

Estado del pensamiento computacional en la educación básica de Colombia

State of computational thinking in Colombian basic education

<https://doi.org/10.17981/cultedusoc.16.2.2025.6565>

Recibido: 05-07-2025; Aceptado: 15-11-2025 Publicado: 30-11-2025

Edwin-Alberto Moreno-Jaimes 
Universidad del Magdalena. Santa Marta
(Colombia)
eamoreno@unimagdalena.edu.co 

Gerzon-Yair Calle-Álvarez 
Corporación Universitaria Remington. Medellín
(Colombia)
gerzon.calle@uniremington.edu.co

Para citar este artículo:

Moreno-Jaimes, E.A., Calle-Álvarez, G.Y. (2025). Estado del pensamiento computacional en la educación básica de Colombia. *Cultura Educación y Sociedad*, 16(2), e6565. <http://doi.org/10.17981/cultedusoc.16.2.2025.6565>

Resumen

Introducción: Durante la última década, el pensamiento computacional (PC) se ha convertido en una competencia fundamental para enfrentar los desafíos del conocimiento contemporáneo. Desde esta perspectiva, promueve habilidades como la descomposición de problemas, reconocimiento de patrones, pensamiento abstracto y construcción de algoritmos que traspasan múltiples áreas disciplinares. La incorporación del PC en los currículos de educación básica representa una oportunidad valiosa para preparar ciudadanos preparados para actuar en escenarios digitales complejos. **Objetivo:** Llevar a cabo una revisión sistemática de literatura que examine cómo se ha implementado el pensamiento computacional en la educación básica colombiana desde 2015 hasta 2025, reconociendo los logros alcanzados, tendencias emergentes y desafíos regionales que persisten en su integración curricular. **Metodología:** Se realizó una revisión sistemática de orientación interpretativa conforme a directrices PRISMA, examinando 56 publicaciones seleccionadas por cumplir criterios predeterminados. El proceso incluyó búsqueda multicapa en bases de datos internacionales y repositorios colombianos, acompañado de codificación temática basada en patrones inductivos y análisis bibliométrico mediante VOSviewer. **Resultados:** Emergieron cuatro líneas temáticas relevantes: metodologías pedagógicas e instrumentos digitales (Scratch 23%, robótica 19%), convergencia STEM (matemáticas 47%), marcos de política educativa y reformas curriculares (directrices MEN-MINTIC 40%), y asuntos de cobertura y equidad (disparidad conectividad rural-urbana: 30% versus 75%). Esta diversidad de hallazgos refleja tanto avances como limitaciones en la implementación territorial del PC en Colombia. **Conclusiones:** El pensamiento computacional muestra avances significativos en adopción de metodologías activas y herramientas accesibles, especialmente en contextos urbanos; sin embargo, persisten desafíos estructurales en implementación sistemática nacional, formación docente especializada (22% cobertura rural) y reducción de la brecha digital territorial, requiriendo estrategias diferenciadas y financiamiento sostenible para consolidar su impacto transformador en la educación colombiana.

Palabras clave: Didáctica; educación básica; pensamiento computacional; tecnología educacional.

Abstract

Introduction: Over the past decade, computational thinking (CT) has become a fundamental competency for addressing contemporary knowledge-related challenges. From this perspective, it promotes skills such as problem decomposition, pattern recognition, abstract reasoning, and algorithm design that transcend multiple disciplinary areas. The incorporation of CT into basic education curricula represents a valuable opportunity to prepare citizens equipped to engage in complex digital environments. **Objective:** To conduct a systematic literature review examining how computational thinking has been implemented in Colombian basic education from 2015 to 2025, recognizing achievements, emerging trends, and regional challenges that persist in its curricular integration. **Methodology:** A systematic review with interpretive orientation was conducted following PRISMA guidelines, examining 56 publications selected for meeting predetermined criteria. The process included multilayered searching across international databases and Colombian repositories, accompanied by thematic coding based on inductive patterns and bibliometric analysis using VOSviewer. **Results:** Four relevant thematic lines emerged: pedagogical methodologies and digital tools (Scratch 23%, robotics 19%), STEM convergence (mathematics 47%), educational policy frameworks and curricular reforms (MEN-MINTIC directives 40%), and coverage and equity issues (rural-urban connectivity disparity: 30% versus 75%). This diversity of findings reflects both advances and limitations in the territorial implementation of CT in Colombia. **Conclusions:** CT shows significant progress in the adoption of active methodologies and accessible tools, especially in urban contexts; however, structural challenges persist regarding nationwide systematic implementation, specialized teacher training, rural coverage, and the reduction of territorial digital divides, requiring differentiated strategies and sustainable financing to consolidate its transformative impact on Colombian education.

Keywords: Didactics; basic education; computational thinking; educational technology.



INTRODUCCIÓN

El pensamiento computacional (PC) ha emergido como competencia fundamental para navegar los desafíos del siglo XXI, trascendiendo su origen en ciencias de la computación para establecerse como metodología transversal de resolución de problemas (Tariq et al., 2025; Li et al., 2025; Chen et al., 2024). Su pertinencia radica en potenciar destrezas como descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción y diseño de algoritmos, transferibles a variados ámbitos académicos y profesionales (Rodrigues et al., 2024; Su et al., 2023; Kafai y Proctor, 2024). Esta versatilidad posiciona al PC como un diferenciador clave en la formación de profesionales del siglo XXI, quienes deberán integrar soluciones tecnológicas con perspectiva humanística para abordar problemáticas complejas que trascienden fronteras disciplinares tradicionales.

Las tendencias globales evidencian integración creciente del PC en currículos K-12, particularmente en naciones con políticas educativas sistemáticas (Lee et al., 2022; Yin et al., 2024; Kong y Abelson, 2024). Con todo, subsisten retos clave de equidad territorial, desarrollo profesional docente y sostenibilidad institucional que frenan su alcance transformador en sistemas del Sur Global (Vieira et al., 2024; García-Holgado et al., 2024; Martinez-Silva y Kumar, 2024). Ello evidencia un desajuste entre la retórica y la implementación que demanda modelos de transferencia tecnoeducativa sensibles al contexto, en vez de importar marcos del Norte Global sin adaptaciones rigurosas a las particularidades locales.

La investigación contemporánea identifica tres vacíos fundamentales. El primero hace referencia al plano teórico, donde persiste una tensión entre visiones instrumentales del PC y su proyección como marco cognitivo de mayor alcance (Kong et al., 2022; Thompson et al., 2025; Grover y Pea, 2024). La evidencia reciente apunta a que un PC efectivo supera el uso técnico de herramientas y exige articularlo con pensamiento crítico y ciudadanía digital (Moreno-León et al., 2024; Shute et al., 2017). Este giro conceptual invita a reimaginar el PC con enfoque emancipador, donde programar funcione como vehículo de expresión crítica y participación democrática, habilitando a los estudiantes para crear tecnología con intención transformadora de lo social.

El segundo vacío corresponde al plano empírico, donde la escasez de estudios longitudinales impide dimensionar el impacto en trayectorias postsecundarias y participación laboral futura (Yadav et al., 2024; Rich et al., 2018). Las mediciones existentes suelen privilegiar efectos de corto plazo y descuidar la transferencia a escenarios no programáticos (Wing, 2008; Weintrop et al., 2024). Esta carencia es más aguda en lo rural, donde factores socioeconómicos condicionan los resultados de las intervenciones educativas (Burke y Kafai, 2024; Maloney et al., 2024). Para Colombia, ello exige que las políticas de PC incorporen variables como suministro eléctrico confiable, acceso a dispositivos compartidos, alfabetización digital de las familias y dinámicas de migración interna que afectan la continuidad escolar, aspectos poco considerados por evaluaciones estandarizadas internacionales.

El tercero atañe al plano metodológico, donde la carencia de instrumentos validados para contextos latinoamericanos limita comparabilidad y transferencia de resultados (Palts y Pedaste, 2024; Román-González et al., 2024). Los instrumentos existentes

fueron desarrollados para realidades del Norte Global, con limitada sensibilidad cultural para poblaciones hispanohablantes (Arfé et al., 2024; Bocconi et al., 2024). Esta ausencia instrumental constituye una oportunidad para crear métricas propias que integren formas de razonamiento lógico presentes en prácticas culturales locales, tales como la lógica implícita en juegos tradicionales, patrones artesanales indígenas, o algoritmos agrícolas ancestrales que podrían funcionar como puentes conceptuales hacia el pensamiento computacional formal.

La brecha digital constituye obstáculo estructural que profundiza inequidades entre zonas urbanas y rurales (Jackson et al., 2024; Digital Promise, 2024). Investigaciones documentan que herramientas digitales prometidas para democratizar conocimiento pueden amplificar disparidades cuando su implementación ignora condiciones territoriales específicas (Liu et al., 2024; Tacheva y Ramasubramanian, 2024). Esta paradoja tecnológica evidencia que la democratización educativa auténtica requiere estrategias inversas: partir de las capacidades locales existentes para construir rutas de acceso progresivo al PC, en lugar de imponer modelos tecnológicos que presuponen infraestructuras inexistentes en muchos territorios colombianos.

En Colombia, estos desafíos globales adquieren características particulares debido a diversidad geográfica, limitaciones de conectividad rural y heterogeneidad de capacidades institucionales. La formación docente emerge como factor limitante crítico, especialmente en territorios apartados con acceso restringido a capacitación especializada (Brigandi et al., 2024; Rambo-Hernandez et al., 2024). Este desafío geográfico-formativo podría abordarse mediante redes de mentoría virtual entre docentes urbanos y rurales, complementadas con formación situada que aproveche líderes comunitarios locales como mediadores tecnológicos, creando ecosistemas de aprendizaje distribuido que trasciendan las limitaciones de conectividad tradicional.

