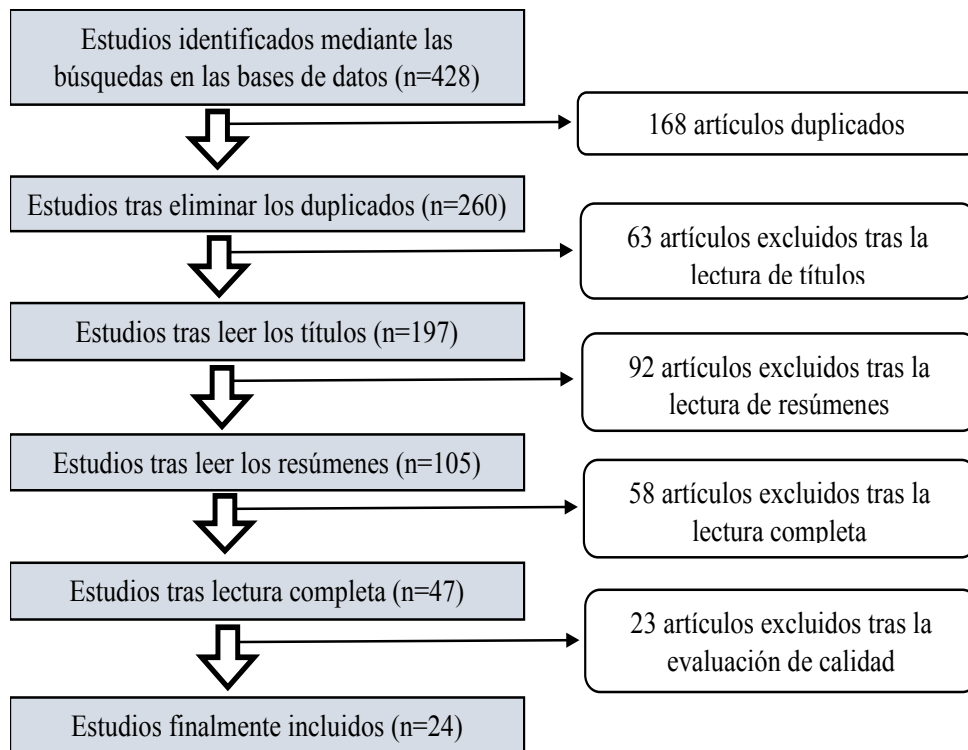
Base de datos	Protocolo de búsqueda
Scopus	<p>Cadena de búsqueda (título del artículo): “Computational thinking” AND “Elementary” OR “Primary” OR “K-12” OR “Teacher training” OR “education*”</p> <p>Limitado a año de publicación: desde 2006 hasta el 14 de marzo de 2023</p> <p>Limitado a idioma: español e inglés.</p> <p>Limitado a tipo de documento: artículos.</p> <p>Limitado a tipo de recurso: revista.</p> <p>Búsqueda realizada el 14 de marzo de 2023.</p>
Web Of Science: Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), Social Sciences Citation Index (SSCI), Arts y Humanities Citation Index (AyHCI), Emerging Sources Citation Index (ESCI)	<p>Cadena de búsqueda: (TI=(“computational thinking”)) AND TI=(“elementary” OR “K-12” OR “primary” OR “teacher training” OR “education*”).</p> <p>Limitado a año de publicación: desde 2006 hasta el 14 de marzo de 2023</p> <p>Limitado a idioma: español e inglés.</p> <p>Limitado a tipo de documento: artículos.</p> <p>Búsqueda realizada el 14 de marzo de 2023.</p>

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento para la selección de estudios

Tras realizar una primera búsqueda en Scopus y en la WOS, se obtienen 231 y 197 artículos, respectivamente. Se eliminan 168 artículos duplicados. Posteriormente, se leen los títulos y se eliminan 63 artículos al no estar relacionados claramente con los objetivos de la investigación. Seguidamente, se procede a la lectura de los resúmenes y se eliminan 92 artículos. Tras una lectura profunda, se reduce la selección a 47 estudios. Finalmente, se evalúa la calidad de estos (procedimiento detallado en el siguiente apartado) y se seleccionan 24 artículos como se muestra en la Figura 1. Todo este proceso fue realizado por los dos autores firmantes de este artículo.

Figura 1
 Procedimiento para la selección de artículos



Evaluación de la calidad de los estudios

Para evaluar la calidad de los artículos se ha utilizado la lista de control Critical Appraisal Skill Programme (CASP)¹. Esta herramienta, desarrollada por el Oxford Centre for Triple Value Healthcare, permite evaluar críticamente la confiabilidad y relevancia de los resultados obtenidos en los distintos estudios independientemente del área de conocimiento de procedencia. Proporciona diez preguntas que van acompañadas de una serie de indicaciones para responderlas correctamente. Con la aplicación de la lista de control CASP, se pretende eliminar el riesgo de sesgo para garantizar la credibilidad y generalización de los resultados obtenidos.

Para poder evaluar los distintos tipos de estudios se realizó una adaptación de la lista CASP incluyendo finalmente nueve preguntas. La calidad de los estudios fue valorada de forma independiente por dos investigadores tal y como se muestra en

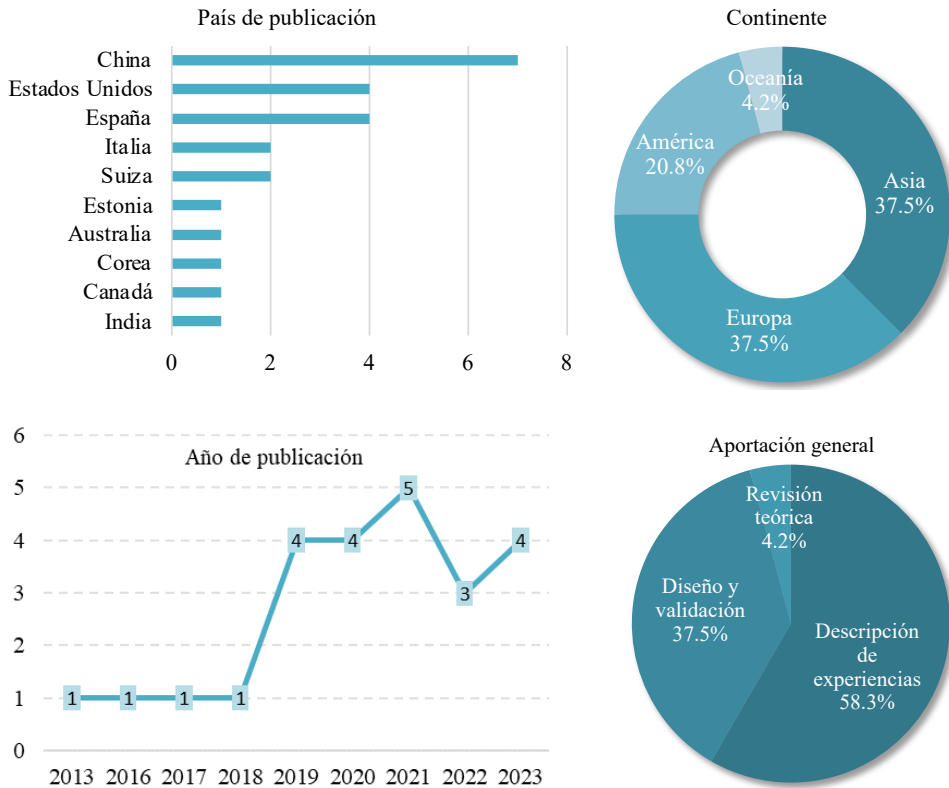
el Anexo II. Los trabajos fueron etiquetados como de calidad alta ($\geq 70\%$), calidad moderada (69-40 %) y baja calidad ($< 40\%$). Solamente se incluyeron los artículos con calidad alta y moderada ($n=24$). Los artículos excluidos se muestran en el Anexo III.

