

Explorando el pensamiento computacional a través del trabajo colaborativo en educación media: un análisis sistemático de literatura

Exploring Computational Thinking Through Collaborative Work in Secondary Education: A Systematic Literature Review

  Elizabeth Rojas-Noguera¹;  Oscar Revelo-Sánchez¹;  Javier Alejandro Jiménez-Toledo²

¹Universidad de Nariño, San Juan de Pasto-Colombia

²Universidad CESMAG, San Juan de Pasto-Colombia

Correspondencia: erojas7541@udenar.edu.co

Recibido: 29 Junio 2025

Aceptado: 27 Enero 2026

Disponible: 18 Marzo 2026

Cómo citar / How to cite

E. Rojas-Noguera, O. Revelo-Sánchez, and J. A. Jiménez-Toledo, "Explorando el pensamiento computacional a través del trabajo colaborativo en educación media: un análisis sistemático de literatura," *Tecnológicas*, vol. 29, no. 65, e3537, 2026.

<https://doi.org/10.22430/22565337.3537>



Resumen

En la educación media el pensamiento computacional se ha consolidado como una competencia esencial para la resolución estructurada de problemas. En este proceso, el trabajo colaborativo ha surgido como una estrategia pedagógica que promueve la construcción conjunta del conocimiento y el desarrollo de habilidades vinculadas al diseño de soluciones digitales. Esta revisión sistemática de literatura tuvo como objetivo analizar el uso del trabajo colaborativo como estrategia para el desarrollo del pensamiento computacional en la educación media. Este estudio se enfocó en identificar las prácticas pedagógicas más efectivas, los enfoques metodológicos aplicados, las herramientas digitales empleadas y los instrumentos de evaluación utilizados en estudios recientes. Para ello, se aplicó el protocolo de Kitchenham y Charters, realizando búsquedas entre los años 2020 y 2025 en bases de datos académicas reconocidas. Tras un riguroso proceso de selección y evaluación de calidad, se analizaron 66 estudios empíricos. Los resultados evidenciaron que el trabajo colaborativo favoreció el desarrollo de habilidades como la descomposición, el diseño de algoritmos y la depuración, especialmente cuando se combinó con metodologías como el aprendizaje basado en proyectos y el uso de plataformas digitales como Scratch y Microsoft Teams. También se observó una tendencia al uso de instrumentos de evaluación mixtos que integraron rúbricas cualitativas, pruebas estandarizadas y análisis de interacciones. A pesar de los beneficios identificados, persistieron desafíos relacionados con la equidad en la participación, la asignación de roles y la infraestructura tecnológica. Se concluye que el trabajo colaborativo constituye una estrategia integral que articula dimensiones pedagógicas, tecnológicas y evaluativas, con potencial para enriquecer la enseñanza del pensamiento computacional en contextos escolares diversos. Asimismo, se evidencia la necesidad de investigaciones futuras con diseños longitudinales y enfoques más inclusivos.

Palabras clave

Aprendizaje colaborativo, competencias digitales, educación en computación, pensamiento algorítmico, resolución de problemas.

Abstract

In secondary education, computational thinking has become an essential competency for the structured resolution of problems. Within this process, collaborative work has emerged as a pedagogical strategy that promotes joint knowledge construction and the development of skills related to the design of digital solutions. This systematic literature review aimed to analyze the use of collaborative work as a strategy for developing computational thinking in secondary education. The study focused on identifying the most effective pedagogical practices, the methodological approaches applied, the digital tools used, and the assessment instruments used in recent research. To this end, the Kitchenham and Charters protocol was followed, conducting searches between 2020 and 2025 in recognized academic databases. After a rigorous selection and quality evaluation process, 66 empirical studies were analyzed. The results showed that collaborative work supported the development of skills such as decomposition, algorithm design, and debugging, particularly when combined with active methodologies like project-based learning and the use of digital platforms such as Scratch and Microsoft Teams. A trend toward the use of mixed assessment instruments that integrated qualitative rubrics, standardized tests, and interaction analysis was also observed. Despite the identified benefits, challenges persisted in terms of equity in participation, role assignment, and technological infrastructure. It is concluded that collaborative work constitutes an integrated strategy that brings together pedagogical, technological, and evaluative dimensions, with the potential to enrich the teaching of computational thinking in diverse school contexts. Furthermore, the need for future research that employs longitudinal designs and more inclusive approaches is evident.

Keywords

Collaborative learning, digital skills, computational education, algorithmic thinking, problem solving.

1. INTRODUCCIÓN

El pensamiento computacional (PC) es un conjunto de habilidades que permiten resolver problemas de manera lógica y eficiente mediante procesos como la descomposición, la abstracción, el reconocimiento de patrones y el diseño de algoritmos [1]. Fue propuesto por Jeannette Wing en 2006, es un concepto que trasciende la programación y que busca preparar a los estudiantes para enfrentar situaciones complejas en diversos campos del conocimiento [1]. El PC facilita la identificación de los elementos esenciales de un problema y la organización de soluciones a través de pasos secuenciales claros, convirtiéndose en una competencia fundamental en la educación media [2].

El PC surge en el ámbito de la informática y las ciencias de la computación, pero su aplicación trasciende la programación. Su desarrollo responde a la necesidad de utilizar principios computacionales para resolver problemas en diversos contextos disciplinares [2]. Aunque el término fue popularizado por Wing, conceptos similares ya eran promovidos en la década de 1980 por Seymour Papert, quien enfatizaba el aprendizaje basado en la computación y el uso de herramientas como LOGO [3].

El PC se compone de una serie de habilidades clave, relacionadas con conceptos computacionales, que permiten analizar, modelar y resolver problemas de forma estructurada y sistemática [1].

Según la literatura actual, hay cinco habilidades que se consideran fundamentales. Una de ellas es la descomposición, que consiste en dividir un problema complejo en partes más pequeñas para hacerlo más comprensible y manejable. El reconocimiento de patrones permite encontrar similitudes en los datos y garantiza mayor eficiencia en la resolución de problemas. La abstracción, por su parte, ayuda a centrarse en lo esencial, dejando de lado la información irrelevante para construir modelos más simples y útiles. El diseño de algoritmos es la habilidad que hace posible crear secuencias de pasos lógicos que guían la solución de un problema de manera clara y reproducible. Y finalmente, la depuración permite encontrar y corregir errores en esas soluciones, mejorando su funcionamiento y asegurando que den los resultados esperados [4].

La evaluación del PC plantea un desafío en el ámbito educativo, dado que implica la medición de habilidades cognitivas vinculadas a la resolución de problemas, el razonamiento

lógico y la abstracción [5]. Para ello, se han desarrollado enfoques que incluyen pruebas estandarizadas, análisis de proyectos, rúbricas cualitativas y observaciones en el aula.

Entre los métodos más utilizados, destaca el Computational Thinking Test (CTt), diseñado para evaluar habilidades de PC mediante preguntas estructuradas [6] y, el Bebras Challenge que presenta un conjunto de problemas que requiere la aplicación de estrategias computacionales sin necesidad de programación y permiten una evaluación integral del PC [7]. Además de las pruebas, se emplean estrategias cualitativas que incluyen el análisis de proyectos, rúbricas y observación en el aula [5], [8]. Herramientas como Dr. Scratch automatizan la evaluación del código de los estudiantes, mientras que las rúbricas permiten analizar habilidades más amplias, incluyendo procesos de razonamiento, estrategias y colaboración [9].

Por su parte, el trabajo colaborativo es un enfoque pedagógico en el que un grupo de personas trabaja de manera conjunta, interdependiente y con un objetivo común, compartiendo responsabilidades, conocimientos y habilidades [10].

El trabajo colaborativo tiene sus raíces en diversas disciplinas, incluyendo la pedagogía, la psicología social y la gestión organizacional [11]. Su origen se encuentra en teorías del aprendizaje y enfoques que resaltan la importancia de la interacción social en la construcción del conocimiento. Uno de los referentes clave es Lev Vygotsky, quien en su teoría del desarrollo sociocultural destacó el papel fundamental del aprendizaje mediado por la interacción con otros [12]. Desde esta perspectiva, el conocimiento no se construye de manera aislada, sino en un proceso compartido en el que los individuos aprenden unos de otros mediante el diálogo, la cooperación y la resolución conjunta de problemas [12].

En educación, la colaboración no solo refuerza habilidades cognitivas, sino también competencias socioemocionales [13]. El trabajo colaborativo implica una construcción conjunta del conocimiento, mediante la participación recíproca y activa de los miembros del grupo. Esta estrategia requiere planificación didáctica, estructuración de roles, gestión de la dinámica grupal y evaluación del proceso colaborativo [13].

Para integrar el PC y el trabajo colaborativo de manera efectiva, se emplean diversos enfoques pedagógicos entre ellos se encuentran el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que se enfoca en la resolución colaborativa de desafíos y permite que los estudiantes participen en actividades de diseño, resolución de problemas, toma de decisiones e investigación desarrollando productos finales [14].

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABPr) es otro enfoque ampliamente utilizado, caracterizado por situar a los estudiantes ante un problema complejo que deben analizar y resolver mediante un proceso de indagación y construcción de conocimientos. En este enfoque los estudiantes trabajan en grupos colaborativos, identifican lo que necesitan aprender, aplican sus conocimientos y reflexionan sobre el proceso. El docente facilita el aprendizaje en lugar de impartir conocimiento directamente. Sus objetivos incluyen desarrollar conocimiento flexible, habilidades de resolución de problemas, aprendizaje autodirigido, colaboración efectiva y motivación intrínseca [15].

Por su parte, el Aprendizaje Basado en Juegos (ABJ) incorpora dinámicas lúdicas, incentivos y retroalimentación para fomentar la motivación y el compromiso [16].

A pesar del creciente interés por integrar el PC y el trabajo colaborativo en la educación media, la literatura presenta tres limitaciones principales: (1) existe una dispersión en las prácticas pedagógicas documentadas, lo que dificulta identificar cuáles estrategias colaborativas resultan más efectivas [17]; (2) los estudios utilizan enfoques, herramientas e instrumentos de evaluación heterogéneos, lo que complica la comparación de resultados [18]; y (3) persisten vacíos respecto a cómo las dinámicas colaborativas influyen específicamente en el desarrollo de habilidades del PC [19]. Estas brechas justifican la necesidad de una revisión sistemática que sintetice la evidencia reciente y permita comprender de manera integral la relación entre ambas dimensiones.

Esta revisión sistemática tuvo como objetivo analizar críticamente los estudios recientes sobre el trabajo colaborativo aplicado al desarrollo del pensamiento computacional en educación media. Se buscó identificar las prácticas más efectivas y las brechas existentes,

además de proponer líneas de investigación futuras enfocadas en estudios longitudinales y en la evaluación integral de habilidades tanto técnicas como blandas.