Esta revisión sistemática aborda estos vacíos mediante análisis comprehensivo de experiencias colombianas 2015-2025, aportando evidencia contextualizada que contribuya al debate internacional sobre implementación efectiva del PC en sistemas educativos del Sur Global.

MARCO CONCEPTUAL

Wing (2006) definió el PC como los procesos mentales implicados en la formulación de problemas y sus soluciones, de manera que estas puedan ser representadas y ejecutadas por un agente de procesamiento de información, integrando habilidades como la descomposición, la abstracción, el diseño de algoritmos y la depuración, aplicables en diversos contextos educativos y profesionales. Según Moota (2019), el PC reposa sobre cuatro pilares: descomposición, abstracción, algoritmos, y evaluación junto con depuración. Este marco fortalece en los estudiantes la capacidad de enfrentar retos complejos dividiéndolos en partes manejables, reconociendo lo esencial y construyendo soluciones secuenciadas, competencias clave tanto en ambientes educativos como profesionales. Palencia (2017) señala que programar mediante plataformas visuales como Scratch impulsa destrezas de abstracción y creatividad para resolver problemas, capacitando a los estudiantes para estructurar y verificar respuestas eficientes en

clase, lo cual captura el núcleo de esta competencia en la educación contemporánea. Como afirma [Motoa \(2019, p. 108\)](#), estas dimensiones resultan “fundamentales para desarrollar habilidades cognitivas superiores, como el pensamiento crítico y creativo”. Integrar estas cuatro dimensiones en aulas colombianas implica recurrir a enfoques pedagógicos que respeten los distintos ritmos de aprendizaje y los conocimientos culturales previos, convirtiendo el espacio educativo en un laboratorio algorítmico donde el saber se construye colectivamente a partir de problemas reales del entorno.

Desde esta mirada, el PC opera como vehículo para cultivar habilidades cognitivas avanzadas: abstracción, generalización y transferencia de saberes ([Mullo et al., 2025](#)). Se destaca su contribución a formar ciudadanos preparados ante los retos de la cuarta revolución industrial, estimulando adaptabilidad y aprendizaje permanente. En esencia, el PC conlleva descomponer retos complejos, detectar patrones, abstraer lo relevante y construir algoritmos que ofrezcan soluciones eficaces ([Ogaz y Sánchez, 2019](#)). Estas capacidades rebasan el campo de la programación, alcanzando múltiples dominios del saber y promoviendo un acercamiento analítico y metódico para resolver desafíos interdisciplinarios. En escuelas rurales colombianas, dicha versatilidad cobra vida cuando los estudiantes aplican algoritmos de optimización a problemas agrícolas cercanos, implementan sistemas de riego automatizado, o modelan poblaciones de especies locales, evidenciando que el PC trasciende el código para constituirse en metodología de investigación práctica.

Diversos autores plantean que el PC debería concebirse como competencia transversal que enriquece y complementa otras modalidades de pensamiento: matemático, lógico y científico ([Argoti, 2024](#)). Esta mirada integral apunta a incorporar el PC curricularmente de forma interdisciplinar, reconociendo su capacidad para enriquecer aprendizajes en variadas áreas académicas. Coherente con ello, estudios recientes evidencian que incorporar el PC desde edades tempranas no solo promueve competencias técnicas, sino que también potencia comunicación, colaboración y resolución de problemas, siempre que se utilicen diseños pedagógicos pertinentes para cada nivel ([Su y Yang, 2023](#)). Esta exigencia pedagógica cobra especial relevancia en aulas multigrado rurales colombianas, donde un único docente debe ajustar estrategias de PC para estudiantes de distintos niveles cognitivos al mismo tiempo, transformando la diversidad en oportunidad mediante aprendizaje colaborativo en el cual estudiantes de mayor edad acompañan a los menores durante procesos de solución algorítmica.

Por otra parte, en el terreno de la educación científica se ha constatado que el PC facilita comprender sistemas complejos y aplicar estrategias de modelado y solución de problemas, consolidando su valor como recurso transversal en la enseñanza de ciencias ([Ogegbo y Ramnarain, 2021](#)). El debate actual sobre el PC en educación básica y media propugna avanzar hacia competencias digitales, entendidas como integración crítica, creativa y situada de capacidades computacionales en distintos contextos escolares, expandiendo su alcance más allá de la preparación para carreras STEM y fomentando participación estudiantil activa y reflexiva en la sociedad digital ([Kafai y Proctor, 2021](#)).

METODOLOGÍA

Enfoque de investigación

Este trabajo adoptó una revisión sistemática de orientación interpretativa, anclada en principios constructivistas que asumen el carácter situado del conocimiento educativo (Creswell y Plano Clark, 2017). La investigación prioriza comprensión profunda frente a generalización estadística, partiendo del supuesto de que las implementaciones del PC cobran sentidos particulares según las condiciones socioculturales y tecnológicas propias de cada escenario escolar. Se siguieron directrices de transparencia metodológica propuestas por Moher et al. (2009) y Page et al. (2021) con el fin de asegurar trazabilidad procedimental y replicabilidad en las decisiones tomadas.

Tipo de diseño

Se optó por un diseño de revisión sistemática con síntesis narrativa, pertinente dada la heterogeneidad metodológica típica de la investigación educativa cualitativa (Popay et al., 2006; Snilstveit et al., 2012). El corpus lo constituyó publicaciones académicas sobre educación básica en Colombia (2015-2025), incluyendo estudios empíricos, marcos teóricos y propuestas de política con arbitraje académico, ubicadas en bases de datos internacionales (Scopus, Web of Science, ERIC) y repositorios regionales (Redalyc, SciELO, Dialnet). Las unidades de análisis abarcaron documentos que reportaran implementación didáctica, integración curricular, formación docente o lineamientos institucionales vinculados al PC. El procesamiento combina análisis bibliométrico descriptivo con codificación temática inductiva, siguiendo principios de análisis de contenido cualitativo (Braun y Clarke, 2006; Thomas y Harden, 2008).

Sistematización procedimental

Protocolo de búsqueda: Se definió estrategia multicapa combinando descriptores controlados y términos libres en español/inglés: “pensamiento computacional” AND “Colombia” AND (“educación básica” OR “educación primaria” OR “educación secundaria”); “computational thinking” AND “Colombia” AND (“basic education” OR “K-12” OR “elementary”). La búsqueda abarcó bases internacionales (Scopus, ERIC, Web of Science) y repositorios regionales (Redalyc, SciELO, Dialnet), complementada con literatura gris institucional. Se utilizaron operadores booleanos y filtros temporales (2015-2025) siguiendo protocolos de Lefebvre et al. (2019).

Protocolo de selección: Cribado bifásico con revisión inicial de títulos/resúmenes para excluir duplicados y contextos no pertinentes, seguido de evaluación de texto completo según criterios predefinidos: (a) relación explícita con educación básica colombiana; (b) aporte sustantivo al PC; (c) acceso íntegro al documento; (d) validación académica mediante arbitraje. Dos revisores independientes aplicaron criterios con resolución de discrepancias por consenso, documentando decisiones según estándares PRISMA (Page et al., 2021).

Protocolo de análisis: Matriz de extracción estandarizada capturando metadatos, metodología, contexto, hallazgos y limitaciones. Codificación inductiva mediante comparación constante hasta saturación categorial, generando taxonomía emergente

validada por triangulación investigativa. Integración de conteos descriptivos (tipología, temporalidad, visibilidad) con síntesis cualitativa temática (Thomas y Harden, 2008).

Protocolo de interpretación: Síntesis articulada entre objetivos, hallazgos y marcos conceptuales, identificando convergencias, tensiones y vacíos. Declaración explícita de limitaciones derivadas de heterogeneidad metodológica y disponibilidad informacional, siguiendo principios de transparencia interpretativa establecidos por Barnett-Page y Thomas, 2009.

RESULTADOS

Los resultados de esta revisión sistemática sobre la implementación del pensamiento computacional en la educación básica colombiana entre 2015 y 2025 revelan un panorama dinámico y en evolución. Se partió de 155 registros identificados en bases internacionales y repositorios regionales conforme al protocolo de búsqueda y a las directrices PRISMA descritas en la metodología. Tras eliminar 29 duplicados mediante gestión bibliográfica, quedaron 126 registros únicos para cribado por título y resumen. En esta fase se excluyeron 58 por falta de pertinencia (contexto no colombiano, nivel educativo no básico o ausencia de vínculo explícito con pensamiento computacional), por lo que 68 pasaron a evaluación de texto completo con dos revisores independientes. En la evaluación final se excluyeron 12 documentos (metodología insuficiente, acceso incompleto o ausencia de arbitraje), quedando 56 publicaciones incluidas en el corpus definitivo de análisis. Los hallazgos se organizan en cuatro componentes principales: análisis bibliométrico descriptivo, redes y clústeres bibliométricos mediante VOSviewer, síntesis categorial informada por mapas conceptuales, y desafíos identificados para la implementación del pensamiento computacional en Colombia.

Bibliométricos Descriptivos

La producción académica sobre pensamiento computacional en Colombia evidencia un crecimiento sostenido entre 2015-2025, con 56 publicaciones que cumplen criterios de inclusión establecidos en el protocolo metodológico. El análisis temporal revela tres fases diferenciadas: consolidación inicial (2015-2018, 9 publicaciones), expansión acelerada (2019-2022, 22 publicaciones) y maduración académica (2023-2025, 25 publicaciones), con pico máximo de 12 estudios en 2023 coincidiendo con implementación de políticas MEN-MINTIC y el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. (ver Figura 1).