RESULTADOS

Siguiendo el procedimiento desarrollado en el apartado anterior, se seleccionó un total de 24 artículos. Analizando las características generales de los mismos, la mayoría de los artículos se publican a partir del año 2019, especialmente en el año 2021. China es el país en el que se localizan la mayor parte de los estudios, seguido de Estados Unidos y España. En los continentes de Asia y Europa se concentran la mayor parte de los artículos seleccionados. Analizando las aportaciones generales de las investigaciones, un 58.3 % se basa en la descripción de experiencias de PC con estudiantes o docentes y futuros docentes de primaria y en un 37.5 % de los casos se diseñan y validan modelos, programas, recursos o instrumentos de evaluación de PC. En cuanto al diseño de la investigación, la mayoría de los estudios emplean métodos cuantitativos y mixtos. Predominan las experiencias con un grupo experimental y control y el empleo de pre-test y post-test.

Figura 2

Distribución de los estudios por países, continentes, año de publicación y aportaciones generales



En relación con las preguntas de investigación y los objetivos de la revisión, la mayoría de los artículos están relacionados con la implementación y evaluación de experiencias de PC con estudiantes de primaria. Tan solo 6 de los 24 artículos abordan la formación de docentes en servicio o futuros docentes. Los resultados más relevantes se desarrollan a continuación:

Implementación del pensamiento computacional en educación primaria

La mayoría de los estudios se centran en estudiantes de tercer a sexto curso de primaria (Basu et al., 2021; Chevalier et al., 2020; Chiazzese et al., 2019; El-Hamamsy et al., 2022; Freina et al., 2019; Hooshyar et al., 2021; Huang et al., 2023; Jiang y Li, 2021; Liu et al., 2023; Noh y Lee, 2019; Sáez y Cózar, 2017; Sengupta et

al., 2013; Shen et al., 2020; Tran, 2019; Wei et al., 2021). Tan solo cuatro estudios (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Del Olmo et al., 2020; El-Hamamsy et al., 2022; Yadav y Chakraborty, 2023) abordan los niveles iniciales.

En referencia a las herramientas usadas, la mayoría de los estudios emplean la robótica (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Chevalier et al., 2020; Chiazzese et al., 2019; Liu et al., 2023; Noh y Lee, 2019; Shen et al., 2020) y/o la programación informática (Basu et al., 2021; Freina et al., 2019; Jiang y Li, 2021; Sáez y Cózar, 2017; Sengupta et al., 2013; Tran, 2019; Wei et al., 2021). La mayoría lo hace a través de entornos de programación visuales, como Scratch (Basu et al., 2021; Chevalier et al., 2020; Freina et al., 2019; Jiang y Li, 2021; Sáez y Cózar, 2017; Sengupta et al., 2013; Wei et al., 2021), App Inventor (Basu et al., 2021) o Blockly (Tran, 2019).

Tan solo dos trabajos (Basu et al., 2021; Del Olmo et al., 2020) abordan el PC sin usar dispositivos tecnológicos. Otros estudios hacen uso de juegos de ordenador (Hooshyar et al., 2021) o de mesa enriquecidos con realidad aumentada (Huang et al., 2023). Finalmente, también se usan Apps como: Lightbot, Code Hour, Q Space App, Preschool and kindergarten app y Luca's educative patterns game app (Yadav y Chakraborty, 2023).

Respecto a las estrategias de aprendizaje seguidas para desarrollar el PC en primaria destaca el aprendizaje práctico (Chiazzese et al., 2019; Freina et al., 2019; Hooshyar et al., 2021; Jiang y Li, 2021; Liu et al., 2023; Sáez y Cózar, 2017; Shen et al., 2020; Yadav y Chakraborty, 2023), el trabajo colaborativo (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Chevalier et al., 2020; Chiazzese et al., 2019; Freina et al., 2019; Jaipal-Jamani y Angeli, 2016; Jiang y Li, 2021; Liu et al., 2023; Noh y Lee, 2019; Tran, 2019; Wei et al., 2021), el andamiaje (Chevalier et al., 2020; Freina et al., 2019; Jaipal-Jamani y Angeli, 2016; Sengupta et al., 2013; Yadav y Chakraborty, 2023), y la resolución de problemas, retos o desafíos (Basu et al., 2021; Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; Chevalier et al., 2020; Chiazzese et al., 2019; Freina et al., 2019; Jiang y Li, 2021; Liu et al., 2023; Shen et al., 2020; Yadav y Chakraborty, 2023).

Otros estudios muestran algunos principios a considerar para que la inclusión del PC sea realmente efectiva: tener en cuenta las habilidades previas de los estudiantes (Chiazzese et al., 2019; Huang et al., 2023; Liu et al., 2023; Noh y Lee, 2019; Sengupta et al., 2013); emplear entornos, herramientas y actividades variadas para responder a la diversidad del alumnado (Sengupta et al., 2013; Tran, 2019); o desarrollar el PC desde los niveles más bajos (Caballero-González y García-Valcárcel, 2020; El-Hamamsy et al., 2022; Del Olmo et al., 2020; Tran, 2019; Yadav y Chakraborty, 2023). Ante la casi inexistencia de principios metodológicos y pedagógicos para enseñar PC en primaria, otros autores han diseñado sus propios modelos y enfoques (Chevalier et al., 2020; Liu et al., 2023; Sengupta et al., 2013).

Varios trabajos presentan ejemplos de inclusión del PC en áreas curriculares, especialmente en áreas STEM como Informática, Ciencias y Matemáticas (Chiazzese

et al., 2019; Sengupta et al., 2013; Tran, 2019; Yadav y Chakraborty, 2023), pero también otras como Educación Artística (Sáez y Cózar, 2017). El resto de los estudios, crean programas específicos sin integrarlo en áreas curriculares concretas.

El instrumento de evaluación más utilizado consiste en la selección y adaptación de pruebas Bebras (Chiazzese et al., 2019; Del Olmo et al., 2020; Huang et al., 2023; Noh y Lee, 2019; Yadav y Chakraborty, 2023). Algunos autores (Hooshyar et al., 2021; Jiang y Li, 2021; Liu et al., 2023) utilizan o adaptan instrumentos validados como el test de PC (TPC) de Román-González et al. (2015), la escala de PC (CTS) de Korkmaz et al. (2017) o Dr. Scratch de Moreno-León et al. (2015). Otros autores crean sus propios instrumentos de evaluación desarrollados concretamente para la experiencia realizada (Basu et al., 2021; El-Hamamsy et al., 2022; Shen et al., 2020; Tran, 2019). Autores como El-Hamamsy et al. (2022) resaltan la importancia de combinar varias pruebas de PC para poder evaluar adecuadamente las competencias computacionales de los estudiantes.

Formación del profesorado en pensamiento computacional

Para que la inclusión del PC en las aulas de primaria sea efectiva es necesario que los docentes posean una serie de conocimientos y destrezas pedagógicas. En contraposición, la realidad es que la mayoría de ellos no tienen formación previa en PC o tienen ideas erróneas sobre el mismo (Chalmers, 2018; Freina et al., 2019; Jaipal-Jamani y Angeli, 2016). No obstante, encontramos estudios que evidencian que los docentes experimentan un incremento de sus habilidades computacionales y de su confianza para incluirlo en las aulas, tras participar en experiencias formativas (Chalmers, 2018; Jaipal-Jamani y Angeli, 2016; Kong y Lai, 2022; Molina-Ayuso et al., 2022; Rich et al., 2021).

La mayoría de las experiencias de formación docente analizadas están dirigidas a docentes en servicio (Chalmers, 2018; Kong et al., 2023; Kong y Lai, 2022; Rich et al., 2021). Tan solo dos estudios (Jaipal-Jamani y Angeli, 2016; Molina-Ayuso et al., 2022) están dirigidos a futuros docentes de primaria. La duración de estas experiencias formativas es bastante variable, encontrando experiencias de menos de tres meses (Chalmers, 2018; Jaipal-Jamani y Angeli, 2016) y otras de más de ocho meses de duración (Kong et al., 2023; Kong y Lai, 2022; Rich et al., 2021).

Respecto al contenido de estas experiencias formativas, algunos trabajos abordan la programación informática (Kong et al., 2023; Kong y Lai, 2022; Molina-Ayuso et al., 2022; Rich et al., 2021) o la robótica (Chalmers, 2018; Jaipal-Jamani y Angeli, 2016). Tan solo el estudio de Kong y Lai (2022) contempla el uso de actividades desconectadas. Entre los trabajos que abordan la programación informática, destaca fundamentalmente el empleo de Scratch o Scratch Jr (Kong et al., 2023; Kong y Lai, 2022; Molina-Ayuso et al., 2022; Rich et al., 2021), aunque también se emplean otros recursos como App Inventor (Kong et al., 2023; Kong y Lai, 2022). La robótica se aborda con kits Lego Wedo (Chalmers, 2018; Jaipal-Jamani y Angeli, 2016).