Este artículo es una extensión del trabajo presentado originalmente en el 3º Congreso Safaris Tech Internacional 2025, y se estructura con las siguientes secciones: La Sección 1 presenta la introducción teórica y contextual al tema; la Sección 2 describe la metodología utilizada; la Sección 3 expone los resultados y discusión organizados por pregunta de investigación; la Sección 4 ofrece las conclusiones. Finalmente, se incluyen las referencias bibliográficas.

2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta revisión sistemática de la literatura, se adoptó el enfoque de investigación propuesto por Kitchenham y Charters, ampliamente utilizado en el campo de la administración y la ingeniería de software [20]. Este enfoque permite generar conocimiento a partir de la síntesis de estudios primarios publicados. Las etapas del método utilizado en esta revisión se presentan a continuación y se resumen de forma esquemática en la Figura 1.

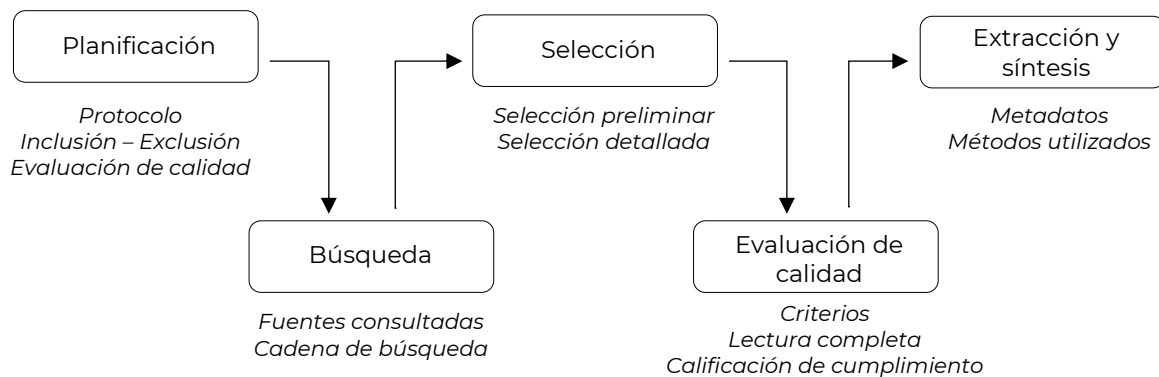


Figura 1. Esquema de las fases sintetizadas del protocolo de revisión sistemática aplicado en este estudio. Fuente: elaboración propia con base en Kitchenham y Charters [20].

2.1 Planificación

El PC es una habilidad fundamental en la educación actual, ya que facilita la resolución de problemas complejos mediante la abstracción, la descomposición y el diseño de algoritmos [21]. Sin embargo, a pesar de los avances en la enseñanza del PC, persisten desafíos en la integración de enfoques colaborativos y en la evaluación efectiva del desarrollo del PC en contextos educativos [22]. Esta revisión de literatura surge de la necesidad de identificar las mejores prácticas pedagógicas y evaluar el impacto del trabajo colaborativo en el desarrollo del PC, con el objetivo de proponer estrategias efectivas para su implementación en la educación media.

La planificación de esta revisión sistemática se fundamentó en la elaboración de un protocolo detallado, el cual definió claramente el alcance del estudio y las acciones necesarias para cumplir con los objetivos propuestos. Este protocolo incluyó la formulación precisa de las preguntas de investigación, las estrategias de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión de estudios, los métodos para evaluar la calidad de las investigaciones seleccionadas y los procedimientos para la extracción y síntesis de los datos.

Las preguntas de investigación que se busca responder son las siguientes:

RQ1. ¿Qué evidencia existe sobre el uso del trabajo colaborativo en el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes de educación media?

RQ2. ¿Qué enfoques pedagógicos y estrategias didácticas se han utilizado para implementar el trabajo colaborativo en el desarrollo del pensamiento computacional en educación media?

RQ3. ¿Qué herramientas y plataformas digitales han sido utilizadas para promover el trabajo colaborativo en educación media?

RQ4. ¿Cuáles son los principales instrumentos de evaluación utilizados para medir el impacto del trabajo colaborativo en el desarrollo del pensamiento computacional?

Por otra parte, los demás aspectos metodológicos se desarrollan en las subsecciones siguientes. Además, esta revisión se llevó a cabo siguiendo un protocolo previamente establecido, lo que permitió definir de antemano tanto las estrategias de búsqueda como los criterios de selección de estudios. Este enfoque metodológico aseguró un proceso estructurado y coherente desde el inicio.

2.2 Búsqueda

Para realizar esta revisión sistemática de la literatura, se diseñó un proceso de búsqueda amplio y objetivo [20]. En primer lugar, se seleccionaron cuidadosamente las fuentes de información, que incluyeron SCOPUS, IEEE Xplore, ACM Digital Library y Springer, debido a su relevancia y cobertura en el campo académico [23], [24]. Posteriormente, se elaboró una cadena de búsqueda específica, compuesta por términos clave y operadores booleanos, con el propósito de localizar estudios pertinentes de manera eficaz.

Esta cadena se probó inicialmente en SCOPUS y fue ajustada de forma iterativa, incorporando sinónimos, diferentes formas de los términos y nuevas palabras clave identificadas durante el proceso. El resultado final fue una cadena que combinaba términos como ('collaborative work' OR 'collaborative learning' OR 'classroom collaboration' OR 'group learning') AND ('computational thinking' OR 'computational skills' OR 'computational competencies') AND ('middle school' OR 'secondary school' OR 'high school') AND (strategies OR 'teaching strategies' OR 'teaching methods').

La aplicación de esta cadena en las bases seleccionadas permitió identificar 154 estudios relevantes publicados entre 2020 y 2025, escritos en inglés, de enfoque empírico y relacionados con las ciencias de la computación, la educación y la ingeniería. Tras el proceso de depuración inicial, se eliminaron 22 registros duplicados, obteniéndose 132 estudios únicos, los cuales constituyeron el conjunto inicial para la fase de selección. Estos fueron organizados y gestionados utilizando el software MENDELEY DESKTOP.

2.3 Selección

Los 132 registros bibliográficos identificados como potencialmente relevantes pasaron por un proceso de selección en dos etapas. La primera etapa consistió en una revisión preliminar basada en los títulos y resúmenes de los documentos, con el propósito de seleccionar aquellos que mencionaran explícitamente el impacto del trabajo colaborativo en el desarrollo del PC. Como resultado de este filtro inicial, se seleccionaron 92 registros. La segunda etapa implicó una revisión más detallada, enfocada en la lectura preliminar del texto completo de los documentos referenciados en los 92 registros previamente seleccionados. Esta revisión rápida del contenido completo buscaba identificar menciones directas a los elementos de interés para la revisión sistemática. Como resultado de esta etapa, se seleccionaron 69 documentos de los 92 registros iniciales.

2.4 Evaluación de la calidad

Para garantizar la calidad y pertinencia de los documentos seleccionados para esta revisión sistemática, se aplicó un proceso de evaluación basado en cinco criterios: (1) relevancia del contenido, (2) claridad en los objetivos del estudio, (3) solidez en el análisis de datos, (4) descripción del contexto de la investigación y (5) precisión y rigor metodológico.

Cada criterio se evaluó mediante una escala dicotómica (1 = cumple, 0 = no cumple), siguiendo recomendaciones de instrumentos recientes para la evaluación de revisiones sistemáticas en ingeniería y educación. Un estudio era considerado de “calidad” si cumplía al menos 4 de los 5 criterios definidos.

La evaluación se registró en una matriz de calidad, donde se documentó el puntaje obtenido por cada estudio y las observaciones correspondientes. Este proceso se aplicó después de la lectura completa de los 69 estudios preseleccionados. Como resultado, tres estudios no alcanzaron el umbral mínimo de calidad, por lo que fueron excluidos de la síntesis final. Se incluyeron 66 estudios en el análisis de esta revisión.

La integración de los resultados se realizó mediante un análisis temático basado en las preguntas de investigación. Para ello, los estudios fueron organizados según sus características metodológicas, enfoques pedagógicos, herramientas digitales e instrumentos de evaluación. Este procedimiento permitió identificar patrones, tendencias y brechas en la literatura reciente.

La Tabla 1 presenta un resumen cuantitativo del proceso de búsqueda, selección y evaluación de calidad. La Tabla 2 incluye el listado completo de los 66 estudios clasificados por año de publicación.

Tabla 1. Resumen cuantitativo del proceso de búsqueda, selección y evaluación de calidad de los estudios, según el número de registros indexados y documentos sin duplicados en cada fase.

Fuente: elaboración propia.

Fase	Indexado en varias fuentes	Indexado en una sola fuente	Sin duplicados
Búsqueda	12	120	132
Selección preliminar	7	85	92
Selección detallada	4	65	69
Evaluación de calidad	2	64	66

Tabla 2. Distribución anual de los estudios incluidos en la revisión sistemática, indicando el número de artículos seleccionados por año y los rangos de referencias correspondientes a cada periodo.

Fuente: elaboración propia.

Año	Número de artículos	Referencia
2020	9	[25] - [33]
2021	16	[34] - [49]
2022	11	[50] - [60]
2023	9	[61] - [69]
2024	19	[70] - [88]
2025	2	[89], [90]

2.5 Extracción y síntesis de resultados

En esta última etapa del proceso metodológico consistió en la sistematización de la información que permitió dar respuestas a las preguntas de investigación y a la integración de los resultados obtenidos. Para este fin, se recopiló información bibliográfica y descriptiva de cada artículo incluyendo el título, el año de publicación, la fuente de indexación, el tipo de documento,

el nombre de los autores y el país de afiliación institucional de los autores. Además, como parte del análisis de contenido, se recopilaron datos sobre los modelos y enfoques pedagógicos utilizados, las estrategias didácticas aplicadas para el desarrollo del PC, las metodologías de investigación empleadas, las herramientas y plataformas digitales mencionadas, el impacto del trabajo colaborativo, así como las métricas o instrumentos de evaluación y las habilidades de PC abordadas en los estudios.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión de los 66 estudios seleccionados se presentan a continuación, organizados según las preguntas de investigación planteadas en la introducción.

RQ1. ¿Qué evidencia existe sobre el uso del trabajo colaborativo en el desarrollo del PC en estudiantes de educación media?

Los estudios revisados mostraron que el trabajo colaborativo tuvo un impacto positivo en el desarrollo del pensamiento computacional (PC) de los estudiantes. Se observó que el trabajo en equipo promovió una participación más equitativa, facilitó el intercambio de responsabilidades y favoreció la resolución de problemas y la creación de soluciones innovadoras [62], [75]. Además, aumentó la confianza de los estudiantes en sus habilidades de programación y resolución de problemas complejos [35], [75]. Aquellos grupos con roles claramente definidos y estructuras organizativas lograron mejores resultados, especialmente al utilizar plataformas tecnológicas colaborativas [53], [62]. También se identificó que la mentoría entre pares mejoró la comprensión conceptual y el apoyo emocional [52], [53]. Sin embargo, se reportaron desafíos como la distribución desigual de tareas, conflictos en la toma de decisiones y dificultades técnicas en entornos virtuales [36], [75].