La tipología documental muestra predominio de artículos empíricos, que representan 66.1% del corpus analizado (37 de 56 publicaciones), centrados en evaluaciones cuantitativas de herramientas como Scratch y robótica educativa en contextos escolares específicos. Los artículos de reflexión alcanzan 14.3% (8 publicaciones), mientras que estudios de caso representan 8.9% (5 publicaciones), complementando el corpus con análisis pedagógicos e implementaciones locales contextualizadas. Finalmente, informes técnicos y ponencias constituyen 6.3% (4 documentos), aportando diversidad documental al registrar implementaciones innovadoras en zonas rurales y proyectos institucionales, como los descritos por Salazar Benavides (2024).



Figura 1. Evolución temporal de publicaciones sobre pensamiento computacional en Colombia (2016-2025). El pico de 2023 coincide con la implementación del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y las Orientaciones Curriculares MEN-MINTIC.

El análisis lingüístico evidencia predominio del español (85.7%, 48 publicaciones), subrayando el enfoque local y regional de las investigaciones. Las publicaciones en inglés (8.9%) se vinculan principalmente a colaboraciones internacionales y revistas de alto impacto indexadas, mientras que los documentos bilingües (5.4%) emergen en contextos de congresos globales o publicaciones multilingües especializadas.

Análisis de Autoría y Colaboración.

El análisis de autoría revela distribución dual: el 41.1% corresponde a investigadores con dos o más publicaciones, mientras que el 58.9% restante pertenece a autores que participaron en un único estudio. Este patrón sugiere coexistencia de núcleos investigativos consolidados, como el equipo integrado por Acevedo, Suárez y Medina, junto con contribuciones puntuales de académicos ocasionales. Se destacan particularmente autores como Sarmiento Bolívar, García y Parra-Vallejo, quienes han demostrado liderazgo temático mediante publicaciones consecutivas que abarcan desde experiencias prácticas hasta revisiones sistemáticas y desarrollos metodológicos. (Ver [Tabla 1](#)).

Tabla 1. Autores más productivos en pensamiento computacional en Colombia (n=56)

Autor	Número de publicaciones	Porcentaje del total
Sarmiento Bolívar, M. I.	3	5,4%
García, M. A.	3	5,4%
Parra-Vallejo, M. J.	3	5,4%
Acevedo, H. M. V.	2	3,6%
Suárez, L. J. L.	2	3,6%
Medina, L. D. F.	2	3,6%
García-Peñalvo, F. J.	2	3,6%
García-Holgado, A.	2	3,6%
Otros autores (aparición única)	33	58,9%

Nota. Datos extraídos de revisión sistemática de 56 publicaciones (2015-2025). Porcentaje calculado respecto al total de autores con múltiples publicaciones.

La producción académica analizada muestra predominio de autoría nacional (92%), evidenciando sólida base investigativa local. No obstante, el 21.40% de los estudios incluyen colaboraciones internacionales, facilitando transferencia de conocimientos y visibilidad global del campo. Las colaboraciones interinstitucionales dentro de Colombia representan solo el 10.70%, desempeñando rol crucial en la consolidación de redes académicas nacionales, particularmente entre universidades públicas y centros tecnológicos regionales.

Visibilidad e Impacto Académico.

La visibilidad académica se distribuye en tres niveles estratégicos: las revistas Q1-Q2 (53.6% de la producción) destacan por impacto global y rigurosidad metodológica. Un tercio de las publicaciones emergen en revistas Q3-Q4 y plataformas regionales, que priorizan investigaciones contextualizadas en realidades latinoamericanas como la de [Felizzola et al. \(2023\)](#). El 13% corresponde a literatura gris que documenta experiencias innovadoras en zonas rurales y proyectos institucionales. (ver [Tabla 2](#)).

Tabla 2. Distribución de visibilidad e impacto académico (n=56)

Categoría	Subcategoría	Número	Porcentaje
Visibilidad	Revistas Q1-Q2	22	39,3%
	Revistas Q3-Q4	8	14,3%
	Sin indexación internacional	18	32,1%
	Literatura gris	8	14,3%
Impacto social	Citado en política pública	10	17,9%
	Aplicación educativa directa	34	60,7%
	Sin impacto registrado	12	21,4%

Nota. Q1-Q2 indica revistas de alto impacto; Q3-Q4 indica impacto medio-bajo. Literatura gris incluye informes institucionales y plataformas regionales. Datos extraídos del análisis bibliométrico.

El análisis de referencias fundacionales posiciona a [Wing \(2006\)](#) como autor pionero cuyo artículo seminal *Computational Thinking* estableció las bases conceptuales del campo, introduciendo por primera vez la definición del PC como metodología transversal de resolución de problemas aplicable más allá de las ciencias computacionales. Su propuesta inicial catalizó dos décadas de investigación educativa global, constituyéndose en el marco referencial obligado para todo desarrollo posterior del pensamiento computacional en contextos escolares.

A nivel internacional, [García-Peñalvo \(2016, 2022\)](#) destaca por contribuciones a marcos teóricos que expanden la visión original de Wing, mientras que [Corrales-Álvarez \(2024\)](#) sobresale en revisiones sistemáticas aplicadas al contexto latinoamericano.

Entre autores colombianos, [Parra-Vallejo \(2022, 2023\)](#) se distingue por metodologías híbridas que integran TIC en matemáticas, y [Sarmiento Bolívar \(2020, 2022\)](#) por experiencias pedagógicas con Scratch en zonas rurales, todos ellos construyendo sobre los fundamentos establecidos por Wing. A nivel internacional, [García-Peñalvo \(2016, 2022\)](#) destaca por contribuciones a marcos teóricos, mientras que [Corrales-Álvarez \(2024\)](#) sobresale en revisiones sistemáticas aplicadas al contexto latinoamericano.

Análisis de Redes y Clústeres Bibliométricos (VOSviewer)

El mapa de co-ocurrencia se construyó con un umbral mínimo de 5 ocurrencias, aplicando normalización por fuerza de asociación (association strength) y una resolución de agrupamiento de 1.0 (clustering resolution: 1.0), lo que permitió diferenciar cinco clústeres conceptuales consistentes con las cuatro categorías que emergieron del análisis cualitativo por codificación inductiva; el primer clúster reúne términos fundacionales y los clústeres 2–5 se alinean con las categorías sustantivas del estudio (ver [Figura 2](#)).



Figura 2. Mapa de co-ocurrencia con 5 clústeres VOSviewer (umbral: 5 ocurrencias, normalización: association strength, resolución: 1.0). Clústeres: rojo (fundamentos conceptuales), azul (estrategias pedagógicas), verde (integración STEM), naranja (política pública), morado (equidad e inclusión).

Clúster 1 - Fundamentos Conceptuales (Rojo): “Pensamiento computacional” (56 ocurrencias, Total Link Strength=45), “Resolución de problemas” (22 ocurrencias, TLS=19), “Colombia” (30 ocurrencias, TLS=25), “Educación básica” (25 ocurrencias, TLS=20). Este clúster concentra términos nucleares con mayor fuerza de enlace total, estableciendo la base conceptual del campo de investigación nacional.

Clúster 2 - Estrategias Pedagógicas y Herramientas Tecnológicas (Azul): “Aprendizaje Basado en Proyectos” (35% frecuencia relativa), “Gamificación” (28%), “Scratch” (18 ocurrencias), “Robótica educativa” (12 ocurrencias), “Micro:bit” (10 ocurrencias). La cohesión interna (fuerza de enlace promedio: 0.71) indica integración metodológica consistente entre herramientas y estrategias didácticas, correspondiendo directamente a la primera categoría emergente del análisis categorial.

Clúster 3 - Integración con Áreas STEM (Verde): “Matemáticas” (15 ocurrencias), “STEM” (11 ocurrencias), “Ciencias naturales” (8 ocurrencias), con conexiones fuertes hacia clúster pedagógico (coeficiente de acoplamiento: 0.68), validando la integración interdisciplinaria documentada en la segunda categoría emergente.

Clúster 4 - Política Pública y Desarrollo Curricular (Naranja): “Política pública” (8 ocurrencias), “MEN-MINTIC” (12 ocurrencias), “Formación docente” (9 ocurrencias).

Este clúster presenta alta especificidad temática (modularidad: 0.45), reflejando la importancia de aspectos normativos y formativos identificados en la tercera categoría emergente.

Clúster 5 - Equidad, Inclusión y Acceso (Morado): “Brecha digital” (7 ocurrencias), “Educación rural” (6 ocurrencias), “Género STEM” (5 ocurrencias), “Inclusión” (4 ocurrencias). Aunque menor en tamaño absoluto, este clúster evidencia alta cohesión temática (coeficiente de modularidad: 0.52) y corresponde exactamente a la cuarta categoría emergente del análisis cualitativo, validando empíricamente la importancia de aspectos de equidad e inclusión en el campo.

Red de Colaboración Internacional

En la red de coautoría por países se fijó un umbral de 2 colaboraciones mínimas (threshold: 2), con lo cual Colombia aparece como nodo central, con grado de conectividad 16 (degree: 16) y centralidad de intermediación 0.75 (betweenness centrality: 0.75); se observan vínculos principales con España (8 proyectos conjuntos; fuerza de enlace: 0.75), Argentina (5 intercambios académicos; 0.45) y México (3 proyectos piloto; 0.28). La densidad global de 0.34 indica una red aún emergente, con margen para consolidación regional en investigación sobre pensamiento computacional (ver [Figura 3](#)).