Analizando la estructura de los cursos, la mayoría opta por realizar una primera fase de instrucción y una fase de práctica o implementación de los conocimientos (Jaipal-Jamani y Angeli, 2016; Kong et al., 2023; Kong y Lai, 2022; Molina-Ayuso et al., 2022; Rich et al., 2021). Las estrategias más empleadas son el trabajo colaborativo (Jaipal-Jamani y Angeli, 2016; Kong et al., 2023), el modelado (Kong y Lai, 2022; Rich et al., 2021) y el andamiaje (Jaipal-Jamani y Angeli, 2016; Kong et al., 2023).

Finalmente, la evaluación de las experiencias formativas es muy diversa y se realiza con diversas pruebas, creadas específicamente para la experiencia o adaptadas de otras ya existentes. Todos los estudios evalúan, tanto la adquisición de conocimientos de los docentes como sus reflexiones sobre la experiencia. Estudios como el de Chalmers (2018) y Kong y Lai (2022) son relevantes ya que proporcionan información sobre los desafíos a los que estos se enfrentan.

En las Tablas 3 y 4 mostramos una síntesis de los resultados anteriores.

Tabla 3
Síntesis de los resultados. Implementación del pensamiento computacional en educación primaria

Autores	Año	País	Curso	Área	Estrategias didácticas	Recursos	Instrumentos recogida de datos
Sengupta et al.	2013	Estados Unidos	6º	Ciencias	Constructivismo Andamiaje Modelado	NetLogo	Pruebas específicas de PC
Sáez y Cózar	2017	España	6º	Educación artística	Aprendizaje basado en juego	Scratch Pico board Raspberry Pi	Cuestionario de PC específico Entrevista
Chiazese et al.	2019	Italia	3º y 4º	Informática	Instrucción y aprendizaje práctico (proyectos) Aprendizaje colaborativo	Lego Wedo 2.0	Pruebas Bebras adaptadas Cuestionario de opinión
Freina et al.	2019	Italia	5º	Integrado en el currículo escolar	Instrucción y aprendizaje práctico (proyectos) Aprendizaje colaborativo Andamiaje	Scratch	Entrevista Observaciones Diarios de los estudiantes Cuestionario de opinión Test Scratch Sociograma
Noh y Lee	2019	Corea	5º y 6º	Curso específico	Diseño instruccional específico Modelo de resolución creativa de problemas Aprendizaje colaborativo	Entry Hamster robot	Pruebas Bebras adaptadas Test de pensamiento creativo

Autores	Año	País	Curso	Área	Estrategias didácticas	Recursos	Instrumentos recogida de datos
Tran	2019	Estados Unidos	3º	Programa específico integrado en el currículo escolar	Constructivismo Aprendizaje colaborativo	Code.org Cs unplugged	Test de PC específico Entrevista
Caballero-González y García-Valcárcel	2020	España	1º	Integrado en el currículo escolar	Aprendizaje colaborativo Aprendizaje práctico (retos)	Beebot	Rúbrica adaptada
Chevalier et al.	2020	Suiza	4º	No especificada	Modelo de resolución creativa de problemas Aprendizaje colaborativo	Robot Thymio	Observaciones
Del Olmo et al.	2020	España	2º	No especificada	Enfoque mixto (PC desenchufado y PC enchufado)	Tareas desenchufadas Code.org	Pruebas Bebras adaptadas Test de motivación adaptado
Shen et al.	2020	Estados Unidos	5º	Currículo específico	Instrucción y aprendizaje práctico (proyectos)	Robot humanoide NAO	Test de PC específico
Basu et al.	2021	China	4º, 5º y 6º	Resolución de problemas	Resolución de problemas	Scratch App inventor	Test de PC específico Entrevista
Hooshyar et al.	2021	Estonia	5º	No especificada	Aprendizaje práctico	Autothinking	Test de PC adaptado Cuestionario de actitud adaptado

Autores	Año	País	Curso	Área	Estrategias didácticas	Recursos	Instrumentos recogida de datos
Jiang y Li	2021	China	5º	Curso específico obligatorio	Instrucción y aprendizaje práctico (proyectos) Aprendizaje colaborativo	Scratch	Test de PC
Wei et al.	2021	China	4º	Curso específico	Aprendizaje colaborativo	Scratch	Encuesta Entrevista Dr. Scratch
El-Hammamsy et al.	2022	Suiza	3º y 4º	No especificada	No procede (validación de un instrumento de evaluación)	PC desconectado	Test de PC específico
Huang et al.	2023	China	3º	No especificada	Aprendizaje basado en juego	Juego de mesa basado en bloques Scratch Realidad Aumentada	Test de PC específico
Liu et al.	2023	China	5º	No especificada	Pedagogía de ingeniería inversa Instrucción y aprendizaje práctico (proyectos) Aprendizaje colaborativo	UKit Explore Robótica	Test de PC adaptado

Autores	Año	País	Curso	Área	Estrategias didácticas	Recursos	Instrumentos recogida de datos
Yadav y Chakraborty	2023	India	2º	Integrado en el currículo escolar	Instrucción y aprendizaje práctico Andamiaje	Apps: The Lightbot; Code Hour; Kid's Educational Games: Preschool and Kindergarten; Lucas' Educative Patterns Game; Q space	Pruebas Bebras adaptadas

Tabla 4
Síntesis de los resultados. Formación del profesorado en pensamiento computacional

Autores	Año	País	Tipo de formación	Experiencia	Duración	Estrategias didácticas	Recursos	Instrumentos recogida de datos
Jaipal-Jamani y Angeli	2016	Canadá	Inicial	Curso de métodos científicos	12 semanas	Instrucción y aprendizaje práctico (tareas) Aprendizaje colaborativo Andamiaje	Lego Wedo	Cuestionario de interés adaptado Cuestionario de autoeficacia adaptado Cuestionario de PC Tareas

Autores	Año	País	Tipo de formación	Experiencia	Duración	Estrategias didácticas	Recursos	Instrumentos recogida datos
Chalmers	2018	Australia	Permanente	Experiencia de integración del PC en las aulas	6 semanas	Aprendizaje práctico	Lego WeDo 2.0	Cuestionario de opinión Entrevistas semiestructuradas Diario de reflexión
Rich et al.	2021	Estados unidos	Permanente	Programa específico para formar a docentes en PC	1 año	Aprendizaje práctico (retos) Modelado Compartir experiencias y proyectos Debates	Scratch Scratch Jr	Encuesta de PC Encuestas de opinión
Kong y Lai	2022	China	Permanente	Currículum específico	48 horas de formación	Instrucción y aprendizaje práctico	Scratch App inventor	Encuesta de opinión
Molina-Ayuso et al.	2022	España	Inicial	Didáctica de las operaciones numéricas y de la medida	5 días	Instrucción y aprendizaje práctico (retos)	Scratch	Pruebas de Behav adaptadas Test de PC adaptado Encuesta de opinión
Kong et al.	2023	China	Permanente	Programa de desarrollo docente escalable	1 curso escolar	Trabajo colaborativo Aprendizaje práctico Mentorización	Scratch App Inventor	Prueba específica de PC Transcripciones de las reuniones Encuesta de opinión

DISCUSIÓN

En este apartado presentamos la interpretación general de los resultados en el contexto de otros estudios a la vez que tratamos sus implicaciones para la práctica educativa e investigaciones futuras. Además, mostramos en la parte final de esta sección las limitaciones más sustanciales que identificamos de esta revisión sistemática.

En primer lugar, contrastamos nuestros resultados con los obtenidos en otras investigaciones en relación con la implementación del PC en la etapa de Educación Primaria (primera pregunta de investigación).

A pesar de que los sistemas educativos de muchos países han modificado sus planes de estudio para responder a la necesidad de lograr una inclusión eficiente del PC en las aulas de primaria, hemos podido constatar que existen muy pocos estudios que se centren en los dos primeros cursos de esta etapa educativa, algo que perjudica la conveniencia de comenzar de manera temprana el desarrollo del PC. Esta circunstancia también dificulta la recomendación de realizar un paso gradual de actividades desconectadas a otras basadas en el uso de la tecnología (Brackmann et al., 2017; Serrano y Ortuño, 2021).