Desde una perspectiva crítica, estos hallazgos coinciden con estudios previos que destacan el valor del aprendizaje colaborativo para promover habilidades de pensamiento de orden superior, como la planificación algorítmica y la depuración [91]. La participación y la toma de decisiones compartida parecen ser factores claves que contribuyen no sólo al logro académico, sino también al desarrollo de competencias interpersonales [92].

No obstante, una debilidad común en los estudios revisados es que muchos no detallan con precisión los mecanismos mediante los cuales se asignaron los roles ni cómo se gestionó la equidad en la participación. Esto representa una limitación metodológica que podría afectar la validez interna de los resultados. Además, en entornos virtuales, las limitaciones tecnológicas (como conectividad y ausencia de interacción física) se convierten en barreras que podrían reducir el impacto positivo del trabajo colaborativo [36], [68].

Pese a estas limitaciones, la consistencia de los hallazgos en contextos diversos sugiere que el trabajo colaborativo puede constituir una estrategia sólida para promover el pensamiento computacional en educación media. El uso de tecnologías que permiten visibilizar el proceso (como Scratch o entornos de codificación en línea) refuerza esta conclusión, mostrando un impacto positivo tanto en el aprendizaje técnico como en las habilidades de colaboración [38], [52], [68].

En términos de impacto, estos resultados pueden orientar a docentes y diseñadores curriculares a integrar modelos colaborativos no solo como técnica complementaria, sino como eje articulador de experiencias de aprendizaje activas, equitativas y significativas en programación y PC.

RQ2. ¿Qué enfoques pedagógicos y estrategias didácticas se han utilizado para implementar el trabajo colaborativo en el desarrollo del PC en educación media?

En los estudios revisados, se identificaron varios enfoques pedagógicos utilizados para el desarrollo del PC mediante el trabajo colaborativo. La Figura 2 resume los enfoques

identificados y su frecuencia en los estudios revisados, se observa el predominio del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y del Aprendizaje Colaborativo.

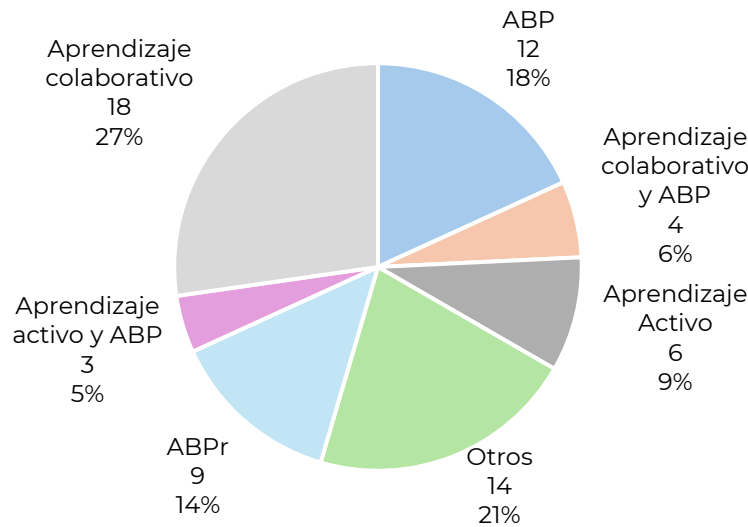


Figura 2. Distribución de enfoques pedagógicos utilizados en los estudios analizados. Fuente: elaboración propia.

El aprendizaje colaborativo destacó por fomentar la interacción entre estudiantes en parejas, grupos pequeños y entornos digitales [46], [60]. El aprendizaje basado en proyectos (ABP) se centró en la resolución de problemas, combinándolo con frecuencia con el aprendizaje colaborativo [30], [67]. Enfoques como el aprendizaje activo [39], el aprendizaje basado en problemas (ABPr) [47], [49] y otras estrategias como las basadas en juegos [73] o las basadas en el diseño [64] también fueron mencionados.

Para poner en práctica estos enfoques pedagógicos, los estudios revisados emplearon diversas estrategias didácticas, que se agruparon en cinco categorías principales y entre las más destacadas se encuentran las relacionadas con la colaboración y el trabajo en equipo. La Tabla 3 presenta los resultados.

Tabla 3. Síntesis de las estrategias didácticas identificadas en los estudios incluidos, organizadas según los enfoques pedagógicos reportados en la literatura revisada. Fuente: elaboración propia.

Categoría	Estrategias didácticas
Colaboración y trabajo en equipo	Programación en parejas, roles definidos, colaboración en línea.
Programación y herramientas digitales	Scratch, Python y Arduino.
Resolución de problemas	Desafíos progresivos y algoritmos aplicados.
Evaluación y metacognición	Diarios de aprendizaje, mapas conceptuales y estrategias de autoevaluación.
Otras estrategias	Gamificación, actividades desenchufadas, elementos lúdicos, impresión 3D, e-textiles y espacios makers.

En casi todos los estudios, estas estrategias no se aplicaron de forma aislada, sino combinadas para potenciar el aprendizaje. La Figura 3 muestra una alta frecuencia de combinaciones de programación y herramientas digitales - resolución de problemas y PC - colaboración y trabajo en equipo (18 estudios) [25], [52], así como la combinación de colaboración y trabajo en equipo - programación y herramientas digitales - resolución de problemas y PC - otras estrategias complementarias (16 estudios) [36], [49]. En particular, se identificó un uso recurrente de la programación colaborativa junto con desafíos progresivos y

evaluación formativa [64], [65]. Se observa en la Figura 3 que la mayoría de los estudios emplean tres estrategias simultáneamente, indicando una tendencia hacia diseños didácticos híbridos y multidimensionales que integran varias metodologías activas.

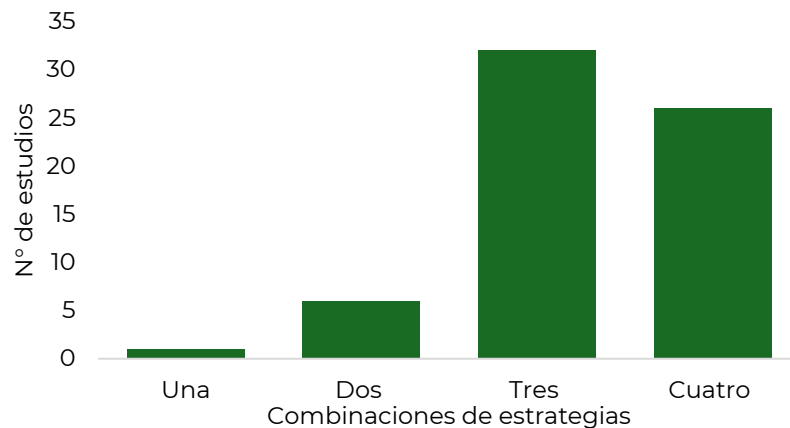


Figura 3. Frecuencia de las combinaciones de estrategias didácticas empleadas en los enfoques pedagógicos. Fuente: elaboración propia.

Estos resultados muestran una clara tendencia hacia la adopción de modelos pedagógicos activos y centrados en el estudiante, lo cual concuerda con enfoques constructivistas ampliamente documentados en la literatura educativa. El predominio del ABP y del aprendizaje colaborativo coincide con estudios como los de [93] y [94], quienes destacan que estas metodologías promueven la autonomía, el pensamiento crítico y la responsabilidad compartida, todos ellos elementos fundamentales para el desarrollo del pensamiento computacional.

Una ventaja notable de los enfoques combinados es su capacidad para integrar múltiples dimensiones del aprendizaje: técnica, cognitiva y social. Por ejemplo, la combinación de programación colaborativa con retroalimentación formativa no solo fortalece habilidades computacionales, sino también competencias metacognitivas [64]. Además, las actividades que incorporan elementos lúdicos o diseño físico (como e-textiles o impresión 3D) contribuyen a la motivación y al aprendizaje significativo, especialmente en estudiantes de educación media [52].

No obstante, una debilidad observada es la falta de una sistematización clara en la aplicación de estas estrategias. En muchos casos, los estudios no explican con detalle los criterios de combinación ni los mecanismos de seguimiento y evaluación pedagógica. Esta heterogeneidad dificulta la comparación directa entre estudios y limita la posibilidad de replicación.

El impacto potencial de estos hallazgos es significativo: evidencian que el uso combinado y planificado de enfoques activos puede generar experiencias de aprendizaje más integrales y eficaces para el desarrollo del pensamiento computacional. Además, al ofrecer múltiples vías para el aprendizaje (proyectos, juegos, desafíos, codificación física y digital), se atiende a la diversidad de estilos cognitivos presentes en el aula.

RQ3. ¿Qué herramientas y plataformas digitales han sido utilizadas para promover el trabajo colaborativo en educación media?

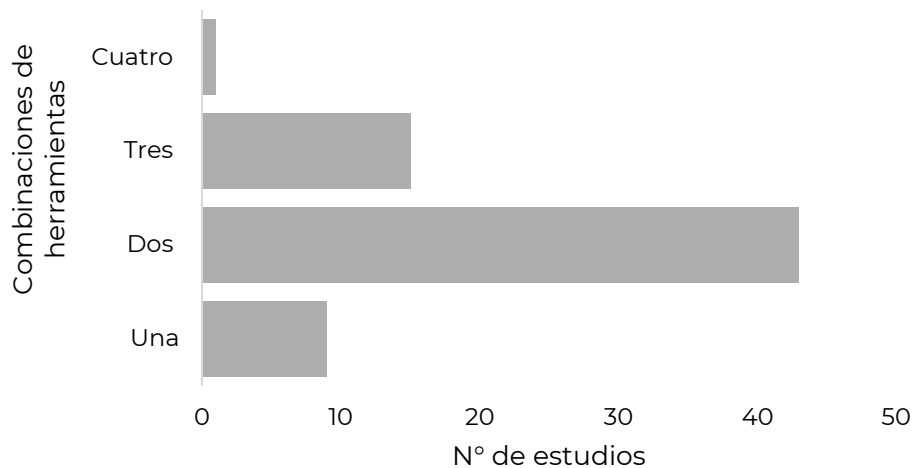
En los estudios revisados, se emplearon diversas herramientas y plataformas digitales para apoyar el desarrollo del PC. La Tabla 4 muestra las categorías que reflejan las herramientas utilizadas en los estudios.

Tabla 4. Herramientas y plataformas digitales reportadas en los estudios incluidos en la revisión, organizadas según su función pedagógica. Fuente: elaboración propia.