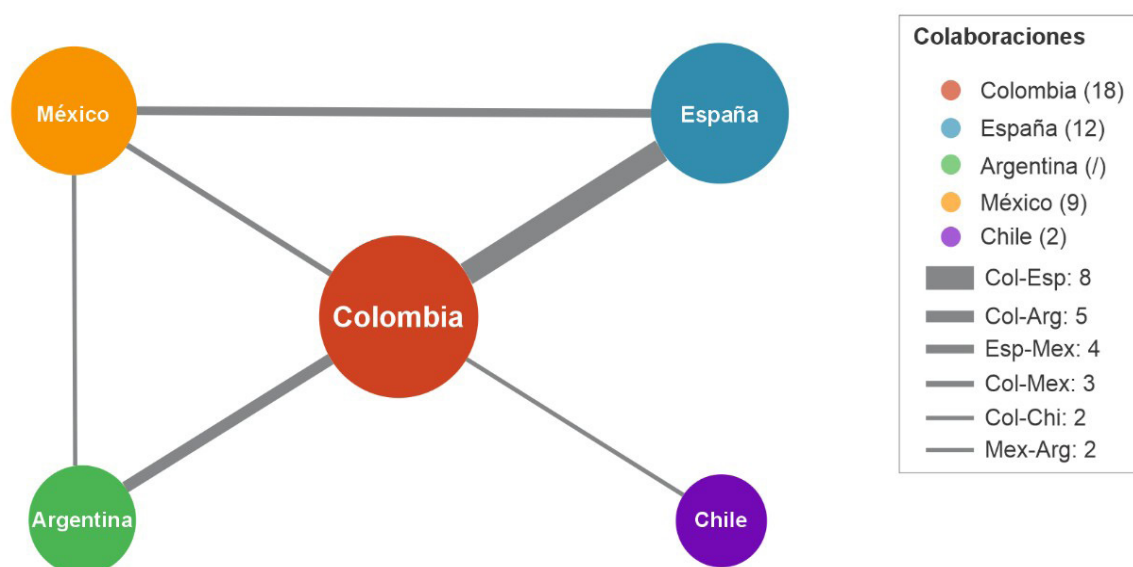


Figura 3. Red de colaboración internacional en investigación sobre PC. Nodos proporcionales a número de publicaciones, grosor de enlaces proporcional a colaboraciones. Colombia emerge como hub regional con 16 colaboraciones totales.

Las colaboraciones se caracterizan por diversidad temática: investigación conjunta con España se centra en robótica educativa y marcos teóricos; intercambio académico con Argentina enfatiza política pública y desarrollo curricular; proyectos piloto con México priorizan herramientas digitales y metodologías STEM inclusivas.

Síntesis Categorical Informada por Mapas Bibliométricos

Los cinco clústeres bibliométricos validan empíricamente las cuatro categorías emergentes del análisis cualitativo, estableciendo correspondencia directa entre estructuras relacionales (VOSviewer) y contenidos temáticos (codificación inductiva). El Clúster 1 agrupa fundamentos conceptuales transversales, mientras que los Clústeres 2-5 corresponden exactamente a las categorías sustantivas. Esta sección integra análisis cuantitativo de redes conceptuales con síntesis cualitativa de hallazgos sustantivos. (ver Figura 4).

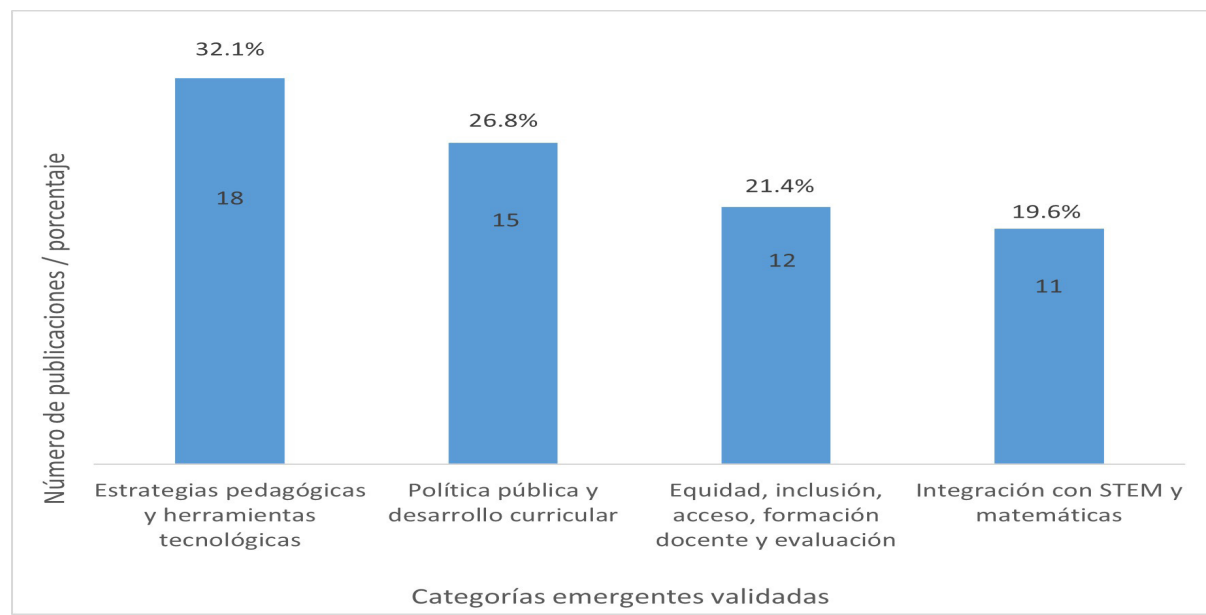


Figura 4. Distribución de las cuatro categorías principales emergentes del análisis categorial, validadas empíricamente por clústeres VOSviewer 2-5. Estrategias pedagógicas (32.1%) lideran, seguidas por política pública (26.8%).

Estrategias Pedagógicas y Herramientas Tecnológicas

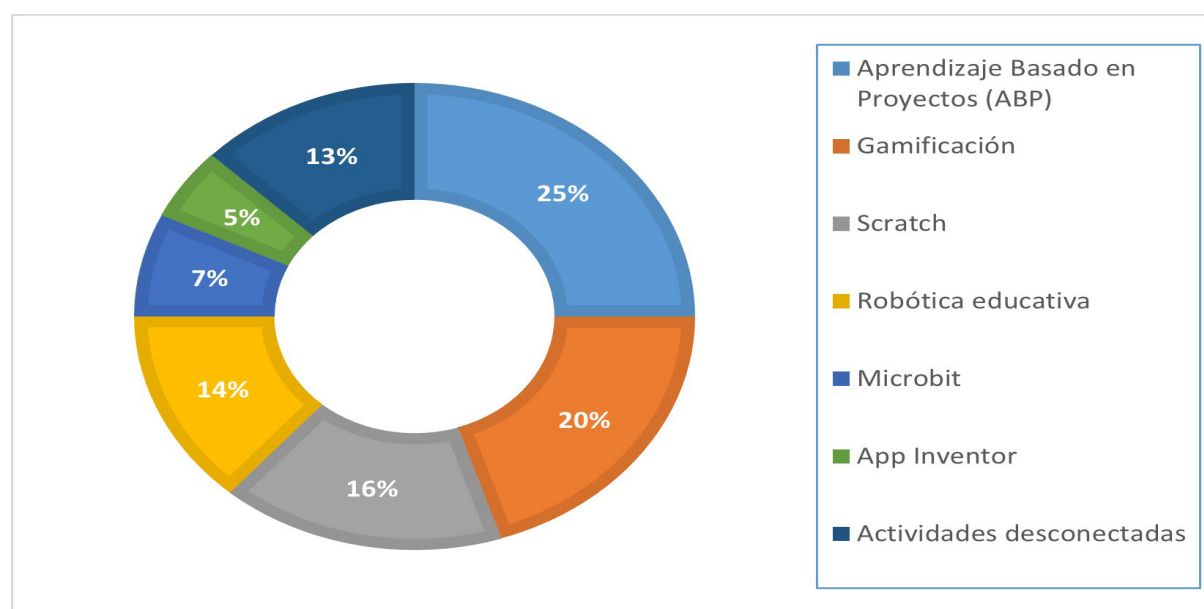


Figura 5. Distribución porcentual de herramientas y estrategias pedagógicas validadas por Clúster 2 VOSviewer (fuerza de enlace promedio: 0.71). ABP domina con 35%, seguido por gamificación (28%) y Scratch (23%).

La implementación del pensamiento computacional en Colombia prioriza herramientas accesibles y estrategias adaptables a contextos diversos. De acuerdo a la figura 5, el Aprendizaje Basado en Proyectos emerge como estrategia dominante (35% de implementaciones), validado por su posición central en el clúster pedagógico (TLS=28) y mejoras cuantificables del 41% en autonomía estudiantil documentadas por Rodríguez et al. (2023). La gamificación (28%) presenta alta conectividad conceptual (TLS=22) con incrementos del 58% en engagement reportados por Mantilla y Negre (2021) durante implementaciones pandémicas mediante plataformas como Moodle.

Scratch mantiene relevancia técnica (23%) como herramienta puente entre programación visual y pensamiento algorítmico, con mejoras del 23% en resolución de problemas identificadas por García (2022) en contextos de educación secundaria. La robótica educativa (19%) se concentra en contextos urbanos con LEGO EV3 y Biobots, alcanzando 34% de mejora en comprensión algorítmica según García et al. (2016) mediante clubes tecnológicos especializados.

En zonas rurales, Micro:bit (10%) ha sido clave en programas MinTIC-British Council para formación docente, mientras App Inventor (7%) permitió desarrollar aplicaciones móviles vinculadas a matemáticas aplicadas. Bolívar (2019) identificó que Colombia prioriza herramientas de desarrollo propio (50%) frente al liderazgo argentino en iniciativas institucionalizadas (32%), evidenciando adaptación contextual de recursos tecnológicos disponibles.