La programación visual por bloques y la robótica son las estrategias –o herramientas– más utilizadas en los estudios revisados, coincidiendo con las conclusiones obtenidas en dos meta-análisis (Merino-Armero et al., 2021 y Sun et al., 2021) en los que se indicó que la programación de robots es la estrategia más eficiente para el desarrollo del PC en educación primaria.

La estrategia de realizar actividades desconectadas no ha sido especialmente utilizada en los estudios seleccionados. Cuestión que contrasta con las ventajas, especialmente en la etapa de educación primaria (Serrano y Ortuño, 2021), que esta estrategia tiene según varios estudios previos (Huang y Looi, 2020; Weigend et al., 2019). En un meta-análisis (Li et al., 2022), los autores también concluyeron que tanto las actividades desconectadas como los ejercicios de programación son útiles para el desarrollo del PC entre los estudiantes. Según este estudio, los efectos de programar son algo mejores que los proporcionados por las actividades desconectadas y se ven aumentados cuando se trabaja de manera interdisciplinar y no solo dentro de asignaturas concretas, aspecto que se aleja de los resultados de nuestra investigación.

En relación con las estrategias didácticas empleadas, concluimos la idoneidad de emplear: estrategias de instrucción y aprendizaje práctico, andamiaje, trabajo colaborativo y la resolución de problemas o retos, coincidiendo en gran medida con lo señalado en trabajos anteriores (Park y Park, 2018; Kale et al., 2018; Voogt et al., 2015). Sin embargo, el aprendizaje basado en juegos era señalada en algunos estudios previos (Kalelioğlu et al., 2016) como una de las estrategias más utilizadas en las experiencias de desarrollo del PC, conclusión que no coincide con los resultados obtenidos en nuestra revisión.

Algunos autores analizan la manera de evaluar el desarrollo del PC, manifestando la existencia de un gran vacío en cuanto a herramientas y estrategias de evaluación válidas (Alves et al., 2019). Aunque existen instrumentos de evaluación del desarrollo del PC en educación primaria (Bebras, Test TPC, Escala CTS, Cuestionarios de opinión, Dr. Scratch...), consideramos que no terminan de ser de utilidad para verificar el desarrollo real y completo del PC al centrarse más en habilidades de programación que en el análisis del desarrollo de los componentes del PC. Ante la ausencia de enfoques efectivos para evaluar el PC en primaria, proponemos la combinación de múltiples evaluaciones para valorar todas las dimensiones del PC. Este asunto requiere más investigación, tal y como ya se ha señalado en estudios previos (Cutumisu et al., 2019; Lockwood y Mooney, 2017; Román-González et al., 2017).

En segundo lugar, discutimos sobre las características de la formación del profesorado en PC de la etapa de educación primaria (segunda pregunta de investigación).

Según los resultados obtenidos constatamos la escasez de estudios que evalúan con rigor experiencias formativas, especialmente en la formación inicial del profesorado, coincidiendo con resultados de otras investigaciones (Bocconi et al., 2016; Bustillo, 2015; Ling et al., 2018; Yadav et al., 2017). Muy probablemente esto se deba a que todavía no proliferan planes de formación del profesorado para el desarrollo del PC, siendo una meta pendiente tal y como señalaron Haseski e Illic (2019). Son las Facultades de Educación quienes deben liderar la formación del profesorado, ya que son los espacios más indicados para que los docentes reflexionen sobre sus creencias previas sobre el PC, conozcan los conceptos claves y muy especialmente, adopten los enfoques pedagógicos más adecuados (González et al., 2018; Yadav et al., 2017).

Introducir los conceptos del PC en la formación inicial de los docentes es una estrategia clave para lograr dicha meta, puesto que es en ese momento en el que tendrían mayor predisposición para comprender la relevancia del PC dentro de su propia disciplina (Butler y Leahy, 2021; Yadav et al., 2014). En cualquier caso, más allá de acciones formativas puntuales, se requiere la implementación y la evaluación –en diferentes contextos– de propuestas formativas que, afortunadamente, comienzan a surgir y que pueden consultarse en distintos trabajos (Esteve-Mon et al., 2019; Kotsopoulos et al., 2017; Serrano y Ortuño, 2021; Tsai et al., 2021; Voon et al., 2023).

Además de la necesidad de diseñar modelos formativos que operativicen el desarrollo del PC con estrategias específicas, es importante señalar que existen modelos pedagógicos genéricos que pueden ser la base para diseñar modelos específicos. Algunos autores (Kale et al., 2018; Yadav et al., 2017) consideran que el modelo de TPACK (Technology, Pedagogy and Content Knowledge), promovido por Mishra y Koehler (2006), es útil para la enseñanza del PC en la formación inicial del profesorado. Este modelo incluye la idea de que los docentes en formación aprendan sobre la integración efectiva de la tecnología dentro del contexto de la materia y la pedagogía; de manera similar, los docentes necesitan desarrollar el conocimiento

del PC dentro del contexto de su conocimiento del contenido y del conocimiento pedagógico.

En el estudio de Kong et al. (2020) se presenta un programa de desarrollo docente (de Primaria) para desarrollar las competencias en PC en relación con la programación y con el modelo TPACK. Los investigadores detectaron la preocupación que tienen los docentes en relación con la programación debido a la falta de apoyo de formaciones eficientes y con alto contenido pedagógico. Los autores proponen una pedagogía para jugar, pensar y codificar para el desarrollo de las habilidades computacionales con programación en las escuelas de primaria.

A pesar del énfasis del PC como herramientas mentales que se extienden más allá de los entornos basados en la computación, la mayoría de los esfuerzos actuales de desarrollo profesional docente se han enfocado en exponer a los docentes a entornos de programación, coincidiendo con los resultados obtenidos en nuestra revisión. En su lugar, se debe involucrar a los docentes a pensar cómo el PC podría integrarse en situaciones de aprendizaje auténticas en otras áreas de contenido. El programa de formación desarrollado por Yadav et al. (2018) resalta esta idea.

La formación en conocimiento pedagógico de los docentes en Primaria es, en general, sólida. Sin embargo, esto debe complementarse con las prácticas pedagógicas y contenidos específicos del PC, como, por ejemplo: modelar un problema, pensar o resolver un problema de forma iterativa e incremental o explicar una solución a un problema en una serie de pasos (Carlborg et al., 2019).

Además, hemos encontrado que los docentes en servicio realizan formaciones que varían en duración y muy centrada en aspectos técnicos como la programación informática y la robótica, quedando en un segundo plano el uso de actividades desenchufadas y cuestiones relacionadas con las estrategias didácticas, precisamente aspectos que son de alto impacto para aprender a promover el PC entre sus futuros estudiantes, tal y como hemos ido mencionando en líneas anteriores.

En resumen, concluimos que –muy probablemente– muchos docentes están tratando de integrar el PC en sus aulas sin contar con las competencias necesarias, especialmente aquellas que deber desarrollarse durante la formación inicial del profesorado. Dicha formación debe basarse en los principios de la tecnología educativa, involucrar a los docentes en la tarea de cómo integrar el PC en situaciones de aprendizaje de manera interdisciplinar, complementarse con prácticas pedagógicas y contenidos del PC, ir más allá de la enseñanza de la programación e incorporar las actividades desconectadas como paso previo a la programación de robots. La efectividad de estos programas formativos requiere que previamente se mejoren los enfoques de evaluación del desarrollo del PC.

Y, en tercer lugar, hacemos referencia a las principales limitaciones de la investigación. El resto de las limitaciones que consideramos menores pueden consultarse en la lista de comprobación PRISMA 2020 (Anexo I).

Esta revisión sistemática analiza los estudios recogidos por Scopus y WOS. Con este criterio, hemos descartado deliberadamente otro tipo de publicaciones que

igualmente podrían ser valiosas. Esta decisión se debe a que en anteriores revisiones sistemáticas sí se tuvieron en cuenta estudios publicados en revistas indexadas en bases de datos como ERIH Plus. Incluso sería de valor contemplar la “literatura gris” no publicada sobre el tema para contrarrestar el problema del sesgo de publicación. Sin embargo, esta limitación consideramos que no resta validez a las conclusiones obtenidas. Seleccionar estudios publicados en revistas de alto impacto es un filtro útil, necesario y aceptado por la comunidad científica.