Categoría	Herramientas
Programación visual	Scratch, Blockly, MakeCode, mBlock, Codey-Rocky, App Inventor.
Colaboración en tiempo real	Google Docs, Slack, Zoom, Edmodo, Gather Town, MS Teams, Google Drive, Google Hangouts, Microsoft OneNote.
Programación física	Arduino, Micro:bit, Makey Makey, LEGO Mindstorms, VexGo, Raspberry Pi, Sense Hat, GoPiGo3.
Entornos gamificados	Kahoot, E-game, Minecraft Education, CodeCombat, Tynker, E-game.
Otras herramientas	Python, C++, en papel, diseño y simulación.

La categoría más frecuente fue la de programación visual que permitió la creación de proyectos colaborativos y facilitaron el aprendizaje de conceptos de programación de manera interactiva y visual [33]. Las plataformas de colaboración en tiempo real también jugaron un papel importante ya que facilitaron la interacción y el trabajo en equipo entre los estudiantes [35], [42]. En cuanto a la programación física, esta permitió la integración de la programación con el diseño y construcción de proyectos físicos, como robots y circuitos electrónicos [33]. Además, se emplearon herramientas de entornos gamificados, que enriquecieron el aprendizaje a través de juegos educativos [41], [85]. Finalmente, en la categoría de otras herramientas, se emplearon en proyectos más avanzados de programación y modelado computacional [49], [65].

Además de las herramientas individuales, se observó que en la gran mayoría de los estudios se combinaban diferentes herramientas y plataformas en un solo proyecto. Las combinaciones más frecuentes (combinación de dos herramientas) fueron las plataformas de colaboración con programación visual (12 estudios) [37], [39] y las plataformas de colaboración con otras herramientas (15 estudios) [46], [49]. También se observaron combinaciones menos frecuentes (combinación de cuatro herramientas), como la integración de programación física con programación visual, entornos gamificados y otras herramientas (1 estudio) [29]. La Figura 4 muestra que la frecuencia de uso varió según el tipo de combinación de herramientas. Se observa el uso extendido de combinaciones de 2 herramientas donde se destacan las de programación visual y plataformas de colaboración sincrónica. Esta tendencia refleja la preferencia por herramientas accesibles, con bajo umbral de entrada y adecuadas para actividades colaborativas.

**Figura 1.** Frecuencia de las herramientas y plataformas digitales empleadas en los estudios revisados. Fuente: elaboración propia.

Estos hallazgos confirman que la integración de tecnologías digitales desempeña un papel fundamental en la enseñanza del pensamiento computacional cuando se busca fomentar el trabajo en equipo. Las plataformas de programación visual no solo simplifican la introducción a conceptos computacionales complejos, sino que también promueven la co-creación de soluciones, especialmente cuando se combinan con herramientas colaborativas. Esta coincidencia es evidente en investigaciones como las de [46] y [35], quienes señalan que entornos como Scratch permiten tanto la experimentación individual como la colaboración estructurada, a través de la modificación y adaptación de proyectos existentes y del intercambio de retroalimentación entre los participantes.

Una fortaleza clave de estas herramientas es su capacidad para adaptarse a diferentes niveles de experiencia y modalidades de trabajo (presencial, virtual o híbrido). Su uso combinado facilita entornos de aprendizaje más flexibles, personalizados y participativos. Además, al integrar herramientas físicas, visuales y colaborativas, se estimula simultáneamente la lógica computacional, la creatividad y la comunicación entre pares [95].

Sin embargo, también se identifican limitaciones importantes. Por un lado, el acceso desigual a dispositivos y conectividad puede afectar la equidad en los procesos colaborativos, especialmente en contextos educativos vulnerables. Por otro lado, algunas plataformas requieren conocimientos técnicos previos por parte del docente o de los estudiantes, lo cual puede dificultar su implementación efectiva. Además, no todos los estudios detallan cómo se integraron estas herramientas en las prácticas pedagógicas ni si existió capacitación previa.

Pese a estas dificultades, el uso sinérgico de herramientas digitales tiene un impacto potencial significativo: no solo facilita el desarrollo del PC, sino que fortalece competencias clave del siglo XXI, como la colaboración remota, la autonomía tecnológica y la resolución conjunta de problemas. Estos resultados reafirman la importancia de considerar tanto la selección tecnológica como el diseño pedagógico para maximizar el aprendizaje colaborativo en contextos digitales.

RQ4. ¿Cuáles son los principales instrumentos de evaluación utilizados para medir el impacto del trabajo colaborativo en el desarrollo del PC?

Los estudios revisados utilizaron diversos instrumentos de evaluación para medir el desarrollo del PC en los estudiantes. La Tabla 5 muestra los instrumentos identificados en los estudios.

Tabla 5. Instrumentos de evaluación del pensamiento computacional identificados en los estudios incluidos en la revisión, organizados según su enfoque evaluativo. Fuente: elaboración propia.

Categoría	Instrumento de evaluación
Pruebas estandarizadas	Computational Thinking Test (CTT), Bebras, PCTS (Progression of Computational Thinking Skills), Computer Science learning assessment test, cCTt (creative Computational Thinking test), CTS (Computational Thinking Scale).
Rúbricas cualitativas	Evaluación cualitativa, rúbricas de desempeño, análisis de diarios de campo, observaciones estructuradas.
Análisis de interacciones y emociones	Análisis de redes sociales, interacciones en vídeo, codificación de vídeos, expresiones faciales, análisis de emociones.
Otros métodos	Encuestas de percepción, pruebas de desempeño, análisis de productos estudiantiles, grupos focales.

Los instrumentos más comunes fueron las rúbricas cualitativas que permitieron medir tanto habilidades técnicas como cualidades de creatividad y colaboración [34], [40]. En segundo lugar, están las pruebas estandarizadas (CTT y Bebras) [76], [80]. Además, se utilizó el análisis de interacciones y emociones, que incluyó el análisis de redes sociales y entrevistas, para estudiar cómo las interacciones y las emociones influyen en el rendimiento y la colaboración de los estudiantes [88], [89]. Otros métodos, como encuestas de percepción y

pruebas de desempeño, fueron utilizados para obtener una visión más integral del impacto de las intervenciones [53], [81].

Se observó que los estudios combinaron diferentes instrumentos en un solo proyecto. Las combinaciones más frecuentes fueron las rúbricas cualitativas - otros métodos (35 estudios) [57], [64] y las que combinaron instrumentos de otros métodos - pruebas estandarizadas - rúbricas cualitativas (13 estudios) [45], [62]. También se observaron combinaciones menos frecuentes, como la integración de análisis de interacciones y emociones - otros métodos - pruebas estandarizadas - rúbricas cualitativas (1 estudio) [48]. La Figura 5 muestra las combinaciones de instrumentos utilizados en los estudios revisados, junto con la frecuencia con la que se emplearon estas combinaciones. Se evidencia la coexistencia de combinaciones de 3 instrumentos como las que incluyen rúbricas analíticas, pruebas estandarizadas y análisis de artefactos digitales, esto confirma la necesidad de combinar medidas cualitativas y cuantitativas para caracterizar de manera integral el desarrollo del PC.

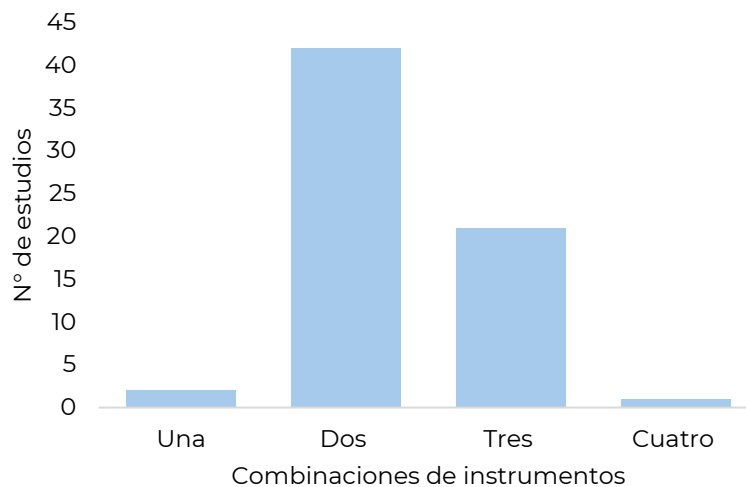


Figura 5. Frecuencia del uso de instrumentos para evaluar el PC. Fuente: elaboración propia.

Los estudios revisados también mostraron que la elección de los instrumentos de evaluación dependió de dos aspectos clave: el enfoque metodológico del estudio y las habilidades específicas del PC evaluadas. En cuanto a las habilidades evaluadas, se observó que la mayoría de los estudios analizaron múltiples habilidades del PC en conjunto, en lugar de centrarse en una sola. La Figura 6 muestra esta distribución. En general, las habilidades más evaluadas son la descomposición y el diseño de algoritmos. Esto evidencia un foco predominante en componentes estructurales del razonamiento computacional.

Los estudios que evaluaron dos habilidades (13 estudios) se enfocaron principalmente en descomposición y reconocimiento de patrones (11 estudios), lo que resalta la importancia de desglosar problemas complejos en componentes más simples y la identificación de patrones recurrentes [63], [81]. Los estudios que evaluaron tres habilidades (38 estudios) con mayor frecuencia fueron descomposición, diseño de algoritmos y depuración (17 estudios), lo que refleja una relación entre la segmentación de problemas, la planificación de soluciones algorítmicas y la identificación de errores en las soluciones [30], [78].

Además, algunos estudios (12 estudios) evaluaron las cuatro habilidades principales del PC, destacando la importancia de un enfoque integral que combinara la abstracción, la descomposición, el diseño de algoritmos y la depuración (6 estudios) [33], [50]. También se observaron estudios que evaluaron todas las habilidades de PC (3 estudios), estos estudios indicaron un enfoque completo del PC, que combina el análisis de problemas, la creación de soluciones algorítmicas y la depuración de errores [31], [40], [66].