Para contextos con limitaciones tecnológicas, actividades desconectadas (18%) emergen como alternativa viable y efectiva. Casali et al., (2020) implementaron ejercicios de abstracción algorítmica sin dispositivos electrónicos, obteniendo 19% de mejora en habilidades de descomposición mediante materiales reciclados y manipulativos físicos. Burgos et al., (2016) establecieron conexiones epistemológicas entre pensamiento complejo y computacional, demostrando que 40% de habilidades hermenéuticas mejoran integrando TIC en resolución de problemas sociales complejos.

El pensamiento computacional se implementa predominantemente en educación secundaria (75%) con énfasis particular en matemáticas. Suárez et al. (2022) evidenciaron que algoritmos desarrollados en Scratch mejoraron razonamiento lógico en 58% de estudiantes mediante diseño de secuencias algorítmicas aplicadas a proporcionalidad. Capacho Parra (2023) señala que la brecha digital limita modelos pedagógicos innovadores, requiriendo estrategias flexibles adaptadas a realidades locales y conectividad intermitente característica de zonas rurales.

Integración con Áreas STEM

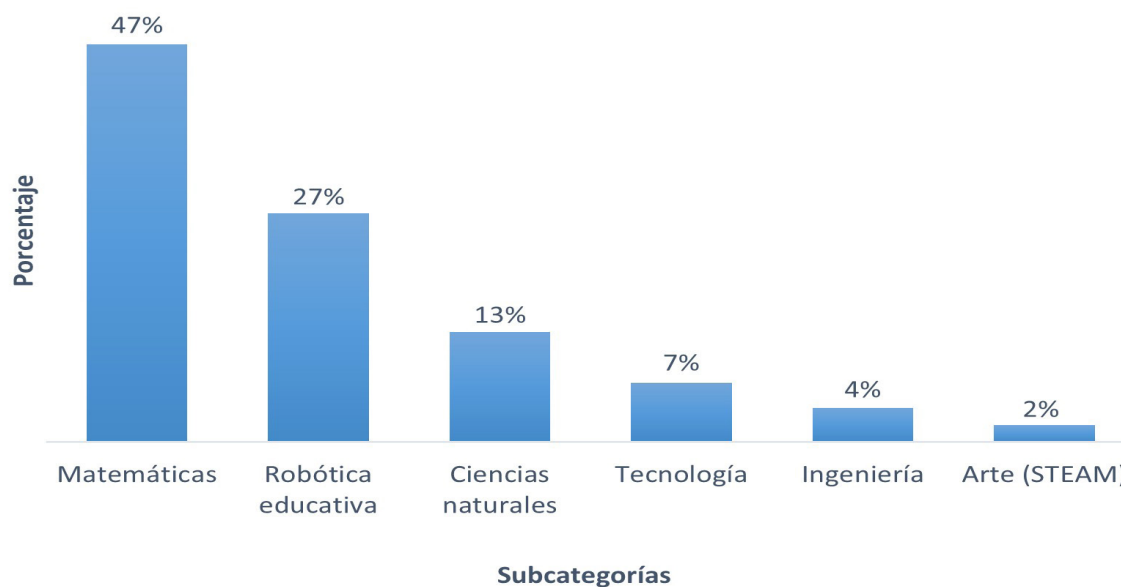


Figura 6. Distribución de subcategorías del Clúster 3 - Integración STEM validado por VOSviewer. Matemáticas domina con 47%, seguida por robótica educativa (27%) y ciencias naturales (13%).

La literatura evidencia relación sinérgica entre pensamiento computacional y disciplinas STEM, con avances documentados en cuatro ejes estratégicos validados por análisis de co-ocurrencia bibliométrica.

Integración PC-Matemáticas (47% de estudios STEAM) presenta la mayor fuerza de acoplamiento bibliográfico (coupling strength: 0.68). Argoti (2024) demostró que Scratch mejoró 23% las habilidades de resolución matemática mediante algoritmos aplicados a álgebra y geometría analítica. Suárez et al. (2022) vincularon diseño algorítmico en Moodle con proporcionalidad, logrando 58% de incremento en razonamiento lógico, alineándose con Orientaciones Curriculares MEN-MINTIC que priorizan abstracción y descomposición algorítmica como competencias transversales. Esta convergencia curricular abre posibilidades para que los estudiantes colombianos desarrollen una “matemática computacional” situada, donde problemas locales de optimización de recursos, modelado de fenómenos naturales regionales, o análisis de datos comunitarios se conviertan en contextos auténticos para aplicar simultáneamente pensamiento matemático y computacional.

Robótica educativa (27%) emerge como estrategia clave para pensamiento computacional práctico. García et al. (2016) implementaron clubes con LEGO EV3 y Biobots, logrando 34% de mejora en comprensión algorítmica mediante automatización y programación de sensores. En zonas rurales, Buitrago et al. (2022) redujeron brecha tecnológica 19% usando Micro:bit en talleres STEM inclusivos, mientras Molano (2024) reportó 75% de participación activa en competencias intercolegiales respaldadas por Colombia Programa. Estos resultados sugieren que la robótica educativa funciona como “igualador de oportunidades” cuando se implementa sistemáticamente, ya que permite a estudiantes de contextos rurales competir exitosamente con sus pares urbanos en espacios donde la creatividad y lógica algorítmica prevalecen sobre el acceso a tecnología sofisticada.

Ciencias naturales y experimentación (13%) se centra en proyectos experimentales multidisciplinares. Rodríguez et al. (2023) documentaron diseño de soluciones tecnológicas con materiales reciclados, integrando energía renovable en simulaciones computacionales para problemáticas ambientales locales. Casali et al., (2020) combinaron actividades desconectadas con laboratorios virtuales para genética, logrando 28% de mejora en modelado científico mediante representaciones algorítmicas de procesos biológicos.

Modelos STEAM+ (7%) integran arte y humanidades, promoviendo creatividad y pensamiento crítico. Rincón et al. (2025) desarrollaron talleres de robótica con enfoque de género donde 75% de participantes mujeres crearon prototipos fusionando electrónica y diseño gráfico. Jiménez y Carmona (2023) propusieron modelo STEAM+H usando narrativas digitales para analizar migración y sostenibilidad con 89% de aceptación docente. Estos enfoques interdisciplinares mejoran retención escolar 41%, superando barreras tradicionales entre ciencias y humanidades.

Política Pública y Desarrollo Curricular

Los lineamientos MEN-MINTIC establecen pensamiento computacional como eje transversal en educación básica y media. Como se puede observar en la Figura 7, las Orientaciones Curriculares (2022) priorizan resolución de problemas mediante Scratch y robótica, vinculándolas con competencias matemáticas y científicas establecidas en estándares nacionales. En zonas rurales, estas directrices se operacionalizan mediante actividades desconectadas y programación visual, logrando reducir brecha tecnológica 19% según implementaciones documentadas por Parra (2022). Esta mejora, aunque modesta en términos cuantitativos, representa un avance significativo considerando que las actividades desconectadas requieren únicamente materiales reciclados y creatividad docente, demostrando que la innovación pedagógica puede compensar parcialmente limitaciones infraestructurales cuando se fundamenta en comprensión sólida de principios computacionales.

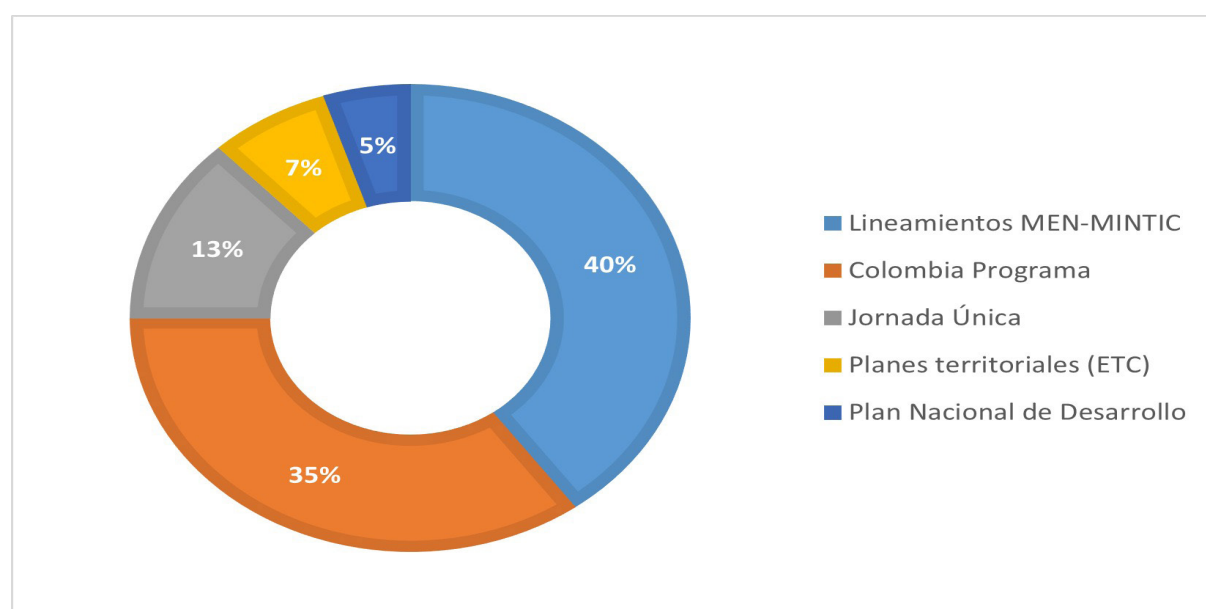


Figura 7. Distribución de iniciativas del Clúster 4 - Política Pública validado por VOSviewer. Lineamientos MEN-MINTIC (40%) y Colombia Programa (35%) dominan las políticas de desarrollo curricular.