Aunque en la primera tarea (lectura de títulos de los artículos) de selección de los artículos se descartaron aquellos estudios que claramente no estaban relacionados con la investigación, consideramos que con el fin de evitar sesgos y errores sería más conveniente analizar también los resúmenes. Otro aspecto para mejorar en esta parte es que la selección de los estudios debería realizarse por más de un revisor y de manera independiente. Parte de esta recomendación sí se siguió durante la evaluación de la calidad de los trabajos con la lista de comprobación de CASP en la que participaron los dos investigadores firmantes de este artículo. En relación con este instrumento, consideramos que su uso es cuestionable por dos motivos: por no distinguir según el tipo de diseño de investigación de cada estudio y por su escasa aplicación en estudios del área de las Ciencias Sociales. Se recomienda explorar y seleccionar otras listas o escalas de comprobación disponibles en el sitio web Equator Network².

NOTAS

1. Web de CASP: <https://casp-uk.net/>
2. Sitio web Equator Network: <https://www.equator-network.org/>

Financiación

Este estudio se realizó sin apoyo financiero específico.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen relaciones o actividades que hayan podido influir en la realización de esta revisión sistemática.

REFERENCIAS

- Alves, N. D. C., Von Wangenheim, C. G. y Hauck, J. C. (2019). Approaches to Assess Computational Thinking Competences Based on Code Analysis in K-12 Education: A Systematic Mapping Study. *Informatics in Education*, 18(1), 17-39. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.02>
- Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J. y Zagami, J. (2016). A K-6 Computational Thinking

- Curriculum Framework: Implications for Teacher Knowledge. *Educational Technology and Society (EtandS)*, 19(3), 47-57. https://www.j-ets.net/collection/published-issues/19_3
- Arranz, H. y Pérez, A. (2017). Evaluación del Pensamiento Computacional en Educación. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa (RIITE)*, (3), 25-39. <https://doi.org/10.6018/riite/2017/267411>
- Barcelos, T. S., Munoz, R., Villarroel, R., Merino, E. y Silveira, I. F. (2018). Mathematics Learning through Computational Thinking Activities: A Systematic Literature Review. *Journal of Universal Computer Science*, 24(7), 815-845. <https://doi.org/10.3217/jucs-024-07-0815>
- Basu, S., Rutstein, D. W., Xu, Y., Wang, H. y Shear, L. (2021). A principled approach to designing computational thinking concepts and practices assessments for upper elementary grades. *Computer Science Education*, 31(2), 169-198. <https://doi.org/10.1080/08993408.2020.1866939>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P. y Punie, Y. (2016). Exploring the field of computational thinking as a 21st century skill. *EDULEARN 16*, Barcelona, España. <https://doi.org/10.2125/edulearn.2016.2136>
- Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A. y Barone, D. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School [Acta]. *12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE)*, Nijmegen, Países Bajos. <https://doi.org/10.1145/3137065.3137069>
- Bustillo, J. (2015). Formación del profesorado con Scratch: análisis de la escasa incidencia en el aula. *Opción*, 31(1), 164-182. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31043005010>
- Butler, D. y Leahy, M. (2021). Developing preservice teachers' understanding of computational thinking: A constructionist approach. *British Journal of Educational Technology*, 52(3), 1060-1077. <https://doi.org/10.1111/bjet.13090>
- Caballero-González, Y. y García-Valcárcel, A. (2020). ¿Aprender con robótica en Educación Primaria? Un medio de estimular el pensamiento computacional. *Education in the Knowledge Society*, 21, 10. <https://doi.org/10.14201/eks.21443>
- Carlborg, N., Tyrén, M., Heath, C. y Eriksson, E. (2019). The scope of autonomy when teaching computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 21, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2019.06.005>
- Chalmers, C. (2018). Robotics and computational thinking in primary school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>
- Chan, S.-W., Looi, C.-K., Ho, W. K. y Kim, M. S. (2023). Tools and Approaches for Integrating Computational Thinking and Mathematics: A Scoping Review of Current Empirical Studies. *Journal of Educational Computing Research*, 60(8), 2036-2080. <https://doi.org/10.1177/07356331221098793>
- Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A. y Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: a model for creative computational problem solving. *International Journal of STEM Education*, 7, 39. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00238-z>
- Chiazzese, G., Arrigo, M., Chifari, A., Lonati, V. y Tosto, C. (2019). Educational Robotics in Primary School: Measuring the Development of computational Thinking Skills with the Bebras Tasks. *Informatics*,

- 6(4), 6040043. <https://doi.org/10.3390/informatics6040043>
- Cometa, V., Parque, S. y Wiebe, E. (2021). The code-centric nature of computational thinking education: a review of trends and issues in computational thinking education research. *Sage*, 11(2). <https://doi.org/10.1177/21582440211016418>
- Cutumisu, M., Adams, C. y Lu, C. (2019). A Scoping Review of Empirical Research on Recent Computational Thinking Assessments. *Journal of Science Education and Technology*, 28(1), 651-676. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09799-3>
- Del Olmo, J. del, Cózar-Gutiérrez, R. y González-Calero, J. A. (2020). Computational thinking through unplugged activities in early years of Primary Education. *Computers & Education*, 150(1), 103832. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103832>
- El-Hamamsy, L., Zapata-Cáceres, M., Martín-Barroso, E., Mondada, F., Dehler-Zufferey, J. y Bruno, B. (2022). The Competent Computational Thinking Test: Development and Validation of an Unplugged Computational Thinking Test for Upper Primary School. *Sage*, 60(7), 1818-1866. <https://doi.org/10.1177/07356331221081753>
- Esteve-Mon, F., Adell-Segura, J., Llopis, M. A., Valdeoliva, G. y Pacheco, J. (2019). The Development of Computational Thinking in Student Teachers through an Intervention with Educational Robotics. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 18, 139-152. <https://doi.org/10.28945/4442>
- Freina, L., Bottino, R. y Ferlino, L. (2019). Fostering Computational Thinking skills in the Last Years of Primary School. *International Journal of Serious Games*, 6(3), 101-115. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v6i3.304>
- García-Tudela, P. A. y Marín-Marín, J. A. (2023). Use of Arduino in Primary Education: a systematic review. *Education Sciences*, 13(2), 134. <https://doi.org/10.3390/educsci13020134>
- González, J., Estebanell, M. y Peracaula, M. (2018). ¿Robots o programación? El concepto de Pensamiento Computacional y los futuros maestros. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 19(2), 29-45. <https://doi.org/10.14201/eks20181922945>
- Haseski, H. I. e Ilic, U. (2019). An Investigation of the Data Collection Instruments Development to Measure Computational Thinking. *Informatics in Education*, 18(2), 297-319. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.14>
- Hooshyar, D., Malva, L., Yang, Y., Pedaste, M., Wang, M. y Lim, H. (2021). An adaptive educational computer game: Effects on students' knowledge and learning attitude in computational thinking. *Computers in Human Behavior*, 114, 106575. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106575>
- Hsu, Y.-C., Irie, N. R. y Ching, Y.-H. (2019). Computational Thinking Educational Policy Initiatives (CTEPI) Across the Globe. *TechTrends*, 63(2), 260-270. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00384-4>
- Huang, S.-Y., Tarng, W. y Ou, K.-L. (2023). Effectiveness of AR Board Game on Computational Thinking and Programming Skills for Elementary School Students. *Systems*, 11(1), 25. <https://doi.org/10.3390/systems11010025>
- Huang, W. y Looi, C.-K. (2020). 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>
- Ioannou, A. y Makridou, E. (2018). Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future