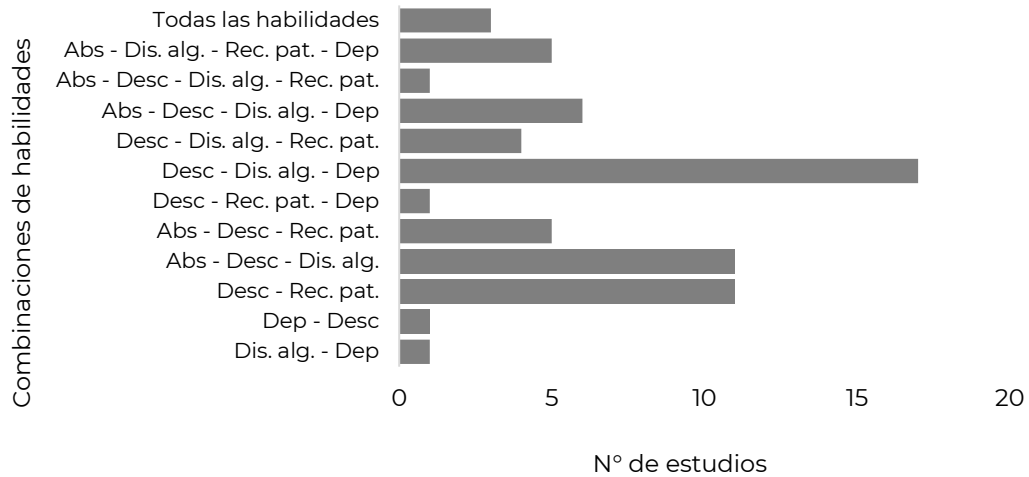


Figura 6. Distribución de estudios de acuerdo con el número de habilidades de PC evaluadas. Diseño de algoritmos (Dis. alg.), depuración (Dep.), reconocimiento de patrones (Rec. pat.), abstracción (Abs.), descomposición (Desc.). Fuente: elaboración propia.

En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos sobre el enfoque metodológico de los estudios. Existe una clara predominancia de los enfoques cualitativos, cuasiexperimentales y mixtos, esto evidencia que la mayor parte de los estudios sobre trabajo colaborativo y PC privilegian el análisis interpretativo de las interacciones y procesos de aprendizaje. La metodología cualitativa fue la más empleada (28 estudios), a través de rúbricas, observaciones y análisis de interacciones para comprender cómo los estudiantes aplicaban el PC en entornos colaborativos [63], [87]. En segundo lugar, está el enfoque cuasi experimental (16 estudios), que utilizó diseños con pretest y postest [43], [85], [86]. Por otro lado, los estudios cuantitativos (2 estudios) y los mixtos (12 estudios) integraron pruebas estandarizadas y encuestas para obtener mediciones más objetivas sobre el impacto del trabajo colaborativo en el desarrollo del PC [74], [86].

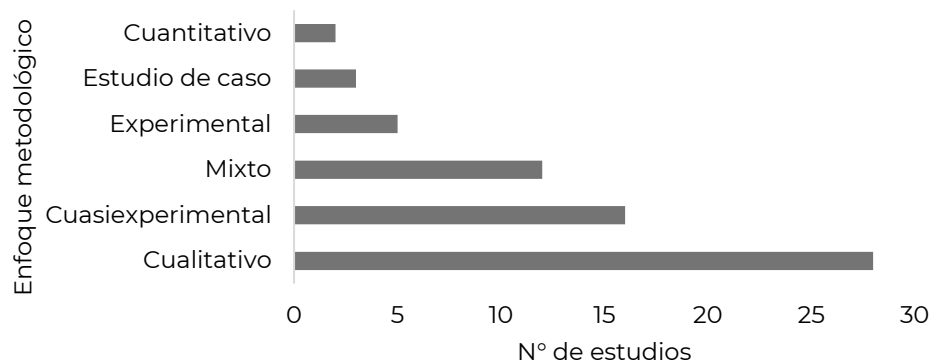


Figura 7. Frecuencia de las metodologías de investigación encontradas en los estudios revisados. Fuente: elaboración propia.

Desde una perspectiva analítica, estos hallazgos evidencian la necesidad de una evaluación multidimensional en contextos colaborativos. Las rúbricas cualitativas aportan un valor significativo al capturar no solo el producto final, sino también los procesos cognitivos y sociales que emergen durante la colaboración. Esto es consistente con estudios como los de [34] y [40], que destacan la efectividad de las observaciones estructuradas y el análisis de interacciones para evaluar dimensiones menos tangibles del aprendizaje, como la cooperación, el liderazgo o el pensamiento reflexivo.

Una ventaja importante de los enfoques combinados es que permiten la triangulación de datos, lo cual mejora la validez de las conclusiones. Además, la evaluación de múltiples habilidades del pensamiento computacional refleja un avance frente a estudios que tradicionalmente se enfocaban en una sola dimensión, y promueve una comprensión más integral del desarrollo cognitivo de los estudiantes. Esta diversidad también permite adaptar los instrumentos a distintos enfoques metodológicos, ya sean cualitativos, cuantitativos o mixtos.

No obstante, algunos estudios presentan debilidades al no justificar adecuadamente la elección de instrumentos o al aplicar pruebas estandarizadas sin una adaptación contextual. También es frecuente la falta de continuidad en la medición (por ejemplo, ausencia de seguimiento a largo plazo), lo que limita la posibilidad de evaluar efectos sostenidos del trabajo colaborativo.

A pesar de estas limitaciones, los resultados sugieren que una combinación planificada de instrumentos puede capturar de manera más completa el impacto del trabajo colaborativo en el desarrollo del pensamiento computacional. Esto tiene un impacto relevante en el ámbito educativo, ya que proporciona a los docentes y a los investigadores herramientas más eficaces para valorar tanto los avances individuales como los logros colectivos, y para retroalimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje con base en evidencia.

3.1 Valor agregado

Los hallazgos de esta revisión sistemática permiten identificar tendencias recientes y patrones relevantes sobre cómo el trabajo colaborativo se ha integrado en la enseñanza del pensamiento computacional en educación media. Aunque existen trabajos previos sobre esta temática, los estudios incluidos en el periodo analizado ofrecen un panorama actualizado que permite examinar con mayor detalle la interacción entre enfoques pedagógicos, estrategias didácticas, herramientas tecnológicas e instrumentos de evaluación. Este análisis integrado contribuye a clarificar cómo estas dimensiones se relacionan en escenarios colaborativos y qué elementos podrían estar incidiendo en el desarrollo del pensamiento computacional.

Además, esta versión amplía y profundiza el análisis presentado previamente en el congreso SAFARIS TECH, ya que incorpora una sistematización más detallada de los patrones metodológicos, examina combinaciones didácticas con mayor rigor y ofrece una interpretación crítica más desarrollada sobre los enfoques pedagógicos y tecnológicos reportados en los estudios recientes. De este modo, la revisión no solo actualiza la evidencia disponible, sino que también organiza y articula tendencias que no habían sido exploradas con igual nivel de detalle.

3.2 Limitaciones metodológicas de los estudios revisados

Al interpretar los resultados, se observan limitaciones metodológicas que influyen en la forma en que pueden comprenderse los hallazgos reportados. En varios casos, la descripción de los roles colaborativos fue insuficiente para comprender cómo se gestionó la equidad en la participación, lo que afecta la validez interna de los resultados. De igual manera, se evidenció una escasa explicación sobre el acompañamiento docente, la regulación de la dinámica grupal y los criterios para seleccionar las herramientas digitales, lo cual dificulta la replicabilidad de las intervenciones. A estas debilidades se añade la ausencia recurrente de estudios longitudinales, lo que impide valorar el impacto sostenido del trabajo colaborativo en el desarrollo del pensamiento computacional.

En los estudios realizados en entornos virtuales o híbridos, factores como la conectividad, la disponibilidad de dispositivos o la variabilidad en las condiciones de acceso parecen introducir diferencias que pueden matizar los resultados obtenidos. Además, la diversidad de enfoques metodológicos, tanto en los diseños como en los instrumentos empleados, genera un escenario heterogéneo que amplía las perspectivas de análisis, pero al mismo tiempo dificulta

establecer comparaciones directas o identificar patrones consistentes entre los estudios. Estas limitaciones no invalidan los aportes identificados, pero sí invitan a interpretar los hallazgos con atención al contexto y a las condiciones particulares de cada investigación.

3.3 Limitaciones de la presente revisión

El proceso de revisión también presenta limitaciones que deben ser consideradas. Al centrarse únicamente en estudios publicados en inglés, existe la posibilidad de que investigaciones realizadas en otros idiomas no hayan sido incluidas, lo que puede restringir la diversidad de enfoques culturales o pedagógicos representados. La decisión de trabajar con estudios publicados entre 2020 y 2025 permitió resaltar tendencias contemporáneas, aunque implica dejar fuera antecedentes que pudieron influir en la consolidación del campo. Asimismo, la exclusión de literatura gris limita el alcance del análisis a investigaciones indexadas y revisadas por pares. Aunque estas decisiones metodológicas permiten mantener un enfoque claro, también acotan el alcance interpretativo de la revisión.

3.4 Implicaciones prácticas

Los resultados revisados permiten identificar orientaciones útiles para diseñar experiencias que fortalezcan el pensamiento computacional mediante el trabajo colaborativo. En general, las intervenciones tienden a ser más efectivas cuando incluyen roles definidos, espacios para la argumentación entre pares y mecanismos de coordinación que apoyen el progreso del grupo. También destaca el potencial de combinar programación visual con plataformas de colaboración en tiempo real, ya que favorecen la exploración conjunta y la depuración de soluciones.

Estos patrones sugieren que el diseño instruccional debe considerar no solo las herramientas empleadas, sino también la organización del trabajo y la distribución de responsabilidades. Asimismo, la combinación de instrumentos cualitativos y pruebas estandarizadas permite obtener una visión más completa del desarrollo del pensamiento computacional, lo que contribuye a procesos de retroalimentación más informados.

Desde la ingeniería educativa, los hallazgos señalan la necesidad de desarrollar entornos digitales que faciliten la visualización del proceso colaborativo, el registro de interacciones y la generación de analíticas que apoyen la toma de decisiones. Integrar métricas técnicas y socioemocionales en los sistemas de evaluación puede favorecer soluciones más adaptativas y escalables, lo que facilita transferir la evidencia revisada al diseño de herramientas y entornos de aprendizaje coherentes con las demandas actuales de la educación digital.

3.5 Contraste con la literatura existente

Los patrones identificados guardan relación con estudios previos que destacan los beneficios cognitivos, sociales y motivacionales del aprendizaje colaborativo en entornos de programación. El énfasis en enfoques activos como el aprendizaje basado en proyectos coincide con marcos teóricos y revisiones anteriores que señalan su pertinencia para promover habilidades de pensamiento computacional. Sin embargo, esta revisión también hace visibles aspectos que suelen recibir menor atención en la literatura, como la falta de sistematización en la combinación de estrategias didácticas o la descripción limitada de los procesos colaborativos.

Estas observaciones sugieren la importancia de seguir explorando qué componentes específicos del trabajo colaborativo contribuyen de manera más directa al desarrollo del pensamiento computacional y en qué condiciones estas dinámicas resultan más efectivas. De este modo, la revisión no solo dialoga con los hallazgos existentes, sino que también señala rutas para investigaciones futuras que busquen profundizar en los mecanismos pedagógicos y sociales que subyacen al aprendizaje colaborativo en la educación media.

4. CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática de literatura permite concluir que el trabajo colaborativo se configura como un eje articulador de dimensiones pedagógicas, tecnológicas y evaluativas en el desarrollo del pensamiento computacional en la educación media. A través del análisis de 66 estudios recientes, se confirma su eficacia como estrategia didáctica (RQ1), especialmente cuando se implementa con enfoques como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje colaborativo y se potencian al combinarse con estrategias como la programación en parejas y la definición de roles (RQ2).

El uso combinado de herramientas de programación visual (Scratch y Blockly), herramientas de programación física (Arduino) y plataformas de colaboración en tiempo real (Zoom y Microsoft Teams) contribuyen a una experiencia de aprendizaje más creativa y adaptada a los desafíos del siglo XXI (RQ3). No obstante, esta efectividad está sujeta a condiciones como la disponibilidad tecnológica, la claridad en la distribución de roles dentro del grupo y la equidad en la participación, factores que siguen representando retos frecuentes en la implementación del trabajo colaborativo.

Desde la perspectiva evaluativa (RQ4), los estudios revelan un interés creciente por medir el impacto del trabajo colaborativo mediante enfoques integrales que incluyen pruebas estandarizadas, rúbricas cualitativas, análisis de interacciones y percepciones estudiantiles. Esta diversidad metodológica ha enriquecido la comprensión del proceso de aprendizaje, aunque aún se observa una limitada presencia de estudios longitudinales y de diseños robustos que permitan evaluar su impacto a largo plazo.

El principal aporte de esta revisión radica en la identificación de tendencias, buenas prácticas y vacíos en la investigación actual sobre el trabajo colaborativo en el desarrollo del pensamiento computacional en educación media. Se evidencia una necesidad urgente de propuestas pedagógicas más inclusivas y adaptables, así como de investigaciones que integren enfoques mixtos y contemplen una mayor diversidad de contextos.

Este panorama sugiere que el trabajo colaborativo no debe concebirse como una técnica aislada, sino como una estrategia compleja que articula saberes, tecnologías y relaciones humanas, capaz de transformar la manera en que los estudiantes aprenden a pensar y a resolver problemas de forma computacional.

5. REFERENCIAS

- [1] C. Liao, C. Chiang, I. Chen, and K. Parker, "Exploring the relationship between computational thinking and learning satisfaction for non-STEM college students," *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 19, no. 1, p. 43, Aug. 2022. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00347-5>
- [2] J. L. Cordova Lopez, M. L. Rodríguez Rojas, L. E. Cervera Cajo, and A. E. Quiñones Li, "Pensamiento computacional en estudiantes de etapa escolar: una revisión sistemática," *Tribunal*, vol. 5, no. 13, pp. 450-464, Oct. 2025. <https://doi.org/10.59659/revistatribunal.v5i13.280>
- [3] M. Lodi, and S. Martini, "Computational Thinking, Between Papert and Wing," *Sci. Educ.*, vol. 30, no. 4, pp. 883-908, Aug. 2021. <https://doi.org/10.1007/s1191-021-00202-5>
- [4] C. Kang, N. Liu, Y. Zhu, F. Li, and P. Zeng, "Developing College students' computational thinking multidimensional test based on Life Story situations," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, no. 3, pp. 2661-2679, Mar. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11189-z>
- [5] E. Poulakis, and P. Politis, "Computational Thinking Assessment: Literature Review," in *Research on E-Learning and ICT in Education*, T. Tsiatsos, S. Demetriadis, A. Mikropoulos, and V. Dagdilelis, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 111-128. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64363-8_7
- [6] M. Zapata-Cáceres, E. Martín-Barroso, and M. Román-González, "Computational Thinking Test for Beginners: Design and Content Validation," in *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Porto, Portugal, Apr. 2020, pp. 1905-1914. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125368>

- [7] L. El-Hamamsy et al., "The competent Computational Thinking test (cCTt): a valid, reliable and gender-fair test for longitudinal CT studies in grades 3–6," *Technol. Know. Learn.*, Aug. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.19526>
- [8] A. A. Tawfik, L. Payne, and A. M. Olney, "Scaffolding Computational Thinking Through Block Coding: A Learner Experience Design Study," *Tech. Know. Learn.*, vol. 29, no. 1, pp. 21-43, Mar. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10758-022-09636-4>
- [9] G. Robles, G. Pons, D. Escobar-Morales, C. Hartevelde, and G. M. Troiano, "Dr. Scratch 2.0 (CT4ALL): Advanced modes and rubrics for assessing computational thinking in Scratch projects," *Software X*, vol. 32, Dec. 2025, p. 102359. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2025.102359>
- [10] M. Sereno, X. Wang, L. Besancon, M. J. McGuffin, and T. Isenberg, "Collaborative Work in Augmented Reality: A Survey," *IEEE Trans Vis Comput Graph*, vol. 28, no. 6, pp. 2530-2549, Jun. 2020. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3032761>
- [11] A. Bach, and F. Thiel, "Collaborative online learning in higher education —quality of digital interaction and associations with individual and group-related factors," *Front. Educ.*, vol. 9, p. 1356271, Nov. 2024. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1356271>
- [12] K. Taber, "Mediated Learning Leading Development—The Social Development Theory of Lev Vygotsky," in *Science Education in Theory and Practice*, B. Akpan, and T. J. Kennedy, Eds., Cham, Swi: Springer Nature Switzerland; 2025, pp. 275-292. https://doi.org/10.1007/978-3-031-81351-1_16
- [13] L. I. Ruiz-Rojas, L. Salvador-Ullauri, and P. Acosta-Vargas, "Collaborative Working and Critical Thinking: Adoption of Generative Artificial Intelligence Tools in Higher Education," *Sustain.*, vol. 16, no. 13, p. 5367, Jun. 2024. <https://doi.org/10.3390/su16135367>
- [14] A. Saad, and S. Zainudin, "A review of Project-Based Learning (PBL) and Computational Thinking (CT) in teaching and learning," *Learn. Motiv.*, vol. 78, p. 101802, May. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2022.101802>
- [15] H. Ullah, S. Huma, L. Naeem, M. Yunus, and J. Sarfraz, "Bridging the gaps in problem-based learning: an evidence-based intervention in bachelor of medicine and surgery (MBBS) program," *BMC Med. Educ.*, vol. 25, no. 1, p. 410, Mar. 2025. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07003-2>
- [16] Y.-P. Cheng, C.-F. Lai, Y.-T. Chen, W.-S. Wang, Y.-M. Huang, and T.-T. Wu, "Enhancing student's computational thinking skills with student-generated questions strategy in a game-based learning platform," *Comput. Educ.*, vol. 200, p. 104794, Jul. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104794>
- [17] Z. Ngadengon, T. Selvan Subramaniam, Z. Yasak, M. Syukri, and M. N. Hazim, "Theory On Computational Thinking In Education: A Systematic Review," *International Journal of Education, Psychology and Counseling*, vol. 9, no. 53, pp. 488-507, Mar. 2024. https://www.researchgate.net/publication/379520809_THEORY_ON_COMPUTATIONAL_THINKING_IN_EDUCATION_A_SYSTEMATIC_REVIEW
- [18] M. Corrales-Álvarez, L. M. Ocampo, and S. A. Cardona Torres, "Instrumentos de evaluación del pensamiento computacional: una revisión sistemática," *TecnoL.*, vol. 27, no. 59, p. e2950, Apr. 2024. <https://doi.org/10.22430/22565337.2950>
- [19] J. Chen, and J. Hui, "Put two and two together: A systematic review of combining computational thinking and project-based learning in STEM classrooms," *STEM Edu. Rev.*, vol. 2, Jan. 2024. <https://doi.org/10.54844/stemer.2023.0470>
- [20] B. Kitchenham, and S. M. Charters, *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*, Keele University, Newcastle, EBSE 2007-01, Durham University: Durham, UK, Jan. 2007. https://www.researchgate.net/publication/302924724_Guidelines_for_performing_Systematic_Literature_Reviews_in_Software_Engineering
- [21] H. M. Vásquez Acevedo, L. J. Licona Suarez, and L. D. Felizzola Medina, "Pensamiento Computacional: una competencia del siglo XXI Revisión sistemática en Scopus," *Rev. Lat. Ogmios*, vol. 4, no. 9, pp. 1-16, Dec. 2023. <https://doi.org/10.53595/rlo.v4.i9.090>
- [22] E. Coronel Díaz, and G. Lima Silvain, "El pensamiento computacional. Nuevos retos para la educación del siglo XXI," *Virtual. Edu. Cien.*, vol. 11, no. 20, pp. 115-137, Jan. 2020. <https://doi.org/10.60020/1853-6530.v11.n20.27451>
- [23] E. E. Espinoza-Freire, "Estrategias de búsqueda de información en bases de datos científicas: Una guía práctica," *Socie. Tec.*, vol. 8, no. S2, pp. 647-658, Sep. 2025. <https://doi.org/10.51247/st.v8iS2.226>
- [24] S. Marcos-Pablos, and F. J. García-Peñalvo, "Information retrieval methodology for aiding scientific database search", *Soft. Comput.*, vol. 24, no. 2, pp. 5551-5560, Apr. 2020. <https://doi.org/10.1007/s00500-018-3568-0>