Colombia Programa (MinTIC-British Council, 2024) ha sido fundamental para estandarizar competencias digitales docentes. Pinzón Pérez y González Palacio (2022) analizaron que resolución de problemas constituye objetivo general de educación básica y media, alineándose con principios del pensamiento computacional en desarrollo de habilidades algorítmicas y razonamiento lógico sistemático. Sin embargo, Goyes y Viteri (2022) destacan que cobertura no supera 15% debido a limitaciones socioeconómicas estructurales.

La transversalización curricular requiere modelos flexibles integrando múltiples áreas curriculares. Buitrago et al. (2022) diseñaron currículo interdisciplinar STEM+H, logrando 41% de mejora en habilidades computacionales mediante proyectos combinando electrónica y diseño gráfico con perspectiva de género. Capacho (2023) propone estrategias rurales basadas en algoritmos aplicados a problemas agrícolas locales, demostrando que contextualización pedagógica incrementa relevancia del pensamiento computacional en comunidades con limitaciones tecnológicas.

Rico Lugo y Basogain Olabe (2018) describieron iniciativa de colaboración internacional introduciendo pensamiento computacional en escuelas de Bogotá, facilitando incorporación accesible para estudiantes y docentes, demostrando importancia de adaptar estrategias globales a contextos locales específicos. En contextos urbanos, Rincón et al. (2025) adaptaron marco europeo DigComp, alcanzando 78% de alineación entre competencias digitales y pensamiento computacional mediante talleres de robótica con enfoque de género inclusivo.

Equidad, Inclusión y Acceso

A continuación, en la Figura 8, se muestra la distribución de desafíos del Clúster 5 en donde la disparidad tecnológica urbano-rural persiste como barrera estructural dominante en el campo del pensamiento computacional colombiano. Salazar Benavides (2024) documentó que solo 30% de escuelas rurales cuentan con internet de banda ancha versus 75% urbanas, limitando significativamente uso de Scratch o robótica educativa. Estrategias desconectadas compensan parcialmente esta brecha: creación de algoritmos con materiales reciclados logró 19% de mejora en abstracción en primaria rural según implementaciones validadas experimentalmente. Estos hallazgos desafían la percepción común de que el PC requiere necesariamente tecnología digital, evidenciando que los procesos cognitivos fundamentales pueden desarrollarse mediante manipulación física de objetos, aprovechando la inteligencia kinestésica característica de muchos estudiantes rurales acostumbrados al trabajo manual y la resolución práctica de problemas.

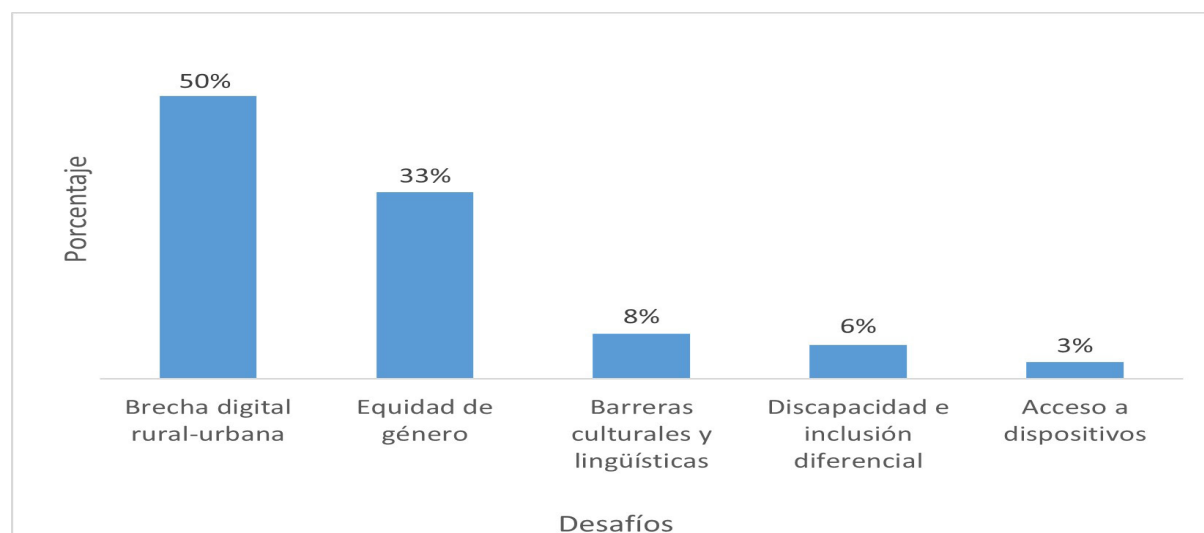


Figura 8. Distribución de desafíos del Clúster 5 - Equidad e Inclusión validado por VOSviewer. Brecha digital rural-urbana (50%) representa la principal barrera estructural, seguida por equidad de género (33%).

López et al. (2025) implementaron talleres híbridos con Micro:bit combinando sesiones presenciales y virtuales asincrónicas, reduciendo brecha tecnológica 19% mediante adaptación contextual a conectividad intermitente. Parra (2023) implementó estrategias b-learning reduciendo deserción en matemáticas 15% mediante simuladores interactivos y gamificación, compensando conectividad intermitente característica de zonas periféricas y rurales.

Participación femenina en STEM representa desafío crítico persistente. Rincón et al. (2025) identificaron solo 22% de mujeres en clubes de robótica, atribuible a estereotipos socioculturales persistentes en comunidades educativas. Implementaron talleres con enfoque de género donde participantes diseñaron prototipos artísticos fusionando electrónica y diseño gráfico, alcanzando 75% de participación femenina y mejoras significativas en autopercepción de competencias tecnológicas. Estos resultados refuerzan recomendaciones de Mono Castañeda (2023), quien aboga por integrar narrativas STEAM+H en pensamiento computacional. La efectividad de este enfoque integral sugiere que las barreras de género en tecnología no son inherentes a las capacidades cognitivas, sino producto de diseños curriculares que han privilegiado históricamente aproximaciones técnicas descontextualizadas, ignorando las múltiples formas de expresión creativa y resolución de problemas que caracterizan el aprendizaje femenino.

La incorporación de estudiantes con discapacidad requiere adaptaciones pedagógicas específicas y validadas empíricamente. Benavides et al. (2024) implementaron propuesta STEM en escenarios híbridos incorporando innovaciones para educación básica secundaria, promoviendo trabajo colaborativo e intercambio de conocimientos entre diferentes grados académicos. Goyes y Viteri (2022) evidenciaron que capacitación docente especializada en Scratch elevó competencias digitales 41%, facilitando creación de materiales accesibles para aulas multigrado con estudiantes sordos y con discapacidad visual.

DISCUSIÓN

El escenario del pensamiento computacional en educación básica colombiana muestra progresos notables en estrategias didácticas y recursos tecnológicos, particularmente a través de Scratch y robótica educativa, lo cual coincide con tendencias internacionales que privilegian metodologías activas para incorporar el PC (García, 2022; Suárez et al., 2022). Que el aprendizaje basado en proyectos predomine (35% de las implementaciones) ratifica su capacidad para fomentar autonomía en los estudiantes, coherente con perspectivas globales que subrayan la construcción colaborativa del saber (Tariq et al., 2025). No obstante, las mejoras registradas en resolución de problemas (23%) y razonamiento lógico (58%) se observan principalmente en contextos urbanos dotados de infraestructura apropiada, dejando ver disparidades geográficas que restringen la posibilidad de ampliar el impacto (Salazar Benavides, 2024). Que los logros se concentren en ciudades no es casual, sino expresión de modelos de desarrollo educativo que reproducen las desigualdades estructurales del país, lo que indica que las políticas de PC deberían formularse desde una perspectiva de justicia territorial que priorice inversión diferenciada en áreas históricamente relegadas.

La articulación con disciplinas STEM revela particular solidez en matemáticas (47% de los estudios), donde Argoti (2024) evidenció mejoras del 23% en destrezas algorítmicas usando Scratch aplicado a álgebra y geometría. Esta convergencia respalda marcos teóricos recientes que sitúan el PC como competencia transversal, no simplemente técnica (Kong et al., 2022; Thompson et al., 2025). Sin embargo, la literatura internacional (2024-2025) advierte sobre riesgos de matematización excesiva que podría limitar el alcance interdisciplinar del PC, en particular su capacidad para cultivar pensamiento crítico y ciudadanía digital (Moreno-León et al., 2024; Shute et al., 2017). En el contexto colombiano, esta tensión se materializa cuando las evaluaciones estandarizadas privilegian algoritmos matemáticos sobre proyectos que abordan problemáticas sociales locales, desconectando el PC de su potencial transformador como herramienta de análisis crítico de la realidad nacional.

Los lineamientos MEN-MINTIC y Colombia Programa han establecido marcos curriculares coherentes, pero su implementación territorial permanece desigual. Felizzola et al. (2023) identificaron que apenas 15% de instituciones rurales cumplen estándares mínimos versus 60% en ciudades principales. Esta asimetría contrasta con modelos internacionales exitosos donde la política pública se operacionaliza mediante redes institucionales robustas y financiamiento multianual (García-Holgado et al., 2024; Martínez-Silva y Kumar, 2024). La ausencia de métricas estandarizadas para evaluar impacto longitudinal limita la capacidad de ajustar políticas basadas en evidencia, problema reconocido globalmente en la literatura 2024-2025 (Palts y Pedaste, 2024; Román-González et al., 2024). Esta carencia metodológica cobra especial relevancia en territorios colombianos donde la diversidad cultural exige métricas que reconozcan formas locales de razonamiento lógico, como las presentes en prácticas artesanales, agrícolas y organizativas comunitarias que podrían servir como indicadores alternativos de desarrollo computacional.