- work. *Education and Information Technologies*, 23(1), 2531-2544. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9729-z>
- Jaipal-Jamani, K. y Angeli, C. (2016). Effect of Robotics on Elementary Preservice Teachers' Self-Efficacy, Science Learning and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 175-192. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9663-z>
- Jiang, B. y Li, Z. (2021). Effect of Scratch on computational thinking skills of Chinese primary school students. *Journal of Computers in Education*, 8(4), 505-525. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00190-z>
- Kale, U., Akcaoglu, M., Cullen, T., Goh, D., Devine, L., Calvert, N. y Grise, K. (2018). Computational What? Relating Computational Thinking to Teaching. *TechTrends*, 62(6), 574-584. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0290-9>
- Kalelioglu, F., Gülbahar, Y. y Kukul, V. (2016). A Framework for Computational Thinking Based on a Systematic Research Review. *Baltic Journal Modern Computing*, 4(3), 583-596. https://www.bjmc.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/bjmc/Contents/4_3_15_Kalelioglu.pdf
- Ketelhut, D.-J., Mills, K., Hestness, E., Cabrera, L., Plane, J. y McGinnis, J.-R. (2019). Teacher Change Following a Professional Development Experience in Integrating Computational Thinking into Elementary Science. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 174-188. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09798-4>
- Kitchenham, B. y Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Version 2.3. En *EBSE Technical Report EBSE-2007-01*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.117.471>
- 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, 379-402. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00207-7>
- Kong, S.-C., Lai, M. y Li, Y. (2023). Scaling up a teacher development programme for sustainable computational thinking education: TPACK surveys, concept tests and primary school visits. *Computers & Education*, 194, 104707. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104707>
- 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, 103872. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103872>
- Korkmaz, Ö., 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>
- Kotsopoulos, D., Floyd, L., Khan, S., Namukasa, I., Somanath, S., Weber, J. y Chris, Y. (2017). A Pedagogical Framework for Computational Thinking. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 154-171. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0031-2>
- Li, F., Wang, X., He, X., Cheng, L. y Wang, Y. (2022). The effectiveness of unplugged activities and programming exercises in computational thinking education: A Meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 27, 7993-8013. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10915-x>
- Ling, U. L., Saibin, T. C., Labadin, J. y Aziz, N. A. (2018). Preliminary Investigation: Teachers' Perception on Computational Thinking Concepts. *Journal of Telecommunication, Electronic and*

- Computer Engineering*, 9(2-9), 23-29. <https://jtec.utem.edu.my/jtec/article/view/2672>
- Liu, X., Wang, X., Xu, K. y Hu, X. (2023). Effect of Reverse Engineering Pedagogy on Primary School Students' Computational Thinking Skills in STEM Learning Activities. *Journal of Intelligence*, 11(2), 36. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11020036>
- Lockwood, J. y Mooney, A. (2017). *Computational Thinking in Education: Where does it fit? A systematic literacy review*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.07659>
- Lye, S. Y. y Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- Menon, D., Romero, M. y Viéville, T. (2019). Computational thinking development and assessment through tabletop escape games. *International Journal of Serious Games*, 6(4), 3-18. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v6i4.319>
- Merino-Armero, J. M., González-Calero, J. A. y Cózar-Gutiérrez, R. (2021). Computational thinking in K-12 education. An insight through meta-analysis. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(3), 1-26. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1870250>
- Mishra, P. y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Molina-Ayuso, A., Adamuz, N., López, R. B. y Torralbo, M. (2022). Introduction to Computational Thinking with Scratch for Teacher Training for Spanish Primary School Teachers in Mathematics. *Education Sciences*, 12(12), 899. <https://doi.org/10.3390/educsci12120899>
- Moreno-León, J., Robles, G., Román-González, M. y Rodríguez, J. D. (2019). No es lo mismo: un análisis de red de texto sobre definiciones de pensamiento computacional para estudiar su relación con la programación informática. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa (RIITE)*, (7), 26-35. <https://doi.org/10.6018/riite.397151>
- Moreno-León, J., Robles, G. y Román-González, M. (2015). Dr. Scratch: Análisis Automático de Proyectos Scratch para Evaluar y Fomentar el Pensamiento Computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46(10). <https://doi.org/10.6018/red/46/10>
- Noh, J. y Lee, J. (2019). Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students. *Education Technology Research and Development*, 68(1), 463-484. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09708-w>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., ... y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372, 71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Palts, T. y Pedaste, M. (2020). A Model for Developing Computational Thinking Skills. *Informatics in Education*, 19(1), 113-128. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.06>
- Park, Y.-S. y Park, M. (2018). Exploring Students Competencies to be Creative Problem Solvers With Computational Thinking Practices. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 39(4),

- 388-400. <https://doi.org/10.5467/JKESS.2018.39.4.388>
- Pollak, M. y Ebner, M. (2019). The Missing Link to Computational Thinking. *Future Internet*, 11(12), 263. <https://doi.org/10.3390/fi11120263>
- Popat, S. y Starkey, L. (2018). 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, P., Mason, S. 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(3), 104196. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104196>
- Rich, P. y Langton, M. B. (2016). Computational Thinking: Toward a Unifying Definition. En J. M. Spector, D. Ifenthaler, D. G. Sampson y P. Isaias (Eds.), *Competencies in Teaching, Learning and Educational Leadership in the Digital Age* (pp. 229-242). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30295-9_14
- Román-González, M., Moreno-León, J. y Robles, G. (13-15 de julio de 2017). Complementary Tools for Computational Thinking Assessment. *International Conference on Computational Thinking Education 2017*. Hong-Kong, China. https://www.researchgate.net/publication/318469859_Complementary_Tools_for_Computational_Thinking_Assessment
- Román-González, M., Pérez-González, J. C. y Jiménez-Fernández, C. (18-20 de octubre de 2015). Test de Pensamiento Computacional: diseño y psicometría general. *III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015)*. Madrid, España. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3056.5521>
- Sáez, J. M. y Cózar, R. (2017). Pensamiento computacional y programación visual por bloques en el aula de Primaria. *Educación*, 53(1), 129-146. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.841>
- Sánchez-Meca, J. (2022). Revisiones sistemáticas y meta-análisis en Educación: Un tutorial. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa (RIITE)*, 13, 5-40. <https://doi.org/10.6018/riite.545451>
- Segredo, E., Miranda, G. y León, C. (2017). Hacia la educación del futuro: El pensamiento computacional como mecanismo de aprendizaje generativo. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 18(2), 33-58. <https://doi.org/10.14201/eks2017182335>
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G. y Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18(2), 351-380. <https://doi.org/10.1007/s10063-012-9240-x>
- Serrano, J. L. y Ortuño, G. (2021). Percepciones del profesorado en formación sobre el desarrollo del pensamiento computacional desde el Modelo 5PC. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (78), 212-230. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.78.2173>
- Shen, J., Chen, G., Barth-Cohen, L., Jiang, S. y Eltoukhy, M. (2020). Connecting computational thinking in everyday reasoning and programming for elementary school students. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(2), 205-225. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1834474>
- Shute, V. J., Sun, C. y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22(1), 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>

- 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>
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R. y Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148(1), 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Tran, Y. (2019). Computational Thinking Equity in Elementary Classrooms: What Third-Grade Students Know and Can Do. *Journal of Educational Computing*, 57(1), 3-31. <https://doi.org/10.1177/0735633117743918>
- Tsai, M., Liang, J., Lee, S. y Hsu, C. (2021). Structural Validación for the Development Model of Computational Thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 60(1), 56-73. <https://doi.org/10.1177/07356331211017794>
- Uslu, N. A., Yavuz, G. O. y Usluel, Y. K. (2022). A systematic review study on educational robotics and robots. *Interactive Learning Environments*, 1-25. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2023890>
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P. y Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715-728. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- Voon, X., Wong, S., Wong, L, Khambari, M. y Syed-Abdullah, S. (2023). Developing pre-service teachers' computational thinking through experiential learning: hybridization of plugged and unplugged approaches. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 18(6), 1-27. <https://doi.org/10.58459/rptel.2023.18006>
- Wei, X., Lin, L., Meng, N., Tan, W., Kong, S.-C. y Kinshuk. (2021). The effectiveness of partial pair programming on elementary school students' Computational Thinking skills and self-efficacy. *Computers & Education*, 160, 104023. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104023>
- Weigend, M., Vaníček, J., Pluhár, Z. y Pesek, I. (2019). Computational Thinking Education through Creative Unplugged Activities. *International Olympiads in Informatics Journal (IOI)*, 13, 171-192. <https://doi.org/10.15388/ioi.2019.11>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Xia, L. y Zhong, B. (2018). A systematic review on teaching and learning robotics content knowledge in K-12. *Computers & Education*, 127, 267-282. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.007>
- Yadav, A. y Chakraborty, P. (2023). Introducing schoolchildren to computational thinking using smartphone apps: A way to encourage enrolment in engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 1-19. <https://doi.org/10.1002/cae.22609>
- Yadav, A., Gretter, S., Good, J. y McLean, T. (2017). Computational Thinking in Teacher Education en P. Rich and C.B. Hodges (Eds.), *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking* (pp. 205-220). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1_13
- Yadav, A., Krist, C., Good, J. y Caeli, E. N. (2018). Computational thinking in elementary classrooms: Measuring teacher understanding of computational ideas for teaching science. *Computer Science Education*, 28(4), 371-400. <https://doi.org/10.1080/08993408.2018.1560550>
- Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S. y Korb, J. T. (2014). Computational Thinking in Elementary and Secondary