- [25] D. E. Flôr, E. Henrique Molina da Cruz, A. T. Possebom, C. Roberto Beleti Junior, R. Hubner, and L. B. Ruiz Aylon, "MannaTeam: a case of interinstitutional collaborative learning and Education 5.0," in *2020 Int. Conf. Computat. Scie. Computat. Intellig. (CSCI)*, Las Vegas, NV, USA, Dec. 2020, pp. 964-970. <https://doi.org/10.1109/CSCI51800.2020.00179>
- [26] J. Tsan et al., "A Comparison of Two Pair Programming Configurations for Upper Elementary Students," in *Proceed. 51st ACM Technic. Sympos. Comput. Sci. Educ.*, New York, NY, USA, Feb. 2020, pp. 346-352. <https://doi.org/10.1145/3328778.3366941>
- [27] X. Wan, X. Zhou, Z. Ye, C. K. Mortensen, and Z. Bai, "SmileyCluster," in *Proceed. Interact. Des. Child. Conf.*, New York, NY, USA, Jun. 2020, pp. 23-35. <https://doi.org/10.1145/3392063.3394440>
- [28] A. Mehrotra et al., "Introducing a Paper-Based Programming Language for Computing Education in Classrooms," in *Proceed. 2020 ACM Conf. Innov. Technol. Comput. Sci. Educ.*, New York, NY, USA, Jun. 2020, pp. 180-186. <https://doi.org/10.1145/3341525.3387402>
- [29] G. Delzanno et al., "Slow Rogaining: An Innovative Teamwork Model for Computer Science Education," in *Adj. Public. 28th ACM Conf. User Model. Adapt. Personal.*, New York, NY, USA, Jul. 2020, pp. 119-126. <https://doi.org/10.1145/3386392.3399310>
- [30] W. Xiduo, L. Jialin, and Z. Zhizhen, "Sustainable C++ Education in General High School: from Teaching Programming Skills to Developing Computational Thinking," in *2020 15th Int. Conf. Comput. Sci. Educ. (ICCSE)*, Delft, Netherlands, Aug. 2020, pp. 35-38. <https://doi.org/10.1109/ICCSE49874.2020.9201830>
- [31] V. Liesaputra, G. Ramirez-Prado, B. Barmada, and L. Song, "Future-Proofing Kiwi Kids Through the Use of Digital Technology," in *Proceed. 51st ACM Technic. Sympos. Comput. Sci. Educ.*, New York, NY, USA, Feb. 2020, pp. 507-513. <https://doi.org/10.1145/3328778.3366902>
- [32] G. Ardito, B. Czerkawski, and L. Scollins, "Learning Computational Thinking Together: Effects of Gender Differences in Collaborative Middle School Robotics Program," *Tech. Trends*, vol. 64, no. 3, pp. 373-387, May. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00461-8>
- [33] R. S. Sinkovits, and O. D. Soto, "Introducing Computing and Technology through Problem-Solving in Discrete Mathematics," in *Pract. Experien. Adv. Res. Comput.*, New York, NY, USA, Jul. 2020, pp. 429-435. <https://doi.org/10.1145/3311790.3396620>
- [34] K. Sharma, S. Papavlasopoulou, and M. Giannakos, "Faces Don't Lie: Analysis of Children's Facial expressions during Collaborative Coding," in *FabLearn Europe / MakeEd 2021 – Int. Conf. Comput. Des. Making Educ.*, New York, NY, USA, Jun. 2021, art. 7, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1145/3466725.3466757>
- [35] B. Van Zadelhoff, E. Rahimi, and E. Barendsen, "Principles to facilitate design-based learning environments for programming in secondary education while making learning visible in an authentic way," in *Proceed. 21st Koli Calling Int. Conf. Comput. Educ. Res.*, New York, NY, USA, Nov. 2021, art. 12, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1145/3488042.3488067>
- [36] A. McDonald, and L. K. Dillon, "Virtual Outreach: Lessons from a Coding Club's Response to COVID-19," in *Proceed. 52nd ACM Technic. Sympos. Comput. Scie. Educ.*, New York, NY, USA, Mar. 2021, pp. 418-424. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432559>
- [37] F. Mardi, K. Miller, and P. Balcerzak, "Novice - Expert Pair Coaching," in *Proceed. 52nd ACM Technic. Sympos. Computer Sci. Educ.*, New York, NY, USA, Mar. 2021, pp. 226-231. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432543>
- [38] I. Arawjo, and A. Mogos, "Intercultural Computing Education: Toward Justice Across Difference," *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 21, no. 4, art. 30, pp. 1-33, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1145/3458037>
- [39] E. Lopez-Caudana, G. Rodríguez-Abitia, S. Martínez-Pérez, P. Anton-Ares, and M.-S. Ramírez-Montoya, "Scenarios of the use of robotics as a support tool for teaching," in *Ninth Int. Conf. Technol. Ecosyst. Enhancing Multicult. (TEEM'21)*, New York, NY, USA, Oct. 2021, pp. 38-43. <https://doi.org/10.1145/3486011.3486416>
- [40] A. Dorn, E. Wandl-Vogt, A. Romano, T. Jekel, and A. Gawin, "Evaluating effectiveness of innovative education formats for 21st century skills," in *Eighth Int. Conf. Technol. Ecosyst. Enhancing Multicult.*, New York, NY, USA, Oct. 2021, pp. 386-392. <https://doi.org/10.1145/3434780.3436671>
- [41] M. Zapata-Cáceres, E. Martón-Barroso, and M. Román-Gonzalez, "Collaborative Game-Based Environment and Assessment Tool for Learning Computational Thinking in Primary School: A Case Study," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 5, pp. 576-589, Oct. 2021. <https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3111108>
- [42] E. Yilmaz Ince, and M. Koc, "The consequences of robotics programming education on computational thinking skills: An intervention of the Young Engineer's Workshop (YEW)," *Comput. Appli. Engin. Educ.*, vol. 29, no. 1, pp. 191-208, Jan. 2021. <https://doi.org/10.1002/cae.22321>

- [43] Z. He, X. Wu, Q. Wang, and C. Huang, "Developing Eighth-Grade Students' Computational Thinking with Critical Reflection," *Sustain.*, vol. 13, no. 20, p. 11192, Oct. 2021. <https://doi.org/10.3390/su132011192>
- [44] H.-M. Chuang, and C.-C. Lee, "Effects of Personal Construal Levels and Team Role Ambiguity on the Group Investigation of Junior High School Students' Programming Ability," *Sustainability*, vol. 13, no. 19, p. 10977, Oct. 2021. <https://doi.org/10.3390/su131910977>
- [45] E. Unal, and H. Cakir, "The effect of technology-supported collaborative problem solving method on students' achievement and engagement," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 26, no. 4, pp. 4127-4150, Jul. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10463-w>
- [46] B. Jiang, W. Zhao, X. Gu, and C. Yin, "Understanding the relationship between computational thinking and computational participation: a case study from Scratch online community," *Education. Tech. Research Dev.*, vol. 69, no. 5, pp. 2399-2421, Oct. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10021-8>
- [47] K. Kwon, A. T. Ottenbreit-Leftwich, T. A. Brush, M. Jeon, and G. Yan, "Integration of problem-based learning in elementary computer science education: effects on computational thinking and attitudes," *Educ. Technol. Research Dev.*, vol. 69, no. 5, pp. 2761-2787, Oct. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10034-3>
- [48] B. Jiang, and Z. Li, "Effect of Scratch on computational thinking skills of Chinese primary school students," *J. Comput. Educ.*, vol. 8, no. 4, pp. 505-525, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00190-z>
- [49] M. Lee, and J. Lee, "Enhancing computational thinking skills in informatics in secondary education: the case of South Korea," *Educ. Technol. Research Dev.*, vol. 69, no. 5, pp. 2869-2893, Oct. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10035-2>
- [50] L. Have Musaeus, M.-L. Stisen Kjerstein Sørensen, B. S. Palfi, O. Sejer Iversen, C. Nylandsted Klokmose, and M. Graves Petersen, "CoTinker: Designing a Cross-device Collaboration Tool to Support Computational Thinking in Remote Group Work in High School Biology," in *Nordic Human-Computer Interact. Conf.*, New York, NY, USA, Oct. 2022, art. 49, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1145/3546155.3546709>
- [51] Y. Ma et al., "It's Challenging but Doable: Lessons Learned from a Remote Collaborative Coding Camp for Elementary Students," in *Proceed. 53rd ACM Technic. Sympos. Comput. Sci. Educ.*, New York, NY, USA, Feb. 2022, vol. 1, pp. 342-348. <https://doi.org/10.1145/3478431.3499327>
- [52] J. Fey, E. Dagan, E. Márquez Segura, and K. Isbister, "Anywear Academy: A Larp-based Camp to Inspire Computational Interest in Middle School Girls," in *Design. Interact. Syst. Conf.*, New York, NY, USA, Jun. 2022, pp. 1192-1208. <https://doi.org/10.1145/3532106.3533532>
- [53] Â. Magno de Jesus, and I. Frango Silveira, "A Collaborative Learning Framework for Computational Thinking Development through Game Programming," *Informat. Educ.*, vol. 21, no. 2, pp. 253-281, Aug. 2021. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.14>
- [54] D. Bernstein, G. Puttick, K. Wendell, F. Shaw, E. Danahy, and M. Cassidy, "Designing biomimetic robots: iterative development of an integrated technology design curriculum," *Educ. Tech. Research Dev.*, vol. 70, no. 1, pp. 119-147, Feb. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10061-0>
- [55] C.-P. Lin, S.-J. Yang, K.-Y. Lin, C.-K. Looi, and Y.-H. Chen, "Explorations of two approaches to learning CT in a game environment for elementary school students," *J. Comput. Educ.*, vol. 9, no. 2, pp. 261-290, Jun. 2022. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00203-x>
- [56] N. Ju Kim, C. Rocha Vicentini, and B. R. Belland, "Influence of Scaffolding on Information Literacy and Argumentation Skills in Virtual Field Trips and Problem-Based Learning for Scientific Problem Solving," *Int. J. Sci. Math. Educ.*, vol. 20, no. 2, pp. 215-236, Feb. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10145-y>
- [57] S. Tenhoviirta, T. Korhonen, P. Seitamaa-Hakkarainen, and K. Hakkarainen, "Cross-age peer tutoring in a technology-enhanced STEAM project at a lower secondary school," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 32, no. 3, pp. 1701-1723, Jul. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09674-6>
- [58] C. Socratous, and A. Ioannou, "Evaluating the Impact of the Curriculum Structure on Group Metacognition During Collaborative Problem-solving Using Educational Robotics," *Tech. Trends*, vol. 66, no. 5, pp. 771-783, Sep. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00738-5>
- [59] J. Gale et al., "Student Agency in a High School Computer Science Course," *J STEM Educ. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 270-301, Aug. 2022. <https://doi.org/10.1007/s41979-022-00071-9>
- [60] F. Ouyang, X. Dai, and S. Chen, "Applying multimodal learning analytics to examine the immediate and delayed effects of instructor scaffoldings on small groups' collaborative programming," *I. J. STEM Educ.*, vol. 9, no. 1, p. 45, Dec. 2022. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00361-z>