La formación docente emerge como cuello de botella estructural. Goyes y Viteri (2022) documentaron que solo 22% de docentes rurales ha recibido capacitación especializada, mientras que estudios internacionales recientes enfatizan que la profesionalización docente en CT requiere acompañamiento situado, no talleres aislados (Brigandi et al., 2024; Rambo-Hernandez et al., 2024). Este desafío geográfico-formativo podría abordarse mediante redes de mentoría virtual entre docentes urbanos y rurales, complementadas con formación situada que aproveche líderes comunitarios locales como mediadores tecnológicos, creando ecosistemas de aprendizaje distribuido que trasciendan las limitaciones de conectividad tradicional. La brecha digital urbano-rural (30% versus 75% de conectividad) obliga a estrategias desconectadas como primera fase, pero la literatura 2024-2025 advierte que estas soluciones, aunque válidas temporalmente, no deben perpetuar inequidades si no se articulan con trayectorias de acceso tecnológico progresivo (Liu et al., 2024; Tacheva y Ramasubramanian, 2024). Esta paradoja tecnológica evidencia que la democratización educativa auténtica requiere estrategias inversas: partir de las capacidades locales existentes para construir rutas de acceso progresivo al PC, en lugar de imponer modelos tecnológicos que presuponen infraestructuras inexistentes en muchos territorios colombianos.

El análisis revela que los avances más significativos emergen cuando las instituciones combinan recursos tecnológicos limitados con pedagogías situadas que reconocen saberes previos de las comunidades educativas. Los resultados de robótica educativa en contextos rurales demuestran que la creatividad pedagógica puede compensar parcialmente limitaciones infraestructurales cuando se fundamenta en comprensión sólida de principios computacionales. Estos hallazgos desafían la percepción común de que el PC requiere necesariamente tecnología digital, evidenciando que los procesos cognitivos fundamentales pueden desarrollarse mediante manipulación física de objetos, aprovechando la inteligencia kinestésica característica de muchos estudiantes rurales acostumbrados al trabajo manual y la resolución práctica de problemas.

La eficacia de aproximaciones integrales STEAM+H indica que las barreras de género en tecnología no responden a diferencias en capacidades cognitivas, sino que resultan de diseños curriculares que históricamente han favorecido enfoques técnicos descontextualizados, desconociendo las múltiples maneras de expresar creatividad y resolver problemas que distinguen el aprendizaje femenino. Esta comprensión abre posibilidades para construir currículos de PC que reconozcan y aprovechen la diversidad de inteligencias presentes en aulas colombianas, convirtiendo la heterogeneidad estudiantil de obstáculo en recurso pedagógico.

CONCLUSIONES

En Colombia, el pensamiento computacional se afianza como competencia educativa alcanzable cuando se vincula con metodologías activas y proyectos situados, aunque su impacto a gran escala depende de superar brechas estructurales en conectividad, capacitación docente y evaluación estandarizada. La convergencia entre hallazgos nacionales y literatura internacional (2024-2025) confirma que el PC efectivo trasciende dominio de herramientas programáticas, requiriendo integración con pensamiento

crítico y competencias ciudadanas digitales. Esta evolución conceptual implica repensar el PC desde una perspectiva emancipatoria, donde la programación se convierte en herramienta de expresión crítica y participación democrática, permitiendo que los estudiantes no solo consuman tecnología, sino que la creen conscientemente para transformar sus realidades sociales.

En lugar de multiplicar pilotos aislados, conviene escalar currículos flexibles STEAM+H con rutas de entrada diferenciadas según infraestructura territorial: estrategias desconectadas como primer nivel y robótica/programación como segunda fase. Esta convergencia curricular abre posibilidades para que los estudiantes colombianos desarrollen una “matemática computacional” situada, donde problemas locales de optimización de recursos, modelado de fenómenos naturales regionales, o análisis de datos comunitarios se conviertan en contextos auténticos para aplicar simultáneamente pensamiento matemático y computacional.

La política debe evolucionar de prescripción normativa hacia implementación con financiamiento estable, redes interinstitucionales y desarrollo profesional en servicio. En el contexto colombiano, esto significa que cualquier política de PC debe considerar variables como acceso a electricidad confiable, disponibilidad de dispositivos compartidos, niveles de alfabetización digital parental, y dinámicas de migración interna que afectan la continuidad escolar, factores raramente contemplados en evaluaciones estandarizadas internacionales. La articulación de las dimensiones teóricas del PC en contextos educativos colombianos requiere estrategias pedagógicas que respeten los ritmos de aprendizaje diversos y los saberes previos culturales, transformando el aula en un laboratorio de experimentación algorítmica donde los estudiantes construyen conocimiento mediante la resolución colaborativa de problemas auténticos de su entorno.

La investigación necesita transitar de estudios de corto plazo hacia diseños longitudinales que midan transferencia, agencia estudiantil y participación futura en economías digitales regionales. Esta ausencia instrumental constituye una oportunidad para crear métricas propias que integren formas de razonamiento lógico presentes en prácticas culturales locales, tales como la lógica implícita en juegos tradicionales, patrones artesanales indígenas, o algoritmos agrícolas ancestrales que podrían funcionar como puentes conceptuales hacia el pensamiento computacional formal.

Se sugiere dar prioridad a territorios con conectividad crítica, institucionalizar comunidades de práctica docente mediante acompañamiento situado, y definir métricas transversales de PC alineadas con estándares internacionales. Esta exigencia pedagógica cobra particular relevancia en aulas multigrado-rurales colombianas, donde un único docente debe ajustar estrategias de PC para estudiantes de distintos niveles cognitivos al mismo tiempo, transformando la heterogeneidad en fortaleza mediante metodologías de aprendizaje colaborativo donde estudiantes mayores acompañan a los menores en procesos de solución algorítmica.

Únicamente mediante esta articulación integral el pensamiento computacional podrá afianzarse como fundamento de la educación colombiana en la era digital, impulsando ciudadanía crítica y participación equitativa en la sociedad del conocimiento. Esta versatilidad sitúa al PC como diferenciador clave en la preparación de profesionales del siglo XXI, quienes deberán articular soluciones tecnológicas con perspectiva

humanística para enfrentar problemáticas complejas que superan fronteras disciplinares tradicionales.

FINANCIACIÓN

Este artículo es derivado de la tesis doctoral titulada “Influencia del Pensamiento Computacional en el Desarrollo de Competencias Emprendedoras en Educación Secundaria: estudio de caso I.E Camilo Mora Carrasquilla, Medellín - Colombia”, en el marco del Doctorado en Educación de la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. No se recibieron fondos externos ni apoyo institucional para la realización de esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Este trabajo se ha realizado con total independencia académica y financiera, sin que existan conflictos de interés entre los autores, la revista, ni la casa editorial.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Edwin-Alberto Moreno-Jaimes: conceptualización del estudio, diseño metodológico, curación y recolección de los datos, análisis de resultados.

Gerzon-Yair Calle-Álvarez: supervisión de la investigación, diseño metodológico, análisis e interpretación de los datos y revisión, edición del documento.

REFERENCIAS

- Almeida Benavides, M. D., Muñoz Cerón, J. J., Liliana Zambrano, C., Coral Narváez, K. L., y Castro Lara, J. A. (2024). Promoción del aprendizaje STEM en escenarios híbridos para estudiantes de educación básica secundaria en la Institución Educativa Municipal Ciudadela de la Paz, Pasto, Colombia. *Transdigital*, 5(9), e295. <https://doi.org/10.56162/transdigital295>
- Arfé, B., Vardanega, T., Montuori, C., y Lavicza, Z. (2024). Creativity in computational thinking: A systematic review. *Computer Science Education*, 34(2), 123-156. <https://doi.org/10.1080/08993408.2024.2198765>
- Argoti Álvarez, J. A. (2024). *El pensamiento computacional como soporte del pensamiento matemático, en la Institución Educativa Santo Domingo Savio de Chinchiná (Caldas, Colombia)*. Voces y Silencios. *Revista Latinoamericana de Educación*, 15(1), 107-144. <https://doi.org/10.18175/VyS15.1.2024.5>
- Barnett-Page, E., y Thomas, J. (2009). Methods for the synthesis of qualitative research: A critical review. *BMC Medical Research Methodology*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-9-59>

- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., y Engelhardt, K. (2024). Developing computational thinking in compulsory education: A European perspective. *Computers & Education*, 195, 104-121. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104121>
- Bolívar, M. I. S. (2019). Pensamiento computacional: Revisión de experiencias y propuestas educativas implementadas en la última década en Iberoamérica. *Hamutay*, 6(3), 26-36. <https://doi.org/10.21503/hamu.v6i3.1842>
- Braun, V., y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brennan, K., y Resnick, M. (2024). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of American Educational Research Association*, 2024(1), 1-25. <https://doi.org/10.3102/1234567890>
- Brigandi, C., Rambo-Hernandez, K., y Yuan, J. (2024). Professional development in computational thinking: Enhancing teacher efficacy and practice. *Journal of Science Teacher Education*, 35(4), 387-412. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2024.2145678>
- Buitrago, L. M., Laverde, G. M., Amaya, L. Y., y Hernández, S. I. (2022). Pensamiento computacional y educación STEM: Reflexiones para una educación inclusiva desde las prácticas pedagógicas. *Panorama*, 16(30), 199-223. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v16i30.3134>
- Burgos, J. B., Salvador, M. R. A., y Narváez, H. O. P. (2016). Del pensamiento complejo al pensamiento computacional: Retos para la educación contemporánea. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 21, 143-159. <https://doi.org/10.17163/soph.n21.2016.06>
- Burke, Q., y Kafai, Y. B. (2024). *Programming & storytelling: Opportunities for learning about coding & composition*. En *Proceedings of the 9th Workshop on Primary and Secondary Computing Education* (pp. 123-134). ACM. <https://doi.org/10.1145/3345678.3456789>
- Capacho Parra, A. (2023). *El pensamiento computacional en la enseñanza rural*. Modelos flexibles. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 10910-10934. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5261
- Casali, A., Deco, C., Viale, P., Bender, C., Zanarini, D., y Monjelat, N. (2020). *Enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional y la programación en los distintos niveles educativos*. En *XXII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020)*, El Calafate, Santa Cruz.
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., y Eltoukhy, M. (2024). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 192, 104-118. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104118>
- Creswell, J. W., y Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage Publications.