- Teacher Education. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1145/2576872>
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46(4), 1-47. <https://doi.org/10.6018/red/46/4>
- Zhang, L. y Nouri, J. (2019). A systematic review of learning by computational thinking through Scratch in K-9. *Computers & Education*, 141, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>

ANEXO I. Lista de comprobación Prisma

Se puede consultar como material suplementario a este artículo en su versión electrónica en: joseluisserrano.net/anexo-I-PRISMA-RIED-ES.pdf

ANEXO II. Resultados obtenidos en la evaluación de la calidad de los artículos

Para evaluar la calidad de los estudios, se ha utilizado una adaptación de la lista CASP. Las preguntas, tal y como aparecen numeradas en la tabla, son las siguientes:

1. ¿Está claramente definido el enfoque del tema de investigación?
2. ¿Es adecuada la búsqueda de información por parte de los autores?
3. ¿Han identificado los autores todos los factores de confusión importantes?
4. ¿El seguimiento de los temas fue lo suficientemente completo?
5. ¿Los resultados están vinculados a los objetivos?
6. ¿Los resultados son precisos?
7. ¿Los resultados se pueden aplicar a otro tipo de poblaciones?
8. ¿Los resultados de este estudio son consistentes con otras evidencias disponibles?
9. ¿Las implicaciones de este estudio son válidas para la práctica?

Cada pregunta fue calificada con “Sí = 1”, “No = 0” y “PC = Poco claro”. Los estudios de calidad alta ($\geq 70\%$) y moderada (69-40%) incluidos en esta revisión aparecen resaltados en la tabla 5.

Tabla 5
Resultados obtenidos en la evaluación de calidad de los artículos

Estudio	Investigador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	%	promedio
Ángel-Díaz et al. (2020)	A	1	PC	PC	PC	1	0	0	0	PC	22.2	27.8
	B	1	1	0	PC	1	0	0	PC	PC	33.3	
Basu et al. (2021)	A	1	1	1	1	1	1	PC	0	PC	66.7	66.7
	B	1	1	1	1	1	1	0	0	PC	66.7	
Caballero-González y García-Valcárcel (2020)	A	1	1	0	PC	1	1	0	1	1	66.7	55.6
	B	1	PC	0	0	1	1	0	1	PC	44.4	
Chalmers (2018)	A	1	PC	0	0	0	1	0	1	1	44.4	50.0
	B	1	1	PC	0	0	1	0	1	1	55.6	

Estudio	Investigador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	%	promedio
Chen et al. (2017)	A	1	PC	0	PC	1	1	PC	PC	PC	33.3	33.3
	B	1	0	0	PC	1	1	PC	0	PC	33.3	
Chevalier et al. (2020)	A	1	1	0	0	1	1	0	1	1	66.7	55.6
	B	1	1	0	0	1	PC	0	1	PC	44.4	
Chevalier et al. (2022)	A	1	PC	0	PC	1	1	0	PC	PC	33.3	27.8
	B	1	0	0	0	1	PC	0	0	PC	22.2	
Chiazzese et al. (2018)	A	1	PC	0	0	1	PC	0	PC	0	22.2	27.8
	B	1	1	0	0	1	0	0	0	0	33.3	
Chiazzese et al. (2019)	A	PC	1	0	1	1	1	1	PC	1	66.7	66.7
	B	1	1	0	1	1	1	PC	PC	1	66.7	
Connolly et al. (2021)	A	1	0	0	0	1	PC	0	PC	PC	22.2	22.2
	B	1	PC	0	0	1	PC	0	0	0	22.2	
Del Olmo-Muñoz et al. (2020)	A	1	1	0	PC	1	1	1	1	1	77.8	77.8
	B	1	1	0	0	1	1	1	1	1	77.8	
El-Hamamsy et al. (2021)	A	1	PC	0	0	PC	1	PC	PC	PC	22.2	22.2
	B	1	0	0	0	PC	1	0	0	PC	22.2	
El-Hamamsy et al. (2022)	A	1	1	PC	1	1	1	PC	1	1	77.8	72.3
	B	1	1	1	1	PC	PC	0	1	1	66.7	
Freina et al. (2019)	A	1	1	0	0	1	1	0	0	1	55.6	50.0
	B	1	1	0	0	PC	1	0	0	1	44.4	
Gamito et al. (2022)	A	1	PC	0	PC	1	0	0	1	PC	33.3	33.3
	B	1	PC	0	0	1	0	0	1	PC	33.3	
Gane et al. (2021)	A	1	1	0	0	1	PC	0	PC	PC	33.3	27.8
	B	1	PC	0	0	1	0	0	0	PC	22.2	
Gao y Hew (2022)	A	1	1	PC	PC	1	PC	0	0	PC	33.3	33.3
	B	1	1	PC	0	1	PC	0	0	0	33.3	
Hooshyar et al. (2021)	A	1	1	1	PC	1	1	PC	1	1	77.8	77.8
	B	1	1	PC	PC	1	1	1	1	1	77.8	
Hsu et al. (2022)	A	1	PC	0	PC	1	1	0	PC	PC	33.3	33.3
	B	1	0	0	0	1	1	0	0	PC	33.3	
Huang et al. (2023)	A	1	1	0	0	1	1	0	1	PC	55.6	50.0
	B	1	1	0	0	PC	1	0	1	PC	44.4	
Jaipal-Jamani y Angeli (2017)	A	1	PC	0	PC	1	1	0	1	1	55.6	50.0
	B	1	1	0	PC	PC	1	0	1	PC	44.4	

Estudio	Investigador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	%	pro-medio
Jiang y Li (2021)	A	1	PC	0	PC	1	1	0	1	PC	55.6	61.2
	B	1	1	0	PC	1	1	0	1	1	66.7	
Kastner-Hauler et al. (2022)	A	1	PC	0	PC	1	PC	PC	0	PC	22.2	22.2
	B	PC	1	0	PC	1	0	PC	0	PC	22.2	
Kim y Kim (2016)	A	1	PC	0	0	1	PC	0	0	PC	22.2	22.2
	B	1	PC	0	0	1	0	0	0	PC	22.2	
Kong et al. (2023)	A	1	1	0	PC	1	1	0	1	PC	55.6	55.6
	B	1	1	0	PC	1	1	0	1	PC	55.6	
Kong y Lai (2021)	A	1	PC	0	PC	1	1	PC	PC	PC	33.3	33.3
	B	1	PC	0	0	1	1	0	PC	PC	33.3	
Kong y Lai (2022)	A	1	1	0	1	1	1	0	PC	1	66.7	55.6
	B	1	PC	0	1	1	PC	0	0	1	44.4	
Li et al. (2021)	A	1	1	0	0	1	PC	0	0	PC	33.3	33.3
	B	1	1	0	0	1	PC	0	0	PC	33.3	
Liu et al. (2023)	A	1	PC	1	PC	1	1	0	1	PC	55.6	61.2
	B	1	1	1	0	1	1	0	1	PC	66.7	
Materre et al. (2021)	A	1	PC	0	PC	1	1	0	PC	PC	33.3	38.9
	B	1	0	0	1	1	1	0	0	PC	44.4	
Molina-Ayuso et al. (2022)	A	1	1	1	1	1	1	PC	1	1	88.9	83.4
	B	1	PC	1	1	1	PC	1	1	1	77.8	
Noh y Lee (2020)	A	1	1	0	1	1	1	1	1	1	88.9	88.9
	B	1	1	0	1	1	1	1	1	1	88.9	
Pewkam y Chamrat (2022)	A	1	PC	0	PC	1	PC	0	1	PC	33.3	27.8
	B	1	0	0	0	PC	PC	0	1	PC	22.2	
Rich et al. (2020)	A	1	1	0	1	PC	0	PC	0	PC	33.3	22.2
	B	1	PC	0	PC	0	0	PC	0	PC	11.1	
Rich et al. (2021)	A	1	1	0	PC	1	1	0	1	PC	55.6	50.0
	B	1	PC	0	0	1	1	0	1	PC	44.4	
Rijke et al. (2018)	A	1	0	0	PC	1	PC	PC	1	PC	33.3	27.8
	B	PC	0	0	PC	1	0	0	1	PC	22.2	
Sáez y Cózar (2017)	A	1	1	1	PC	1	PC	PC	1	1	66.7	66.7
	B	1	1	1	PC	1	PC	PC	1	1	66.7	
Sengupta et al. (2013)	A	1	1	0	PC	1	1	0	1	PC	55.6	66.7
	B	1	1	0	1	1	1	PC	1	1	77.8	