- [61] I. Graßl, and G. Fraser, "The ABC of Pair Programming: Gender-dependent Attitude, Behavior and Code of Young Learners," in *2023 IEEE/ACM 45th Int. Conf. Software Engin.: Software Engin. Educ. Training (ICSE-SEET)*, Melbourne, Australia May. 2023, pp. 115-127. <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET58685.2023.00018>
- [62] C.-Y. Chang, Z. Du, H.-C. Kuo, and C.-C. Chang, "Investigating the Impact of Design Thinking-Based STEAM PBL on Students' Creativity and Computational Thinking," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 66, no. 6, pp. 673-681, Dec. 2023. <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3297221>
- [63] C. M. Sepúlveda Durán, A. Arévalo-Galán, and C. M. García-Fernández, "Desarrollo del Pensamiento Computacional con actividades musicales desenchufadas en distintos contextos educativos," *Rev. Electrón. Complut. Invest. Educ. Music.*, vol. 20, pp. 69-100, Sep. 2023. <https://doi.org/10.5209/reciem.83821>
- [64] X. F. Lin et al., "Effect of a Reflection Guided Visualized Mindtool Strategy for Improving Students' Learning Performance and Behaviors in Computational Thinking Development," *J. Educ. Technol. Soc.*, vol. 26, no. 2, pp. 165-180, Apr. 2023. <https://www.jstor.org/stable/48721003>
- [65] M. Rottenhofer, S. Leitner, M. Emara, B. Sabitzer, and T. Rankin, "Vocabulary Acquisition through Computer Science Modeling: A Comparative Study on Visual and Textual Vocabulary Instruction," in *Proceed. 14th Int. Conf. Educ. Technol. Comput.*, New York, NY, USA, Oct. 2022, pp. 163-169. <https://doi.org/10.1145/3572549.3572576>
- [66] L. Silva, A. Mendes, A. Gomes, and G. Fortes, "Fostering regulatory processes using computational scaffolding," *Int. J. Comput. Support Collab. Learn.*, vol. 18, no. 1, pp. 67-100, Mar. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11412-023-09388-y>
- [67] K. Sormunen, S. Vehmaa, P. Seitamaa-Hakkarainen, J. Lavonen, K. Hakkarainen, and K. Juuti, "Learning science through a collaborative invention project in primary school," *Discip. Interdiscip. Sci. Educ. Res.*, vol. 5, no. 1, p. 6, May. 2023. <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00074-5>
- [68] N. Kerimbayev, N. Nurym, A. Akramova, and S. Abdykarimova, "Educational Robotics: Development of computational thinking in collaborative online learning," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 28, no. 11, pp. 14987-15009, Nov. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11806-5>
- [69] Ö. Nilay Yalçın, S. Lallé, and C. Conati, "The Impact of Intelligent Pedagogical Agents' Interventions on Student Behavior and Performance in Open-Ended Game Design Environments," *ACM Trans. Interact. Intell. Syst.*, vol. 13, no. 3, pp. 1-29, Sep. 2023. <https://doi.org/10.1145/3578523>
- [70] J. Borges, O. McGarr, C. Exton, B. Harkin, and C. McInerney, "Exploring Students' Experiences of Computer Science in Upper Secondary Education: A Qualitative Study," in *Proceed. 2024 Conf. United Kingdom & Ireland Comput. Educ. Res.*, New York, NY, USA, Sep. 2024, art. 2, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1145/3689535.3689551>
- [71] M. J. Johnson, R. Baker-Ramos, C. L. Hovey, and B. DiSalvo, "Keeping Mindful of Modality: A Comparison of Computer Science Education Resources for Learning," in *Proceed. 23rd Koli Calling Int. Conf. Comput. Educ. Res.*, New York, NY, USA, Nov. 2023, art. 18, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1145/3631802.3631819>
- [72] D. Alabi, A. Adegbile, L. Afuye, P. Abel, and A. Monaco, "NaijaCoder: Participatory Design for Early Algorithms Education in the Global South," in *Proced. 55th ACM Technic. Sympos. Comput. Sci. Educ. V. 1*, New York, NY, USA, Mar. 2024, pp. 39-45. <https://doi.org/10.1145/3626252.3630896>
- [73] P. F. Weixelbraun, B. Göbl, M. Steinböck, M. Duvivié, and F. Kayali, "Discussing the Protagonist Role of Students in Game-Based Learning," in *Proc. ACM Hum. Comput. Interact.*, New York, NY, USA, Oct. 2020, vol. 8, no. Chi Play, art. 300, pp. 1-24. <https://doi.org/10.1145/3677065>
- [74] W. Chong Choi, and C. In Chang, "The Students' Perspective on Computational Thinking through Flipped Classroom in K-12 Programming Course," in *Proceed. 2024 8th Int. Conf. Educ. Multim. Technol.*, New York, NY, USA, Jun. 2024, pp. 106-113. <https://doi.org/10.1145/3678726.3678729>
- [75] D. Fields, Y. Kafai, and Y. De La Rosa-Walcott, "When Good Gets Better: Experienced Computer Science Teachers? Reflections on implementing E-textiles in their Classrooms as a Vehicle for Advancing Equity," in *Proceed. FabLearn / Constructionism 2023: Full and Short Res. Papers*, New York, NY, USA, Oct. 2023, art. 7, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1145/3615430.3615445>
- [76] J. A. Rode, Y. Feng, A. Chandrashekar, S. Andreou, and A. Ioannou, "Spools and Sparks: The Role of Materiality in Computational Making with E-textiles and BBC Micro:bit," in *Proceed. Halfway Future Sympos.*, New York, NY, USA, Oct. 2024, art. 28, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1145/3686169.3686182>
- [77] T. Tseng et al., "Co-ML: Collaborative Machine Learning Model Building for Developing Dataset Design Practices," *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 24, no. 2, art. 25, pp. 1-37, Jun. 2024. <https://doi.org/10.1145/3641552>

- [78] C. Snyder, N. M. Hutchins, C. Cohn, J. H. Fonteles, and G. Biswas, "Analyzing Students Collaborative Problem-Solving Behaviors in Synergistic STEM+C Learning," in *Proceed. 14th Learn. Analytics Know. Conf.*, New York, NY, USA, Mar. 2024, pp. 540-550. <https://doi.org/10.1145/3636555.3636912>
- [79] L. Jeranoski, and P. Leitão, "Development of STEM Curriculum for Digital Electronics Education in Secondary School," in *2024 IEEE Global Engin. Educ. Conf. (EDUCON)*, Kos Island, Greece, May. 2024, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1109/EDUCON60312.2024.10578762>
- [80] S. Trilles, A. Monfort-Muriach, E. Cueto-Rubio, C. López-Girona, and C. Granell, "Sucre4Stem: A K-12 Educational Tool for Integrating Computational Thinking and Programming Across Multidisciplinary Disciplines," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 67, no. 6, pp. 868-877, Dec. 2024. <https://doi.org/10.1109/TE.2024.3422666>
- [81] F. Xu, and A.-P. Correia, "Measuring mutual engagement in the context of middle-school pair programming: Development and validation of a self-reported questionnaire," *Comput. Hum. Behav. Rep.*, vol. 14, p. 100415, May. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100415>
- [82] J. Bowers, and E. Eidin, "Analyzing students' systems thinking in-situ through screencasts in the context of computational modeling: a case study," *Discip. Interdiscip. Sci. Educ. Res.*, vol. 6, no. 1, p. 24, Nov. 2024. <https://doi.org/10.1186/s43031-024-00115-7>
- [83] L. Schwartz, V. Maquil, L. Johannsen, C. Moll, and J. Hermen, "Teaching computational thinking with a tangible development platform: An exploratory field study at school with Kniwvelino," *Educ. Inf. Technol.* vol. 29, no. 4, pp. 4935-4967, Mar. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11983-3>
- [84] C.-M. Chen, and M.-Y. Huang, "Enhancing programming learning performance through a Jigsaw collaborative learning method in a metaverse virtual space," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 11, no. 1, p. 36, Aug. 2024. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00495-2>
- [85] M. Zapata-Cáceres, P. Marcelino, L. El-Hamamsy, and E. Martín-Barroso, "A Bebras Computational Thinking (ABC-Thinking) program for primary school: Evaluation using the competent computational thinking test," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 29, no. 12, pp. 14969-14998, Jan. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12441-w>
- [86] M. Ponticorvo, and E. Dell'Aquila, "Robots at schools: telerobotics, coding and teaching embodied artificial intelligence," in *Proceed. 2024 9th Int. Conf. Info. Educ. Innov.*, New York, NY, USA, Apr. 2024, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1145/3664934.3664940>
- [87] Q. Li, M. Moallem, J. Boettinger, Q. Cai, and M. Levi, "An educational model of equity and computing: a study of marginalized student experience during COVID pandemic," *Educ. Techn. Res. Dev.*, vol. 73, no. 7, pp. 1155-1177, Dec. 2024. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10443-0>
- [88] M. Seraj, M. Verano Merino, E. Rahimi, and L. Ochoa Venegas, "Programming Smart Objects: How Young Learners' Programming Skills, Attitudes, and Perception Are Influenced," in *Proceed. 2024 ACM SIGPLAN Int. Sympos. SPLASH-E*, New York, NY, USA, Oct. 2024, pp. 45-55. <https://doi.org/10.1145/3689493.3689982>
- [89] X. Fang, D. T. K. Ng, and M. Yuen, "Effects of geogebra-enhanced scratch computational thinking instruction on fifth-grade students' motivation, anxiety, cognitive load," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 30, no. 1, pp. 377-402, Jan. 2025. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13052-9>
- [90] K. Zabolotna, L. Nøhr, M. Iwata, D. Spikol, J. Malmberg, and H. Järvenoja, "How does collaborative task design shape collaborative knowledge construction and group-level regulation of learning? A study of secondary school students' interactions in two varied tasks," *Int. J. Comput. Support Collab. Learn.*, vol. 20, no. 2, pp. 171-199, Jan. 2025. <https://doi.org/10.1007/s11412-024-09442-3>
- [91] K. Lu, F. Pang, and R. Shadiev, "Understanding the mediating effect of learning approach between learning factors and higher order thinking skills in collaborative inquiry-based learning," *Educ. Tech. Res. Dev.*, vol. 69, no. 5, pp. 2475-2492, Oct. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10025-4>
- [92] H. Ceballos, T. van den Bogaart, S. van Ginkel, J. Spandaw, and P. Drijvers, "How collaborative problem solving promotes higher-order thinking skills: A systematic review of design features and processes," *Think Skills Creat.*, vol. 59, p. 102001, Mar. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.102001>
- [93] W. Zhang, Y. Guan, and Z. Hu, "The efficacy of project-based learning in enhancing computational thinking among students: A meta-analysis of 31 experiments and quasi-experiments," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 29, no. 11, pp. 14513-14545, Aug. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12392-2>
- [94] N. Shin, J. Bowers, J. Krajcik, and D. Damelin, "Promoting computational thinking through project-based learning," *Discip. Interdiscip. Sci. Educ. Res.*, vol. 3, no. 1, p. 7, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00033-y>
- [95] J. Fagerlund, P. Häkkinen, M. Vesisenaho, and J. Viiri, "Computational thinking in programming with Scratch in primary schools: A systematic review," *Comput. Appl. Engin. Educ.*, vol. 29, no. 1, pp. 12-28, Jan. 2021. <https://doi.org/10.1002/cae.22255>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores del artículo declaran que no existe ningún conflicto de intereses, ya sea financiero, profesional o personal.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Elizabeth Rojas Noguera: formulación del problema, búsqueda y síntesis inicial de la literatura, redacción de resultados y discusión.

Oscar Revelo Sánchez: diseño del protocolo de revisión, definición de criterios de inclusión y exclusión, redacción de las secciones de introducción, análisis temático de los estudios seleccionados, revisión crítica del artículo y aprobación de versión final.

Javier Alejandro Jiménez Toledo: supervisión de la aplicación rigurosa del protocolo metodológico, redacción del resumen y las conclusiones, integración de los hallazgos con la literatura existente, participación en el análisis temático, revisión crítica del artículo y aprobación de versión final.