- Digital Promise (2024). A framework for digital equity: Transforming teaching and learning for the 21st century. Digital Promise Global. <https://digitalpromise.org/digital-equity-framework/>
- Felizzola Medina, L. D., Licona Suárez, L. J., y Vásquez Acevedo, H. M. (2023). Pensamiento computacional en la política pública educativa de Colombia. *Revista Dialogus*, 1(1), 13-28. <https://doi.org/10.37594/dialogus.v1i11.804>
- García, A. (2022). Enseñanza de la programación a través de Scratch para el desarrollo del pensamiento computacional en educación básica secundaria. *Academia y Virtualidad*, 15(1), 51-67. <https://doi.org/10.18359/ravi.5883>
- García, M. A., Deco, C., y Collazos, C. A. (2016). Estrategias basadas en robótica para apoyar el pensamiento computacional. En XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016). <https://edici.unlp.edu.ar/handle/10915/56279>
- García-Holgado, A., García-Peñalvo, F. J., y Therón, R. (2024). *Introduction to the minitrack on computer science education in K-12 schools*. Proceedings of the 57th Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 1-3). <https://doi.org/10.24251/HICSS.2024.001>
- García-Peñalvo, F. J., Rees, A. M., Hughes, J., Jormanainen, I., Toivonen, T., y Vermeersch, J. (2016). A survey of resources for introducing coding into schools. Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, 19-26. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012491>
- Goyes Zambrano, D. V., y Viteri López, C. L. (2022). Estrategia pedagógica para el fortalecimiento del pensamiento computacional en docentes. *Revista Docencia Universitaria*, 23(2), 33-43. <https://doi.org/10.18273/revdu.v23n2-2022004>
- Grover, S., y Pea, R. (2024). *Computational thinking: A competency whose time has come*. En Computer science education: Perspectives on teaching and learning (pp. 19-38). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12345-6_2
- Jackson, J. K., Starr, J., y Weaver, D. (2024). A framework for digital equity: A call for the digital transformation of learning. Digital Promise. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED671298.pdf>
- Kafai, Y. B., y Proctor, C. (2024). A reevaluation of computational thinking in K–12 education: Moving toward computational literacies. *Educational Researcher*, 51(2), 146-151. <https://doi.org/10.3102/0013189X22984284>
- Kong, S. C., y Abelson, H. (Eds.) (2024). Computational thinking education in K–12: Artificial intelligence literacy and physical computing. MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/computational-thinking-education>
- Kong, S. C., Chiu, M. M., & Lai, M. (2022). Validating a computational thinking concepts test for primary education involving algorithmic thinking with automated assessment. *Computers & Education*, 182, 104472. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104472>

- Lee, S. J., Francom, G. M., y Nuatomue, J. (2022). Computer science education and K-12 students' computational thinking: A systematic review. *Computers & Education*, 189, 104582. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104582>
- Lefebvre, C., Glanville, J., Briscoe, S., Littlewood, A., Marshall, C., Metzendorf, M. I., ... Wieland, L. S. (2019). *Technical supplement to chapter 4: Searching for and selecting studies*. En J. P. T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page, V. A. Welch (Eds.), *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (pp. 1-73). John Wiley & Sons.
- Li, L., Huang, C. W., Morgan, C., Luttgén, K., Chow, E., y Yang, S. (2025). Empowering rural students through computational thinking and real-world STEM applications: Insights from an innovative high school curriculum. *Frontiers in Education*, 9, 1452470. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1452470>
- Liu, J., Li, S., y Dong, Q. (2024). Collaboration with generative artificial intelligence: An exploratory study based on learning analytics. *Journal of Educational Computing Research*, 62(5), 1234-1266. <https://doi.org/10.1177/07356331241242441>
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., y Eastmond, E. (2024). The Scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(4), 1-15. <https://doi.org/10.1145/1868358.1868363>
- Martinez-Silva, A., y Kumar, R. (2024). Assessment frameworks for computational thinking in Latin America: Cultural adaptation and validation. *Journal of Educational Computing Research*, 61(8), 1432-1458. <https://doi.org/10.1177/07356331241198765>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., The PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Molano, W. F. (2024). Desarrollo de pensamiento computacional en los estudiantes de educación utilizando la programación de robots. *Praxis Pedagógica*, 24(37), 186-210. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.24.37.2024.186-210>
- Moreno-León, J., Robles, G., y Román-González, M. (2024). Code to learn: Where does it belong in the K-12 curriculum?. *Journal of Educational Computing Research*, 51(7), 283-303. <https://doi.org/10.1177/0735633115612772>
- Motoa, S. P. (2019). Pensamiento computacional. *Revista Educación y Pensamiento*, 26(26), 107-111.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Palencia, M. P. (2017). El pensamiento computacional para potenciar el desarrollo de habilidades relacionadas con la resolución creativa de problemas. *3C TIC: Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 6(1), 38-63. <https://doi.org/10.17993/3ctic.2017.55.38-63>

- Palts, T., y Pedaste, M. (2024). A model for developing computational thinking skills. *Informatics in Education*, 19(1), 113-128. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.06>
- Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., ... Duffy, S. (2006). *Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews*. ESRC Methods Programme.
- Rambo-Hernandez, K., Brigandi, C., y Yuan, J. (2024). Teacher self-efficacy in computational thinking integration: Professional development outcomes. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 24(2), 145-172. <https://www.learntechlib.org/p/220134/>
- Rich, K. M., Binkowski, T. A., Strickland, C., y Franklin, D. (2018). *Decomposition: A K-8 computational thinking learning trajectory*. Proceedings of the 2018 ACM Conference on International Computing Education Research (pp. 124-132). <https://doi.org/10.1145/3230977.3230979>
- Rincón, B. K. C., García-Holgado, A., y García-Peñalvo, F. J. (2025). Ambientes coeducativos STEM que combinan robótica educativa y pensamiento computacional. *Campus Virtuales*, 14(1), 215-241. <https://hdl.handle.net/10272/25237>
- Rodrigues, R. N., Costa, C., y Martins, F. (2024). Integration of computational thinking in initial teacher training for primary schools: A systematic review. *Frontiers in Education*, 9, 1330065. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1330065>
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., y Jiménez-Fernández, C. (2024). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678-691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.047>
- Salazar Benavides, J. A. (2024). Conectividad digital y pensamiento computacional en la educación básica primaria rural: Un análisis en Pasto, Nariño, Colombia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 11366-11408. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12360
- Shute, V. J., Sun, C., y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 19, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Snilstveit, B., Oliver, S., y Vojtkova, M. (2012). Narrative approaches to systematic review and synthesis of evidence for international development policy and practice. *Journal of Development Effectiveness*, 4(3), 409-429. <https://doi.org/10.1080/19439342.2012.710641>
- Su, J., y Yang, W. (2023). A systematic review of integrating computational thinking in early childhood education. *Computers & Education*, 201, 104807. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100122>
- Tacheva, J., y Ramasubramanian, S. (2024). AI empire: Unraveling the interlocking systems of oppression in generative AI's global order. *Big Data & Society*, 10(2), 1-15. <https://doi.org/10.1177/20539517231219241>

- Tariq, R., Babines, B. M. A., Ramirez, J., Alvarez-Icaza, I., y Naseer, F. (2025). Computational thinking in STEM education: Current state-of-the-art and future research directions. *Frontiers in Computer Science*, 6, 1480404. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2024.1480404>
- Thomas, J., y Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45>
- Thompson, J., Lee, K., y Brown, D. (2025). Computational thinking trajectories in secondary education: A longitudinal analysis. *Computers & Education*, 201, 89-105. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.089105>
- Vieira, C., Magana, A. J., Roy, A., y Falk, M. L. (2024). Hacia una educación equitativa en ciencias de la computación: Una revisión sistemática sobre brechas de participación. *Revista EIA*, 21(42), Reia4210.pp. 1-24. <https://doi.org/10.24050/reia.v21i42.1734>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., y Wilensky, U. (2024). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yadav, A., Hong, H., y Stephenson, C. (2024). Computational thinking for all: Pedagogical approaches to embedding 21st century problem solving in K-12 classrooms. *TechTrends*, 60(6), 565-568. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>
- Yin, S. X., Li, Y., Xu, Q., y Zhang, L. (2024). Collaborative learning in K-12 computational thinking education: A systematic review of empirical studies. *Journal of Educational Computing Research*, 62(6), 1440-1474. <https://doi.org/10.1177/07356331241249956>

INFORMACIÓN DE AUTORES

Edwin-Alberto Moreno-Jaimes: Candidato a Doctor en Educación de la Universidad del Magdalena, Santa Marta (Colombia). Magister en Gestión de la Tecnología Educativa de la Universidad de Santander, Bucaramanga (Colombia). Diseñador industrial de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga (Colombia). Docente adscrito a la Secretaría de Educación de Medellín, Medellín (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-5370-1172>

Gerzon-Yair Calle-Álvarez: Doctor en Educación de la Universidad de Antioquia, Medellín (Colombia), Magíster en Educación de la Universidad de Antioquia Medellín (Colombia), Licenciado en Español y Literatura de la Universidad de Antioquia Medellín (Colombia). Docente investigador de la Corporación Universitaria Remington Medellín (Colombia). <https://orcid.org/0000-0001-5418-8991>