Estudio	Investigador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	%	promedio
Seo y Kim (2016)	A	1	PC	0	0	1	1	0	PC	PC	33.3	33.3
	B	1	PC	0	0	1	1	0	0	0	33.3	
Shen et al. (2022)	A	1	PC	PC	PC	1	1	0	1	1	55.6	61.2
	B	1	1	PC	PC	1	1	PC	1	1	66.7	
Silva et al. (2021)	A	1	0	0	0	1	PC	0	0	PC	22.2	22.2
	B	1	PC	0	0	1	PC	0	0	PC	22.2	
Tran (2019)	A	1	1	0	1	1	1	0	1	1	77.8	72.3
	B	1	1	0	1	1	PC	0	1	1	66.7	
Wang et al. (2022)	A	1	PC	0	PC	PC	1	0	0	PC	22.2	22.2
	B	1	0	0	0	0	1	0	0	PC	22.2	
Waterman et al. (2020)	A	1	PC	0	PC	1	0	0	PC	PC	22.2	22.2
	B	1	PC	0	PC	1	0	0	0	PC	22.2	
Wei et al. (2021)	A	1	1	0	PC	1	1	PC	1	1	66.7	61.2
	B	1	PC	0	0	1	1	0	1	1	55.6	
Yadav et al. (2018)	A	1	PC	0	PC	1	PC	0	PC	PC	22.2	27.8
	B	1	1	0	PC	1	0	0	PC	PC	33.3	
Yadav y Chakraborty (2023)	A	1	1	PC	PC	1	1	0	1	1	66.7	66.7
	B	1	PC	1	PC	1	1	0	1	1	66.7	

Fuente: elaboración propia.

ANEXO III. Referencias no incluidas en la revisión

- Ángel-Díaz, C. M., Segredo, E., Arnay, R. y León, C. (2020). Simulador de robótica educativa para la promoción del pensamiento computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63), 8. <https://doi.org/10.6018/RED.410191>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X. y Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109(2), 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Chevalier, M., Giang, C., El-Hamamsy, L., Bonnet, E., Papaspyros, V., Pellet, J.-P., Audrin, C., Romero, M., Baumberger, B. y Mondada, F. (2022). The role of feedback and guidance as intervention methods to foster computational thinking in educational robotics learning activities for primary school. *Computers & Education*, 180(2), 104431. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104431>
- Chiazzese, G., Fulantelli, G., Pipitone, V. y Taibi, D. (2018). Engaging Primary School Children in Computational Thinking: Designing and Developing Videogames. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 19(2), 63-81. <https://bit.ly/3w5b2Yl>

- Connolly, C., Hijón-Neira, R. y Grádaigh, S.Ó. (2021). Mobile learning to support computational thinking in initial teacher education: A case study. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 13(1), 49-62. <https://doi.org/10.4018/IJMBL.2021010104>
- El-Hamamsy, L., Zapata, M., Marcelino, P. y Bruno, B. (2022). Comparing the psychometric properties of two primary school Computational Thinking (CT) assessments for grades 3 and 4: The Beginners' CT test (BCTt) and the competent CT test (cCTt). *Frontiers in Psychology*, 13, 1082659. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1082659>
- Gamito, R., Aristizabal, P., Basasoro-Ziganda, M. y León-Hernández, I. (2022). The development of computational thinking in education: Assessment based on an experience with Scratch. *Innoeduca International Journal of Technology and Educational Innovation*, 8(1), 59-74. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2022.v8i1.12093>
- Gane, B. D., Israel, M., Elagha, N. y Yan, W. (2021). Design and validation of learning trajectory-based assessments for computational thinking in upper elementary grades. *Computer Science Education*, 31(6). <https://doi.org/10.1080/08993408.2021.1874221>
- Gao, X. y Hew, K. F. (2021). Toward a 5E-Based Flipped Classroom Model for Teaching Computational Thinking in Elementary School: Effects on Student Computational Thinking and Problem-Solving Performance. *Journal of Educational Computing Research*, 60(3), 512-543. <https://doi.org/10.1177/073563312111037757>
- Hsu, T. C., Chang, C., Wu, L.-K. y Looi, C.-K. (2022). Effects of a Pair Programming Educational Robot-Based Approach on Students' Interdisciplinary Learning of Computational Thinking and Language Learning. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.888215>
- Kastner-Hauler, O., Tengler, K., Sabitzer, B. y Lavicza, Z. (2022). Combined Effects of Block-Based Programming and Physical Computing on Primary Students' Computational Thinking Skills. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.875382>
- Kim, Y.-M. y Kim, J.-H. (2016). Application of a Software Education Program Developed to Improve Computational Thinking in Elementary School Girls. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(44), 1-9. <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i44/105102>
- Kong, S.-C. y Lai, M. (2022). Validating a computational thinking concepts test for primary education using item response theory: An analysis of students' responses. *Computers & Education*, 187(7), 104562. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104562>
- Li, Y., Xu, S. y Liu, J. (2021). Development and Validation of Computational Thinking Assessment of Chinese Elementary School Students. *Journal of Pacific Rim Psychology*, 15(3), 183449092110102. <https://doi.org/10.1177/18344909211010240>
- Matere, I., Weng, C., Astatke, M., Hsia, C.-H. y Fan, C.-G. (2021). Effect of design-based learning on elementary students computational thinking skills in visual programming maker course. *Interactive Learning Environments*, 31(6), 3633-3646. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1938612>
- Pewkam, W. y Chamrat, S. (2022). Pre-Service Teacher Training Program of STEM-based Activities in Computing Science to Develop Computational Thinking. *Informatics in Education*, 21(2). <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.09>
- 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(4), 3161-3188. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10115-5>
- Rijke, W. J., Bollen, L., Eysink, T. H. S. y Tolboom, J. L. J. (2018). Computational Thinking in Primary School: An Examination of Abstraction and Decomposition in Different Age Groups. *Informatics in Education*, 17(1), 77-92. <https://doi.org/10.15388/infedu.2018.05>
- Seo, Y.-H. y Kim, J.-H. (2016). Analyzing the Effects of Coding Education through Pair Programming for the Computational Thinking and Creativity of Elementary School Students. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(46), 1-5. <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i46/107837>
- Silva, R., Fonseca, B., Costa, C. y Martins, F. (2021). Fostering computational thinking skills: A didactic proposal for elementary school grades. *Education Sciences*, 11(9), 518. <https://doi.org/10.3390/educsci11090518>
- Wang, J., Zhang, Y., Hung, C.-Y. y Wang, Q. (2022). Exploring the characteristics of an optimal design of non-programming plugged learning for developing primary school students' computational thinking in mathematics. *Educational Technology Research and Development*, 70(1), 849-880. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10093-0>
- Waterman, K., Goldsmith, L. y Pasquale, M. (2020). Integrating Computational Thinking into Elementary Science Curriculum: an Examination of Activities that Support Students' Computational Thinking in the Service of Disciplinary Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 53-64. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09801-y>
- Yadav, A., Krist, C., Good, J. y Caeli, E. N. (2018). Computational thinking in elementary classrooms: measuring teacher understanding of computational ideas for teaching science. *Computer Science Education*, 28(4), 371-400. <https://doi.org/10.1080/08993408.2018.1560550>

Fecha de recepción del artículo: 1 de junio de 2023

Fecha de aceptación del artículo: 31 de agosto de 2023

Fecha de aprobación para maquetación: 9 de octubre de 2023

Fecha de publicación en OnlineFirst: 26 de octubre de 2023

Fecha de publicación: 1 de enero de 2024